НАУКА
НА ШПИЦБЕРГЕНЕ
История
российских исследований

Издательский Дом «ГАМАС»
Санкт-Петербург
2009

УДК
ББК

Научные рецензенты

Г.Г. Матишов, академик РАН, Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН
В.К. Жиров, чл.-корр. РАН, Полярный альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН
И.А. Зотиков, чл.-корр. РАН, Институт географии РАН
В.Е. Куницын, д.ф.-м.н., Московский государственный университет
Е.А. Мареев, чл.-корр. РАН, Институт прикладной физики
В.С. Корякин, д.г.н., Архангельский поморский государственный университет

Наука на Шпицбергене: История российских исследований / Под науч. ред. академика РАН В.Т. Калинникова. – СПб.: «ГАМАС», 2009. – 408 с.: ил.

ISBN 978-5-91519-010-7

УДК
ББК

Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту № 09-05-07063

© Учреждение Российской академии наук Полярный геофизический институт Кольского научного центра РАН, 2009
© Коллектив авторов, 2009
© ООО «Издательский Дом “ГАМАС”», 2009

ISBN 978-5-91519-010-7

Содержание

Предисловие 5

Раздел I. Россия и Шпицберген от XVI до середины XX века 9
Введение 10
Глава 1. Роль русских поморов в открытии и первоначальном освоении архипелага Шпицберген 12
Глава 2. Русские экспедиции на Шпицбергене в XVIII – первой половине XX века 73
Глава 3. История довоенной советской угледобывающей промышленности на архипелаге Шпицберген в документах государственных архивов 129
Литература 157

Раздел II. Комплексные исследования природы Шпицбергена 163
Введение 165
Глава 1. История и результаты российских геологических исследований на архипелаге Шпицберген 168
Глава 2. Комплексные исследования перигляциальных процессов и состояния морских экосистем на Западном Шпицбергене 187
Глава 3. Исследование растительного покрова архипелага Шпицберген 198
Глава 4. Гляциологические исследования на архипелаге Шпицберген 214
Литература 275

Раздел III. Российские геофизические исследования на архипелаге Шпицберген 285
Введение 287
Глава 1. Значение первых комплексных оптических исследований полярных сияний на Шпицбергене Русско-шведской экспедицией в 1899–1900 годах 289
Глава 2. Наблюдения полярных сияний на архипелаге Шпицберген в период Первого Международного геофизического года 314
Глава 3. Возрождение комплексных геофизических исследований на Шпицбергене в период 1980–1990-х годов 317
Глава 4. Развитие комплексных геофизических исследований на Шпицбергене в третьем тысячелетии 330
Литература 363

Раздел IV. Астрономические и гидрометеорологические наблюдения на архипелаге Шпицберген 371
Введение 373
Глава 1. Астрономическая экспедиция Николаевского отделения Главной астрономической обсерватории Академии наук СССР на остров Западный Шпицберген в 1973–1977 годах 375
Глава 2. Гидрометеорологические наблюдения на архипелаге Шпицберген 390
Литература 395

Конечно, теперь уже слишком поздно думать об овладении Шпицбергеном, но я думаю, что еще не поздно озаботиться о совладении, наряду с другими заинтересованными государствами. ***Все наши «исторические права» на Шпицбергене не будут иметь никакого реального значения, если мы не сумеем перекинуть мост между прошлым и настоящим и если мы не перейдем поспешно по этому шаткому мосту и не приступим сейчас же к созидательной работе на Шпицбергене.*** *Как ни слаба связь между прошлым русским Грумантом и современным иностранным Шпицбергеном, но все же она есть, и беспристрастно учесть ее поэтому не мешает.*

Владимир Александрович Русанов. 1911

(Российский государственный исторический архив.
Фонд Департамента общих дел Министерства внутренних дел.
Отдел VIII. Д. 351. Ч. III. Л. 81–87)

Предисловие

Архипелаг Шпицберген и прилегающие акватории являются уникальным природным комплексом, расположенным всего лишь в тысяче километров от Северного полюса. На протяжении многих веков эта труднодоступная и суровая земля привлекала внимание полярных исследователей и ученых разных стран мира. Богатая история освоения и исследования природы Шпицбергена насыщена многими интересными событиями, немалый вклад в которые внесли и наши соотечественники. Сегодня архипелаг – один из самых лучших и удобных международных научных полигонов в Арктике с давно сложившимися и успешно развивающимися международными связями ученых многих стран мира.

В данной книге на основе большого фактического материала сделана попытка обобщить результаты многовековой деятельности российских ученых и исследователей на архипелаге Шпицберген, начиная с XVI века и кончая сегодняшним днем. Одним из важнейших аспектов, свидетельствующих о своевременности и актуальности проблем, затрагиваемых в данной монографии, является геополитический. На сегодняшний день Россия представляет собой крупнейшее арктическое государство с максимальной по сравнению с другими странами протяженностью границ в Арктике, с обширными заполярными акваториями и осваиваемыми территориями. Поэтому Арктика для России – регион особых политических, научных и оборонных интересов. Монография включает в себя три крупных раздела.

В первом разделе, который можно назвать историко-археологическим, рассматриваются вопросы, связанные с ролью русских поморов в открытии и первоначальном освоении архипелага (глава 1), и анализируется значение русских экспедиций на Шпицберген в XVIII – первой половине XX века (глава 2). Основной материал, послуживший фундаментом проводимых исследований, был получен благодаря деятель-

ности Шпицбергенской экспедиции Института археологии РАН, которая с первого года своей работы (1978) и по сегодняшний день занимается проблемой изучения российского культурно-исторического наследия. Последняя глава данного раздела, базирующаяся на анализе документов государственных архивов, посвящена вопросам истории довоенной советской угледобывающей промышленности на архипелаге Шпицберген. Эта работа была выполнена в Центре гуманитарных проблем КНЦ РАН. Следует отметить, что данное исследование выполнено главным образом на архивных материалах, связанных с деятельностью созданного в 1931 году в Советском Союзе государственного треста «Арктикуголь» по добыче каменного угля на берегу Северного полярного моря и его сбыту. К сожалению, из трех работавших российских рудников в настоящее время на архипелаге добыча угля ведется только на руднике Баренцбург. Тем не менее очень важно констатировать тот факт, что Баренцбург с середины XX века и по настоящее время был и остается единственной базой и опорой для проведения научных исследований российскими учеными. Отсюда уходят в свой научный поиск экспедиции геологов, геофизиков, гляциологов, археологов, биологов. Здесь же в середине прошлого столетия были построены научно-исследовательские базы Полярной морской геологоразведочной экспедиции, Мурманского территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Академии наук, а в 2000 году при поддержке правительства Полярным геофизическим институтом РАН были заложены основы самой северной российской комплексной геофизической обсерватории.

Во втором разделе представлены результаты геологических (глава 1), биологических и океанографических (глава 2), ботанических (глава 3) и гляциологических (глава 4) исследований, проводимых на архипелаге и окружающих его акваториях. Наиболее древнюю историю имеют геологоразведочные работы, нашедшие свое отражение в исследованиях, проводившихся в рамках Российско-шведской экспедиции по измерению дуги меридиана в 1899–1902 годах. Чтобы подчеркнуть всю серьезность государственного подхода к данному роду мероприятий, полезно напомнить, что с российской стороны ответственным лицом по подготовке и организации экспедиции являлся Его Императорское Высочество Великий князь Константин Константинович. Полномасштабные отечественные геолого-геофизические исследования на Шпицбергене были начаты в 1962 году и в настоящее время продолжаются в основном Полярной морской геологоразведочной экспедицией. В 1965 году к изучению обширного шпицбергенского оледенения приступила первая советская гляциологическая экспедиция, организованная Институтом географии СССР. Результаты гляциологических исследований представлены и обобщены в четвертой главе данного раздела. Третья глава посвящена исследованиям растительного покрова архипелага Шпицберген, проводимых силами научных сотрудников Полярно-альпийского ботанического сада-института (ПАБСИ) КНЦ РАН, являющимся признанным в стране центром по изучению мохообразных и лишайников. Следует отметить, что изучением растительности архипелага начиная с 1977 года занимались ученые Института географии РАН. Полярно-альпийский ботанический сад начал работу на Шпицбергене в 1990 году, однако поначалу работы носили фрагментарный характер. К систематическим исследованиям институт приступил с 2002 года. Вторая глава посвящена комплексным биолого-океанографическим исследованиям, проводимым на архипелаге и прилегающих акваториях Мурманским морским биологическим институтом КНЦ РАН (ММБИ). В данной главе представлен исторический анализ выполненных работ и полученных институтом результатов с 1969 года по настоящее время. Среди приоритетных направлений исследований отмечены влияние перигляциальных процессов на экосистему фиордов и прибрежной зоны; биоразнообразие наземной и прибрежной арктической фауны и флоры (водоросли) архипелага; оценка потока осадочного терригенного вещества ледникового питания и скорости седиментации в заливах и озерах; динамика формирования ледниковых и ледниково-морских отложений. Приведены данные изучения механизмов формирования ледникового рельефа архипелага и подводного ландшафта. Рассмотрены вопросы развития фиордов в раннем голоцене (8300–7000

лет назад) и в Малый ледниковый период (700–200 лет назад).

В последние десятилетия архипелаг Шпицберген превратился в основной мировой высокоширотный полигон для проведения исследований в области физики солнечно-земных связей. Благодаря своему географическому положению Шпицберген является уникальным полем исследования наиболее важных аспектов космической погоды (таких, как перенос энергии солнечного ветра в околоземное космическое пространство и последующее ее взрывообразное освобождение) средствами наземного базирования. Ионосферным проявлением этих процессов являются полярные сияния и ионосферные токи, вариации которых в широком диапазоне частот регистрируются на Земле в виде магнитных бурь и геомагнитных пульсаций. Тот факт, что в период полярной ночи Шпицберген находится в области тени, позволяет круглосуточно проводить регистрацию полярных сияний и иных свечений ночного неба. В дневные часы над архипелагом располагается область полярного каспа – зоны, где меняется топология геомагнитного поля, в окрестность которой проектируются силовые линии, связанные с принципиально различными областями магнитосферы. Вариации электромагнитных полей и потоков частиц в этих областях несут важную информацию о динамических процессах взаимодействия в системе солнечный ветер – магнитосфера. Поэтому третий раздел монографии в основном посвящен результатам научной деятельности российских ученых на архипелаге в области исследования ближнего космоса.

Первая глава носит в значительной степени исторический характер и выполнена на основе материалов Архива РАН. В ней представлены результаты анализа материалов оптических наблюдений полярных сияний, проведенных в XIX веке российским астрономом И.И. Сикорой, выполнявшим исследования в составе Русско-шведской экспедиции в 1899–1900 годах. В данной работе широко представлены первичные материалы различных видов оптических наблюдений полярных сияний, начиная от визуальных и кончая спектральными измерениями лучшими по тем временам физическими приборами. Тогда была проведена первая в мире систематическая фотосъемка сияний в Арктике, а по хорошо документированным спектральным измерениям были открыты ранее неизвестные эмиссии полярных сияний.

После исследований, описанных в первой главе, в изучении полярных сияний на Шпицбергене наступил продолжительный перерыв. Новые наблюдения начались только во время Международного геофизического года (МГГ) и Международного геофизического сотрудничества (МГС), которые проводились с 1957 по 1959 год. В этот период весь земной шар был охвачен геофизическими наблюдениями по единой программе. Перед МГГ и МГС была разработана специальная аппаратура, представляющая собой камеру полного обзора неба С-180, оснащенную сложным зеркально-линзовым объективом углом зрения 180°, и патрульный спектрограф С-180-S. Основные наблюдения проводились в области полярных сияний. Наблюдения велись на архипелаге Шпицберген в окрестностях рудника Пирамида, где была создана геофизическая станция для проведения круглосуточной регистрации вариаций магнитного поля и полярных сияний (глава 2). После окончания международных программ геофизические наблюдения на архипелаге были прекращены и вновь возобновились лишь в 1980 году. Пионером в организации и проведении комплексных регулярных геофизических исследований на архипелаге Шпицберген выступил Полярный геофизический институт Кольского филиала АН СССР. В третьей главе, охватывающей период с 1980 года по настоящее время, представлен обширный материал о становлении, организации и развитии первой российской высокоширотной геофизической обсерватории, расположенной в окрестностях рудника Баренцбург. В настоящее время на обсерватории силами сотрудников Полярного геофизического института КНЦ РАН проводятся регулярные наблюдения по следующим крупным направлениям: телевизионная, фотометрическая, спектрографическая и интерферометрическая регистрация полярных сияний, изучение искусственных оптических эффектов, вызванных нагревным стендом SPEAR, регистрация вариаций геомагнитного поля естественного и искусственного происхождения в широком диапазоне длин волн, исследование структуры ионосферы радиотомографическим

методом, КВ-интерферометрические исследования ионосферы искусственно модифицированной нагревным стендом SPEAR, регистрация космических лучей наземным комплексом нейтронных мониторов. Четвертая глава посвящена вопросам организации и проведения уникальной астрономической экспедиции на архипелаг Шпицберген, осуществленной в 1973–1977 годах Николаевским отделением Главной астрономической обсерватории Академии наук СССР (ныне Николаевская астрономическая обсерватория). Мотивом для проведения астрономических наблюдений, связанных с определением абсолютных прямых восхождения небесных светил, опять-таки послужило географическое расположение Шпицбергена, предоставляющее исследователям условия полярной ночи, длящейся на Шпицбергене около четырех месяцев и обеспечивающей практически одинаковые метеоусловия в течение полных суток. В последней главе третьего раздела кратко рассмотрены вопросы становления и развития российских гидрометеорологических наблюдений на архипелаге Шпицберген (Мурманское территориальное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды).

Данный труд не претендует на абсолютно полный охват материала, касающегося вопросов становления и развития научных исследований российских ученых на архипелаге Шпицберген. Тем не менее существенное значение имеет тот факт, что весь огромный материал, содержащийся в книге, представлен авторами, не только являющимися признанными учеными, но и влюбленными в Шпицберген.

Е.Д. Терещенко
директор Полярного геофизического
института, КНЦ РАН

Раздел I

РОССИЯ И ШПИЦБЕРГЕН ОТ XVI ДО СЕРЕДИНЫ XX ВЕКА

Введение

История освоения архипелага Шпицберген уже давно относится к числу наиболее привлекательных и широко дискутируемых научных направлений в изучении арктического региона. Она связана с деятельностью представителей многих стран мира. Уже в XVI веке к берегам Шпицбергена подходили русские, голландские и английские суда; в следующем столетии эта активность значительно возросла, и Шпицберген превратился в наиболее посещаемый район островной Арктики.

При этом человеческая деятельность на архипелаге имела целый ряд особенностей по сравнению с другими островами арктического региона. Это заметно прежде всего по тому, что в различные периоды освоения она имела широкий, многоплановый характер – ведение разнообразного промыслового хозяйства, весьма активное картографическое изучение региона, широкие многопрофильные научные исследования и, наконец, индустриальная деятельность, связанная с добычей каменного угля.

Такая ситуация была обусловлена рядом факторов.

Во-первых, географическим расположением архипелага, находящегося относительно близко от северной части европейского континента, с одной стороны, и от Северного полюса – с другой.

Во-вторых, наличием теплого течения, идущего от севера Скандинавии к западному побережью острова Западный Шпицберген.

В-третьих, относительно благоприятными ледовыми условиями, обусловленными тем же Западно-Шпицбергенским течением.

В-четвертых, богатым животным миром, в котором доминируют ценные промысловые виды, прежде всего моржи, киты и песцы.

В-пятых, наличием большого количества угольных месторождений, расположенных в различных районах архипелага.

Все это предопределило большой интерес к этому району Арктики, первоначально как к промежуточному пункту в поисках так называемого Северо-восточного прохода – пути из северной Европы в Тихий океан через околополюсное пространство. Именно с поисками этого пути было связано «официальное» открытие Шпицбергена голландской экспедицией 1594 года, фактическим руководителем которой был Виллем Баренц. В последующие годы предпринимались многократные попытки пройти к Северному полюсу и далее к Берингову проливу, минуя Шпицберген.

Еще раньше, в конце XV–XVI веке, жители Русского Севера развернули там активную промысловую деятельность, связанную с добычей моржа, песцов и белух.

В начале XVII столетия к ним присоединились западноевропейские промысловики. На добычу китов двинулись многочисленные суда из Англии, Голландии, Дании, Франции, Германии, Испании. Китобойные базы возникают во многих районах западного побережья острова Западный Шпицберген, а также на острове Эдж.

К этому же времени относится начало картографического изучения Шпицбергена. Появившиеся в это время карты Й. Каролуса, К. Дудса, В.И. Блау, И. Янсониуса, А. Якобса и других

дали первые реалистические изображения архипелага.

Вторая половина XVIII века стала началом активного научного изучения этого арктического региона. Экспедиции из России (В.Я. Чичагова, 1764–1766 годы) и Англии (К.Дж. Фиппса, 1773 год) провели у его берегов первые научные изыскания.

Многочисленные экспедиции, предпринятые в следующем столетии различными странами (нужно особо отметить экспедиции Н.А.Э. Норденшёльда и Г. де Геера из Швеции, Б.М. Кейльхау из Норвегии, французскую экспедицию на судне «Решёрж» и Русско-шведскую экспедицию по измерению дуги меридиана), заложили основу для будущих широкомасштабных научных исследований Шпицбергена.

Основной особенностью XX столетия в истории архипелага Шпицберген явились невиданные по размаху работы по поиску и эксплуатации каменноугольных месторождений. Целый ряд стран: США, Норвегия, Англия, Швеция – приняли участие в поисках залежей каменного угля и их эксплуатации. В числе этих стран была и Россия, которая в 1912 году направила туда специальную экспедицию под руководством В.А. Русанова, а в следующем году начала разработки грумантского месторождения.

Развитие индустриальной деятельности на Шпицбергене, а также определение его международного статуса оказали большое влияние на развитие как научно-прикладных, так и фундаментальных исследований. Они стали одним из главных факторов присутствия различных стран на архипелаге Шпицберген.

Настоящий раздел монографии посвящен истории освоения Шпицбергена, периодизации этого процесса, проблеме первоначального открытия архипелага и переходу от стихийного промыслового хозяйства к научному изучению и промышленному освоению Шпицбергена.

Основной конкретный материал, представленный в монографии, связан с Россией, которой принадлежит особая роль в истории Шпицбергена. Жители Русского Севера – поморы – явились пионерами его открытия и практически без перерывов в течение трех столетий занимались там активной хозяйственной деятельностью. Археологические исследования, которые проводятся на Шпицбергене с середины XX столетия, опровергли существовавшее ранее мнение об исключительно промысловой деятельности поморов, а также о примитивном, убогом образе жизни на архипелаге. Сегодня мы имеем все основания говорить о том, что русские промысловики уже в XVI веке имели хорошо налаженную форму обитания и занимались разнообразными видами хозяйственной деятельности – добычей моржа, пушным промыслом, охотой на оленей и птиц, рыбной ловлей, а также домашними ремеслами, включая кузнечное дело и обработку китовой кости. В XVIII веке там уже существовали специализированные косторезные мастерские и кузницы. В это же время на берегах Шпицбергена на месте одиночных промысловых построек появляются поселки-становища, включающие до восьми жилых и хозяйственных сооружений.

Особенностью данной работы является то, что в ней наиболее полно обобщены известные на сегодняшний день данные о роли России в освоении архипелага Шпицберген от времени его открытия в середине XVI века до Второй мировой войны.

В подготовке раздела приняли участие В.Ф. Старков, Институт археологии Российской академии наук (введение, главы 1, 2), О.В. Шабалина, Центр гуманитарных проблем Кольского научного центра Российской академии наук (глава 3), В.Г. Захаров, Институт географии Российской академии наук (глава 2). Общую редакцию осуществил В.Ф. Старков.

Глава 1
Роль русских поморов в открытии и первоначальном освоении архипелага Шпицберген

История и проблематика исследований

Археология Шпицбергена относится к числу наиболее дискутируемых направлений научных исследований. Активно обсуждаются практически все аспекты: время открытия архипелага и страна-первооткрыватель, приоритетное направление хозяйственного использования, хронологические рамки пребывания русских на Шпицбергене, типология поморских жилищных построек, возможность их абсолютного датирования методом дендрохронологии и др. [Starkov 1986; Starkov 1988; Starkov 2005; Albrethsen, Arlov 1988; Arlov 1988; Jasinski 1993; Chochorowski 1992; Hultgreen 2000].

Столь значительное количество дискуссионных проблем объясняется прежде всего тем, что исследованные археологические памятники лежат в пределах XVI–XIX веков, то есть относятся к тому историческому периоду, с которым связано открытие Шпицбергена и первоначальный период его хозяйственного освоения. Последнее означало подключение промыслового фактора к системе экономических интересов стран, участвовавших в этом процессе. Неудивительно, что страны Западной Европы, которые направляли туда многочисленные промысловые экспедиции, были крайне заинтересованы в благоприятном для себя решении вопроса о политическом статусе архипелага.

Китобойный промысел на Шпицбергене развернулся с 1610 года, когда английская Московская компания направила туда шхуну «Амалия» [Molaug 1968: 6]. В 1612 году у берегов архипелага появилось голландское китобойное судно. Несколько позднее к добыче присоединились Дания и Германия. Собственный промысел развернули баски.

Столь высокая концентрация добытчиков китов на ограниченной промысловой территории не могла не привести к конкурентной борьбе между ними. С самого начала промыслового периода то одна, то другая сторона начинает выдвигать собственные экономические требования, подкрепляя их политическими притязаниями. В 1613 году англичане водрузили на Шпицбергене крест с именем короля своей страны и объявили эту территорию «Новой землей короля Якова». В 1615 году в зону деятельности англичан пришли три датских военных судна и потребовали уплаты пошлины за ведение промыслов в датских территориальных водах. Подоплека требования состояла в том, что в XVII веке Шпицберген считался частью Гренландии, входившей в состав датского королевства. «Китовая война», которая продолжалась до 1619 года, завершилась разделом части территории архипелага и его прибрежной акватории между враждующими сторонами.

Россия не являлась добытчиком китов на Шпицбергене и не принимала участия в «китовой войне», но также считала его своей территорией и заявляла об этом вполне официально. Так, в 1585 году на Новой Земле был задержан датский подданный Йорген Герс, который, по сло-

вам датских властей, был отправлен на поиски потерянной Гренландии. В ответ на просьбу короля Фредерика II отпустить задержанного российские власти ответили, что «Юрий Герс с товарищами поехали кораблем к нашего царского величества к Зеленой Земле <Гренландия–Грумант–Шпицберген. – *В.С.*> и тое земли не нашли, и к Новой Земле приехали, и туто его тутошние жильцы поймав, привели к себе». Далее в грамоте говорится о согласии отпустить арестованного, несмотря на то, что «тот человек ездил кораблем к чужой земле лазучеством, и таких везде, имая, казнят» [Курукин 1990].

Важными данными, подтверждающими отношение к Шпицбергену как к части российской территории, являются обнаруженные археологами деревянные футляры для вислых восковых печатей. Такими печатями скреплялись грамоты, разрешающие ведение промыслов на территориях, входивших в состав России. Аналогичные футляры, в том числе с сохранившейся печатью, в большом количестве были найдены в Мангазее, центре промыслового хозяйства на севере Западной Сибири в XVII веке. Этим же временем (во всяком случае, не позднее начала XVIII века, когда они были заменены штампами) датируются и шпицбергенские футляры. Таким образом, российская администрация относилась к Шпицбергену так же, как и к окраинным районам Западной Сибири, распространяя на него действие единого законодательства.

Разумеется, политические аспекты наложили отпечаток на трактовку процессов, связанных с ранним периодом освоения Шпицбергена. В первую очередь это касается истории его открытия. Ниже мы специально остановимся на этой проблеме, а пока лишь отметим, что в современной науке существует три точки зрения в вопросе о том, кто и когда в исторический период впервые появился на Шпицбергене:

1. Викинги около XII века.

2. Русские поморы в конце XV – середине XVI века.

3. Голландская экспедиция В. Баренца в 1596 году.

Международная дискуссия по этому вопросу, продолжающаяся уже более ста лет, породила обширную научную литературу и способствовала открытию новых источников. Особую активность она приобрела в последние тридцать лет, что в какой-то мере связано с началом работы российской археологической экспедиции на Шпицбергене, существенно пополнившей источниковедческую базу исследований.

Шпицбергенская экспедиция Института археологии РАН, созданная в 1978 году, ежегодно, без перерывов, проводит полевые работы на архипелаге. В соответствии с норвежскими предписаниями, спектр ее работ ограничен изучением русского контекста.

В общем виде научная программа экспедиции была определена следующим образом: «Русские поморы и освоение архипелага Шпицберген». С самого начала она рассматривалась как часть общей проблемы освоения арктического региона. Однако в рамках этой проблемы в отечественной историографии определилось направление, ориентированное на выявление роли России в этом процессе. Это вполне естественно: зона восточноевропейской Арктики, а с XVI века и ее азиатская часть, являлись районами, непосредственно примыкающими к российской территории.

Основные усилия исследователей долгое время были направлены на изучение проблемы Северо-восточного прохода, под которой понималась не только идея поиска кратчайшего пути в Тихий океан, но и процесс освоения новых территорий. Неудивительно, что все географические открытия в пределах указанного сектора Арктики рассматривались в связи с этой главной проблемой. В определенной мере тут сказывалась нехватка фактического материала, но сыграл свою роль и научный традиционализм. Показательна в этом отношении многотомная работа М.И. Белова «История открытия и освоения Северного морского пути» (1956–1969), где проблема открытия русскими Шпицбергена рассматривается в контексте поморских плаваний по Северному морскому пути. И лишь с течением времени на базе новых материалов была построена более сложная схема поморских плаваний в водах Северного Ледовитого океана. Она включала в себя пять основных трасс: Ход в немецкий конец (вдоль северного побережья Скандинавского полуострова); Новоземельский морской ход (к северной оконечности Новой Земли), Мангазейский морской

ход (в низовье реки Таз), Енисейский ход (в устье реки Енисей) и Ход груманландский (к архипелагу Шпицберген) [Старков 2001]. В процессе освоения этих путей происходило открытие новых территорий в различных районах Арктики.

В течение продолжительного времени изучение этой проблемы базировалось исключительно на письменном историческом материале (летописи; расспросные речи поморских кормщиков; древние акты; различные документы, связанные с основанием первых городов на севере Западной Сибири; изданные работы западноевропейских авторов, прежде всего И. Массы и Н. Витсена, и так далее). На этой основе сформировалось отечественное историческое североведение, в создание которого особенно большой вклад внесли В.Ю. Визе [Визе 1948; Визе 1949а; Визе 1949б], Н.Н. Зубов [Зубов 1953] и М.И. Белов [Белов 1956; Белов 1973].

Начиная с середины 40-х годов XX века, в изучении истории освоения Арктики появляется новое направление, основанное на использовании археологических источников. Первые раскопки, связанные с этой проблематикой, были произведены в 1945–1947 годах А.П. Окладниковым на полуострове Таймыр – в заливе Симса и на острове Фаддея. В ходе работ был получен уникальный материал – многочисленные предметы судовой навигации, орудия промыслов, предметы быта, – свидетельствовавший о том, что попытки обогнуть с севера полуостров Таймыр предпринимались еще в первой половине XVII века.

Одновременно с исследованиями на Таймыре Институт Арктики и Антарктики организовал экспедицию в другой район заполярной Сибири – низовья реки Таз, где располагался центр освоения этого региона в XVI–XVII веках – «златокипящая Мангазея». Руководил экспедицией известный полярный исследователь В.Н. Чернецов. Уже первые исследования, проведенные в 1946 году, позволили сделать вывод о неординарности памятника и дали представление о его характерных особенностях как крупного и хорошо обжитого города.

Стационарные исследования, которые в 1968, 1969, 1970 и 1973 годах выполнил Институт Арктики и Антарктики (начальник экспедиции М.И. Белов, руководители раскопок О.В. Овсянников и В.Ф. Старков), не только позволили определить роль этого города в освоении Арктики, но и привели к открытию более раннего слоя поселения, относящегося к XVI веку. Это остатки Тазовского городка – промыслового поселения русских поморов [Белов и др. 1980; Белов и др. 1981].

Нужно сказать, что необходимость применения археологического метода для решения основных проблем истории освоения арктического региона легко объяснима. Это связано с почти полным отсутствием достоверных письменных источников в отношении наиболее сложных вопросов: первоначальное открытие, ранний период освоения, форма и способ обитания промысловиков, включая возможность зимовок, эволюция промыслового хозяйства, общий период пребывания русских промысловиков в данном районе. Все это в полной мере относится и к архипелагу Шпицберген.

Что касается сведений о наличии на Шпицбергене русских памятников, то уже к началу наших работ они были довольно многочисленны.

Первая группа источников восходит к записям очевидцев: мореплавателей, промысловиков и путешественников второй половины XVIII – начала XX века. Наиболее ранние из них связаны с экспедицией В.Я. Чичагова. В 1764 году, в период подготовки экспедиции, в Адмиралтействколлегии была опрошена большая группа поморских кормщиков, регулярно совершавших походы на Шпицберген и зимовавших там. Помимо ценных сведений об условиях судовождения у берегов архипелага и обеспечении зимовки на его берегах, была получена важная информация о местонахождении поморских поселений в заливе Бельсунн, на острове Надежды и в других местах [Перевалов 1949]. Лейтенант М.С. Немтинов, руководивший строительством базового лагеря экспедиции в заливе Решёрж, нанес на составленной им карте этого района Шпицбергена расположение поморских построек на острове Аксель с указанием: «На сем острову зимуют русские промышленники с лодьями» [Белов 1956].

Еще одна карта с обозначенными на ней русскими памятниками была издана в Париже в 1782 году в книге П.М.Ф. де Паже «Путешествие вокруг света и близ двух полюсов по суше и по морю» [Pages 1782]. На карте нанесены пять «рус-

ских охотничьих заведений». Первое из них расположено в заливе Грён-фиорд. Оно может быть идентифицировано как поселение Кокеринесет на восточном берегу залива.

Второй пункт приурочен к южной части острова Земля Принца Карла. В XVIII веке здесь действительно находилась большая по размерам жилищная постройка, которая была раскопана в 1986 году экспедицией Института археологии РАН.

Третье «охотничье заведение» отмечено в заливе Бок-фиорд в северной части острова Западный Шпицберген. Его местонахождение не обнаружено.

Дом под номером 4 расположен на южном берегу залива Конгс-фиорд. В 1979 году его остатки были найдены и раскопаны экспедицией Института археологии РАН.

Последний значок П.М.Ф. де Паже поместил в глубине залива Ван-Майен-фиорд. Следы этой постройки современными исследованиями не обнаружены, но в 1918 году она была нанесена на карту этого залива Х.Л. Нордбергом.

В 1766 году была опубликована книга Ле Руа «Приключения четырех российских матросов к острову Шпицбергену бурею принесенных» [Ле Руа 1975]. Написанная со слов поморских промысловиков Алексея и Ивана Химковых и Степана Шарапова, она содержит важные документальные данные, касающиеся особенностей зимовок на Шпицбергене, русской промысловой деятельности и устройства жилищ. Большой интерес представляют сведения о поморской избе, которая была расположена, по всей вероятности, на восточном берегу острова Эдж.

Один из лучших информаторов XIX века о русских памятниках на Шпицбергене – известный норвежский геолог Б.М. Кейльхау, который посетил архипелаг в 1827 и 1829 годах. В опубликованной им книге [Keilhau 1831], содержатся важные сведения о русских промыслах на Шпицбергене и приведен перечень поселений, приметных крестов и погребений, расположенных в различных районах архипелага.

Особенно подробно описано большое становище на юго-западной оконечности острова Эдж в заливе Хабенихтбукта. По мнению автора записок, это было одно из крупнейших поселений на Шпицбергене, рассчитанное на 40–50 человек. Основу его составляли три жилищно-хозяйственных комплекса. К тому моменту, когда это поселение посетил Б.М. Кейльхау, оно уже было оставлено обитателями и более не использовалось. Когда пять лет спустя на этом месте побывал английский путешественник Д. Ламон, он увидел лишь одно полуразрушенное строение [Lamont 1876].

На расстоянии около 2 км к северо-востоку от Хабенихтбукты, по словам Кейльхау, имелись остатки еще одного поселения, от которого сохранились лишь «несколько разрушенных домов». Это современное поселение Экролхамна, которое обследовалось экспедицией Института археологии РАН в 1987 и 1989 годах.

Помимо этих памятников на острове Эдж, Кейльхау приводит почерпнутые из различных (по большей части устных) источников многочисленные сведения о русских поселениях на Шпицбергене: на острове Сёркапп, у входа в залив Хорнсунн, в заливе Бельсунн, в том числе на острове Аксель. Кейльхау отмечает особенно большую плотность поселений в заливе Грён-фиорд, что, по его мнению, определялось наличием здесь благоприятных условий для промысла белух. Кроме того, Кейльхау приводит сведения об остатках дома, креста и погребений на юге острова Земля Принца Карла, нескольких построек в заливах Сент-Джонс-фиорд, Конгс-фиорд, Гамбургская бухта, Магдалена-фиорд, а также на острове Амстердам.

Будучи тонким наблюдателем, Кейльхау выделяет на Шпицбергене несколько промысловых районов, где отмечены моржовые лежбища, крупные птичьи базары, оленьи пастбища и так далее, – с которыми могли быть связаны места обитания поморов.

В 1837–1839 годах на Шпицбергене работала французская комплексная экспедиция на судне «Решёрж». Итогом ее исследований явилось 16-томное собрание трудов, в том числе альбом цветных литографий под названием «Atlas Historique et Pittoresque» [Atlas 1852]. Среди литографий обращают на себя внимание несколько изображений объектов, связанных с русскими памятниками на Шпицбергене. На двух листах показаны одиночные постройки в виде низких бревенчатых сооружений (по всей вероятности,

XIX века), одно из которых сопровождается раскрытыми погребениями и высокими крестами. На других гравюрах изображены высокие восьмиконечные кресты, установленные на срубных фундаментах. Сверху они покрыты полотенцами с бахромой на концах.

Еще одна гравюра с изображением русского дома XIX века, нескольких могил и четырех больших крестов на южном берегу острова Эдж имеется в книге Д. Ламона «Yachting in the Arctic Seas» [Lamont 1876].

В 50–70-х годах XIX столетия значительные по объему научно-исследовательские работы на Шпицбергене проводит А.Е. Норденшёльд. Вдумчивый, разностороннее образованный исследователь, он обратил внимание на многочисленные остатки русских построек, которые встретились ему «во всех фиордах Шпицбергена» – от острова Медвежий до северных районов Западного Шпицбергена: в Моссельбукте, Вейде-фиорде, Сент-Джонс-фиорде, проливе Хинлопен и других местах. В Ис-фиорде он посетил место, где находился дом известного помора Ивана Старостина.

Большое количество данных о русских поселениях было получено де Геером, участником шведских полярных экспедиций. Герард де Геер (1858–1943), географ и геолог, ректор Стокгольмской высшей школы (1902–1910), всемирно известный ученый, участник многих экспедиций в различные районы земного шара, в течение продолжительного времени был связан с полевыми работами на архипелаге Шпицберген. В 1882, 1886 и 1896 годах де Геер работал в составе шведских полярных экспедиций, в 1899 и 1901 годах – в составе шведско-русской экспедиции по измерению дуги меридиана, а его последние экспедиции на архипелаг состоялись в 1908 и 1910 годах. С именем де Геера связана не только фиксация археологических памятников, но и первые раскопки на архипелаге Шпицберген.

На основе сведений, полученных от де Геера, В. Карлхайм-Гюлленшельд констатировал, что участники шведских экспедиций 1882 и 1886 годов зафиксировали не менее шести остатков русских жилищных сооружений.

1. Диксон-фиорд. Сведения о памятнике содержатся в записках экспедиции 1886 года: «На следующий день мы продолжили наше плавание внутрь фиорда и на низком мысе около западного берега нам повстречалось большое количество разбросанных вокруг костей белых китов <белух. – *В.С.*>, развалины русской избы и одна могила» [Carlheim-Gyllensköld 1900]. В процессе регистрации памятников в северной части залива Ис-фиорд, которая в 1998 году была проведена Конторой губернатора, в этом районе на мысе Капп Вийк, были обнаружены остатки сооружения со следами старых частичных раскопок.

2. Залив Экман-фиорд. На южном берегу фиорда, в районе мыса в средней его части, были обнаружены две постройки. При регистрации памятников в 1998 году следы русского сооружения в этом районе обнаружены не были.

3. На восточной стороне мыса в заливе Толмодбукта остатки русского промыслового дома были раскопаны де Геером в 1882 году. Единственным документальным подтверждением этих работ является фотография, хранящаяся в архивах Г. де Геера (плохой сохранности) и В. Карлхайм-Гюлленшельда (лучшего качества) в Центре истории науки Королевской шведской академии наук.

В 1998 году памятник был осмотрен и зарегистрирован экспедицией Конторы губернатора, снят его ситуационный план, на котором видна одночастная постройка каркасно-столбовой конструкции [Rossnes 1998].

3. Согласно сведениям, изложенным в работе Карлхайм-Гюлленшельда, в том же 1882 году де Геер произвел раскопки еще одного русского поселения «к югу от Адвент-фиорда». Сведения о памятнике отсутствуют.

4. Ссылаясь на де Геера, В. Карлхайм-Гюлленшельд сообщает о ряде других памятников – на мысе Госкап, в Миммербукте (Билле-фиорд) и на мысе Богемана. Последний объект был зафиксирован в процессе регистрации исторических памятников в 1998 году, а в 2003 году осмотрен участниками Шпицбергенской экспедиции Института археологии РАН. Это была двухчастная постройка с рублеными стенами (конструкция сеней – каркасно-столбовая). В непосредственной близости от нее залегают крупные фрагменты бортовой обшивки судов.

Большая заслуга в поисках и изучении русских поселений, а также в обобщении получен-

ного раньше материала принадлежит другому шведскому исследователю, участнику Русско-шведской меридиональной экспедиции 1898 года В. Карлхайм-Гюлленшельду. Обработанные им данные приведены в книге «På åttionde breddgraden» («На восьмидесятом градусе северной широты») [Carlheim-Gyllensköld 1900]. По сути, она является сводной публикацией сведений о русских памятниках на Шпицбергене на уровне знаний рубежа XIX–XX веков.

Обобщив данные своих предшественников и современников, он составил «Карту мест русских поселений на Шпицбергене», на которой отмечены «русские избы, русские кресты, ловушки для лис <песцов. – *В.С.*>». Зона учтенных В. Карлхайм-Гюлленшельдом памятников охватывает практически все основные районы архипелага – острова Западный Шпицберген, Землю Принца Карла, Северо-Восточную Землю, Сёркапп, Тысячу островов, Эдж, остров Полумесяца, Рик-Ис. В частности, ссылаясь на норвежского капитана Б. Педерсена, он приводит сведения о большом поселении, которое было расположено на восточном берегу острова Южный Русский на Северо-Восточной Земле. Во время беглого осмотра острова, произведенного участниками экспедиции Института археологии РАН в 1983 году, следы памятника зафиксированы не были. Не видели их и участники шведской гляциологической экспедиции, которая работала в этом районе в 1957–1958 годах [Weston 1961].

Важные сведения о русских памятниках, расположенных в заливах Бельсунн и Ис-фиорд, приводит норвежский геолог Х.Л. Норберг [Norberg 1918]. Основываясь на собственных наблюдениях, он нанес на карту этого района Шпицбергена 37 памятников, большинство из которых представлено остатками жилищных сооружений. При этом автор публикации делает небезосновательную попытку дифференцировать материал, выделяя русские жилища, остатки норвежских домов и сооружения английских китобоев.

Здесь же приводится аналитический разбор русского материала – по наблюдениям автора, наиболее многочисленного. Так, он выделяет в особую группу два наиболее крупных поселения в заливах Решёрж и Трюгхамна, которые определяет как русские православные монастыри. Вот что он пишет по этому поводу: «Русское поселение чаще всего состоит из одной единственной промысловой избы на 3–4 человека; однако имеются и более крупные сооружения, которые, очевидно, были основными зданиями, как, например, в заливе Грён-фиорд, Руссекейла, в заливе Имербукта и на острове Аксель.

Кроме того, в двух местах были построены огромные помещения, которые могли вместить большое количество жителей и, несомненно, являлись монастырями» [Norberg 1918].

По всей вероятности, на автора описания произвели большое впечатление размеры этих поселков, выделяющихся на фоне остальных мест обитания русских промышленников, В частности, он пишет, что «монастырь в Трюгхамне имел 28 м в длину и 6,2 м в ширину. Он был разделен на множество больших и малых помещений». Что касается «монастыря в бухте Решёрж», то его длина равна 23 м, а ширина 6,2 м. «Строение было разделено на шесть помещений». Вокруг этого большого здания стояло пять отдельных домов: три небольшого размера (3,8 м в длину) и два более крупных, длиной 11,2 м. Один из этих домов был разделен на четыре помещения [Norberg 1918].

Современные археологические исследования опровергли эти предположения. В 1960 году поселение Трюгхамна было раскопано отрядом финских археологов, участников Скандинавской экспедиции. Исследования показали, что это было типичное поморское становище, в состав которого входило не менее шести жилищных построек и несколько погребений.

Что касается бухты Решёрж, то там был расположен базовый лагерь экспедиции В.Я. Чичагова, сооруженный в 1764 году. Его частичные раскопки были произведены в 1979 году экспедицией института археологии РАН. Лагерь был построен с учетом возможной зимовки большого количества участников экспедиции, чем и объясняются его не совсем обычные размеры.

Оставив в стороне заблуждение автора относительно русских монастырей на Шпицбергене, отметим содежащуюся в его работе плодотворную идею (впервые высказанную Б.М. Кейльхау) о двух типах русских поселений XVIII века – становищах и отдельных промысловых постройках.

Большой интерес представляет опубликованная Х.Л. Нордбергом карта заливов Бельсунн и Ис-фиорд с нанесенными на ней историческими памятниками, среди которых остатки 26 русских сооружений.

С деятельностью Г. де Геера в 80-х годах XIX века связаны первые (непрофессиональные) раскопки русских памятников на архипелаге Шпицберген. В 1882 году он раскопал остатки построек в Толмодбукта и Адвент-фиорде. Ссылаясь на де Геера, Карлхайм-Гюлленшельд сообщает, что раскопки были произведены и в 1896 году на мысе Госкап.

Сведения о результатах раскопок в Адвент-фиорде отсутствуют. Что касается дома в Толмодбукте, то, по словам В. Карлхайм-Гюлленшельда, он расположен в 20 м от берега на высоте 2,5 м от уровня моря. Общие размеры постройки – 5 × 3 м. Она состоит из жилого помещения длиной 3,25 м и сеней. Стены постройки сооружены из досок (на фотографии доски отсутствуют, но есть угловые столбы с пазами, в которых крепились не доски, а бревна с затесанными концами). Жилое помещение было покрыто дощатым полом. Ширина досок – 20–30 см, толщина – 7 см. В южном углу избы находилась печь, выложенная из «каменных плиток», которая опиралась на «своеобразную плиту» (опечек) высотой 54 см над уровнем пола. В окладном бревне, соединяющем избу с сенями, имеется порог шириной 54 см. У одной из стен обнаружено окно размером 55 × 40 см со стеклянными вставками. Наружная дверь из сеней была изготовлена из трех досок, скрепленных двумя поперечинами. Ее размеры 91 × 57 см. Стены избы с двух сторон были обложены завалиной «из торфа» высотой 50 см [Carlheim-Gyllensköld 1900].

В 1898 году любительские раскопки на Шпицбергене были продолжены В. Карлхайм-Гюлленшельдом на Северном Русском острове, где находились два креста и развалины промыслового дома. Один крест, стоявший в 200 м от жилища, сохранился почти полностью. Судя по вырезанной дате, он был поставлен за сто лет до прихода сюда шведской экспедиции, то есть в 1798 году. От второго креста сохранилась лишь нижняя часть стойки, обнесенная огромной каменной обкладкой.

Раскопками была вскрыта двухчастная постройка, состоявшая из теплого помещения (избы) и сеней, которые занимали пространство общего сруба, разделенного внутренней перегородкой. От стен сохранились лишь бревна окладного венца. Общие размеры постройки – 5 × 4,8 м. В избе находились остатки печи, сложенной из кирпича. Половой настил из досок зафиксирован лишь в помещении избы; там же обнаружены остатки оконной рамы со стеклянными вставками.

Завершением любительского этапа археологических исследований на Шпицбергене явились раскопки Х.Л. Нордберга в заливе Бельсунн, где были частично вскрыты русские промысловые постройки на острове Аксель. К сожалению, в упоминавшейся выше статье Х.Л. Нордберга отсутствуют подробные описания этих раскопок, но их принадлежность к кругу русских памятников бесспорна. Это доказывается двумя текстами, вырезанными на найденных там деревянных досках: *«март месяц 1777 и 1755»* и *«прими Христос грешную душу Федора… Прокоф… Христос Всевышний»*.

Позднее сведения о русских памятниках на Шпицбергене были использованы В.Ю. Визе [Визе 1939], опубликовавшим карту архипелага, на которую было нанесено тридцать поморских поселений.

Систематическое профессиональное изучение исторических памятников на Шпицбергене начинается в середине XX века. Оно связано с деятельностью Скандинавской экспедиции, в составе которой работали специалисты из Швеции, Норвегии, Дании и Финляндии. Экспедиция под руководством Х. Христианссона и П. Симонсена приступила к работе в 1955 году. Основными задачами экспедиции было выявление на Шпицбергене объектов каменного века, раскопки поселения в местности Руссекейла в заливе Ис-фиорд и поиски скандинавских древностей (следы пребывания викингов).

Разведки, проведенные экспедицией на берегах Грён-фиорда, Ис-фиорда и на земле Норденшёльда, привели к открытию русских поселений у мыса Фестнингсодден и в Рандвике [Шаскольский 1958].

Особый интерес представляют раскопки двух крупных русских поселений в заливе Ис-фиорд. Одно из них расположено в местности Руссекейла. Здесь был вскрыт большой дом, в состав которого входили шесть помещений, наиболее значительное из которых имело размеры 5 × 5 м. В состав комплекса, кроме жилых комнат, входили кузница, баня и склад. Судя по письменным источникам, именно в этом доме более тридцати лет прожил известный помор Иван Старостин, именем которого назван ряд географических пунктов Шпицбергена.

В 1990 году небольшие раскопки на поселении провела российско-норвежская экспедиция, в составе которой приняли участие специалисты из университета Тромсё и Института археологии РАН. Основной целью работ явилась проверка стратиграфии памятника, поскольку, по мнению его первых исследователей, ниже уровня пола русской постройки прослеживается еще один горизонт культурного слоя. Однако заложенные стратиграфические траншеи показали, что этот слой, состоящий из древесной щепы, не распространяется за пределы постройки. Это обычный способ создания термоизоляционной прокладки, когда ниже пола сруба настилается слой древесных отходов.

Второе крупное становище было раскопано в бухте Трюгхамна. Оно исследовалась группой финских специалистов под руководством Х. Тегенгрена. В состав поселения входило шесть жилищно-хозяйственных сооружений (одно из которых было, вероятно, с поклетью), большая мусорная куча, четыре погребения и приметный крест. Поселение датируется XVIII веком.

Значительный вклад в изучение памятников русской истории на Шпицбергене внес краковский Ягеллонский университет, экспедиция которого работала с 1983 по 1988 год под руководством Я. Хохоровского. В 1986 и 1987 годах работы проводились совместно с университетом Тромсё, Норвегия (руководитель – М. Ясинский).

За этот период было осуществлено сплошное обследование прибрежной части территории от бухты Стормбукта на юге до ледника Торелля к северу от залива Хорнсунн. Были обнаружены и обследованы довольно многочисленные разновременные и разнохарактерные памятники, среди которых – четыре промысловых поселения, семь погребений и несколько скоплений остатков судового дерева. Все эти памятники: Бёрнбайнфлюене (поселение и погребение), Пальфюодден (поселение и могильник), Шеннингхолмане (поселение и погребения), Вочестерпюнтен (поселение и погребение), Гнолодден (поселение и погребение) – были изучены участниками экспедиции [Chochorowski, Jasinski 1988a; Chochorowski, Jasinski 1988b].

Во время обследования территории в районе Хорнсунна экспедиция краковского Ягеллонского университета обнаружила несколько крупных исторических объектов на островах Дюнёя, расположенных к северу от входа в залив [Krawczyk 1995]. По словам А. Кравчика, обследовавшего эту территорию в 1989 году, на острове Фьерхолмен были найдены остатки большого поселения, в состав которого входили две большие трехчастные постройки, четыре или пять более мелких сооружений; а на острове Стуре Дюнёя – один небольшой дом и погребения. В 1994 году исследования памятников на Дюнёя продолжила польско-норвежская археологическая экспедиция [Chochorowski, Jasinski 1995]. На других островах этой группы были обнаружены остатки крестов – следы русского присутствия.

Визуальные обследования нескольких поселений русских промысловиков были проведены на западном побережье острова Эдж, в том числе в заливах Хабенихтбукта и Дискобукта. Большой интерес представляют обнаруженные в этом районе скопления фрагментов русских судов и отдельные судовые детали, в том числе крайне редкая находка – почти полностью сохранившийся форштевень.

Систематическую работу по сбору археологического материала на архипелаге Шпицберген проводит норвежская администрация. Особую активность ее деятельность приобрела с 1966 года, когда Контора губернатора на Шпицбергене совместно с университетом Тромсё приступила к систематической регистрации памятников истории и культуры на Шпицбергене. В ходе этих работ, направленных на сплошное обследование территории, был открыт целый ряд новых исторических

объектов, в том числе связанных с русскими поморами. Среди них – поселение Верлегенхуккен на северном берегу залива Ис-фиорд, Свенскегаттет в северной части западного побережья острова Западный Шпицберген, Сан-Себастьян на северном берегу острова Медвежий [Bjerck 1999]. Особый интерес представляет крупное становище, найденное на острове Лангора (архипелаг Тысяча островов) – первый памятник на этом участке Шпицбергена. В его состав входило два больших жилых дома, скопление строительных остатков, семь крестов и не менее трех погребений. Сведения об этом памятнике любезно предоставлены инспектором по охране памятников при конторе губернатора Х. Бирком. В последние годы активное участие в работе по регистрации памятников принимают сотрудники экспедиции Института археологии РАН. Результаты их исследований публикуются в специальных бюллетенях.

Наконец, нельзя не отметить большой вклад, который вносят в создание банка данных о русских исторических объектах на Шпицбергене участники работающих там российских научных экспедиций. Так, от М.Н. Соловьевой, сотрудника экспедиции Геологического института РАН, были получены сведения об остатках дома в Ван-Мюйденбукта (залив Бельсунн), научный руководитель гляциологической экспедиции (Институт географии РАН) Л.С. Троицкий обнаружил местонахождение «зимовочного лагеря» экспедиции В.Я. Чичагова; большое количество исторических памятников было обследовано сотрудником той же экспедиции В.С. Корякиным. Он же опубликовал карту Шпицбергена с 43 объектами [Корякин 1974]. Интересные данные о поморских становищах и остатках судов на острове Земля Принца Карла, полуострове Брёггер, восточном берегу острова Западный Шпицберген были получены от заместителя начальника геолого-разведочной партии А.В. Безносова. Многочисленные сведения о русских памятниках, расположенных в различных районах архипелага в течение многих лет поступают от А.М. Тебенькова, С.И. Турченко, А.И. Сироткина, В.В. Шарина и других сотрудников Полярной морской геолого-разведочной экспедиции Министерства природных ресурсов РФ (ПМГРЭ).

Работа Шпицбергенской экспедиции Института археологии РАН. Формирование фонда источников

Целенаправленная работа по формированию базы источников по проблеме русского участия в освоении Шпицбергена более тридцати лет ведется экспедицией Института археологии РАН (Москва).

За этот период были обследованы многие районы архипелага, где проведены сплошные разведочные обследования берегов и раскопки некоторых исторических памятников, прежде всего поселений и погребений. Зафиксированы также многочисленные остатки судового дерева и приметных крестов.

Основные работы были связаны с островом Западный Шпицберген. Сплошные разведки охватили его западное побережье от мыса Сёрнесет на юге до Сен-Джонс-фиорда на севере. Обследованы также заливы Бельсунн, Решёрж, Ван-Майен-фиорд, Ван-Кейлен-фиорд (участок южного побережья), северное побережье Ис-фиорда до залива Нор-фиорд и его южный берег до Адвент-фиорда, а также залив Ботнехейя. В северной части острова произведены разведки и частичные раскопки в заливах Конгс-фиорд, Гамбургбукта, Магдалена-фиорд, Вуд-фиорд и Вейде-фиорд. На восточном берегу острова Западный Шпицберген исследован небольшой участок побережья в районе пролива Фримана.

Значительные работы были связаны с островом Эдж, где разведки и частичные раскопки (поселение Экролхамна) были произведены на западном берегу до широты Диксон-фиорда и на южной части восточного побережья и южном берегу мыса Ли. Обследованы также южные и восточные берега острова Баренца, Земли Принца Карла, островов Полумесяца, Надежды, Земли Короля Карла, Южного Русского острова (Северо-Восточная Земля), а также часть северного побережья острова Медвежий.

Результаты этих исследований позволили нанести на карту Шпицбергена 38 поселений поморов. Эта цифра включает как объекты, известные

прежде по письменным источникам, так и 12 новых памятников.

Необходимо заметить, что поморское поселение на Шпицбергене – это не просто промысловое жилище или группа жилищ. Походы поморов на архипелаг, рассчитанные на круглогодичное пребывание с зимовкой в условиях продолжительной полярной ночи, была ориентированы на преодоление полярного экстремума и достижение максимальной эффективности промысловых работ. Если в XVI–XVII веках комплекс промысловых построек включал в себя головное сооружение-«стан» и окружающие его вспомогательные дома-«станки», то в XVIII веке эта структура была значительно усовершенствована и основными поселениями на Шпицбергене становятся довольно большие поселки-становища. Они также сопровождались сезонными промысловыми постройками.

Совершенствование быта и промыслового дела не могло не сказаться на структуре поморских поселений. Археологические исследования показали, что в состав станов и становищ, помимо жилищных сооружений, входили погребения, приметные кресты, а также суда, оставлявшиеся на зимовку. Особенно показательно в этом отношении поселение Кокеринесет, открытое в 1978 году.

Памятник расположен на южном берегу залива Грён-фиорд. С северной стороны он ограничен дельтой реки Биенда, а с южной – оврагом, пересекающим выступ морской террасы высотой 4 м. На северном отроге этого выступа размещаются основные объекты памятника: жилищные сооружения, погребения, кресты и остатки судна.

Помимо поселения Кокеринесет, экспедицией было обнаружено еще несколько довольно крупных становищ, в том числе четыре – на острове Западный Шпицберген. Одно из них, Имербукта, расположено на северном берегу залива Ис-фиорд. Оно почти полностью разрушено эрозионными процессами. По всей вероятности, здесь находилось несколько жилищных построек и захоронения. Второе становище, Гамбургбукта, расположено на Земле Альберта I. Оно включало четыре жилищно-хозяйственные постройки, три приметных креста и не менее восьми погребений. Третье становище, Логнедален, состояло из четырех жилых построек и одного приметного креста. Еще одно становище, Гравшён, возникло в XVIII веке на месте существовавшей ранее становой избы. Она включало три жилых постройки, захоронения, приметный крест и мусорную кучу. К категории становищ можно отнести также поселение Фарнхамна, где в 1982 году были вскрыты две жилые постройки и обнаружено основание приметного креста. На острове Сёркапп (побережье Мосватнет) обнаружено датируемое XVII веком становище из трех домов. Два крупных становища XVIII века зафиксированы на острове Эдж. Одно из них (в заливе Хабенихтбукта) известно по запискам Б.М. Кейльхау. Второе находится на побережье Экролхамна. Произведенные там частичные раскопки показали, что это было большое, хорошо обжитое поселение, включавшее восемь жилых и хозяйственных сооружений, среди которых имелась специализированная косторезная мастерская по изготовлению гребней из китовой кости.

Остальные исследованные памятники представлены отдельно поставленными жилищно-хозяйственными сооружениями, по характеру постройки относящиеся к двум типам: трехчастные (жилая изба-сени-баня с предбанником) и двухчастные (жилая изба-сени). Первые выполняли функцию стана – центра промыслового района, где помещалось кладбище и приметные кресты и оставлялось на зиму судно. Остатки такого рода сооружений были обнаружены на островах Сёркапп (Сёркаппватнет и Скольтнесет), Земля Принца Карла (Кингхамна) и Западный Шпицберген (Логнесет, Гравшён). Остатки одиночных домов-станков встречены в большом количестве на различных островах архипелага.

Как отмечалось выше, многие поморские поселения (за исключением станков) сопровождаются погребениями. Всего было обнаружено не менее 60 захоронений, связанных с четырнадцатью поселениями. Точное количество захоронений установить невозможно, поскольку некоторые из них (Имербукта, Кокеринесет) разрушены эрозионными процессами, другие (Гравшён) являлись коллективными и перекрыты мощными каменными закладками.

Типологически погребения подразделяются на несколько категорий: кладбища, расположенные на окраинных участках становищ, одиночные

погребения вблизи отдельных домов и костяки внутри жилищных построек. Практически все захоронения приурочены к основаниям больших приметных крестов.

Кладбища, включающие от четырех до девяти погребений, были зафиксированы на всех крупных становищах: Гравшён, Кокеринесет, Имербукта, Гамбургбукта, Скольтнесет. Большое количество погребений было связано, по всей вероятности, с поселением Скольтнесет на острове Сёркапп. Об этом свидетельствует сохранившееся основание большого по диаметру приметного креста, укрепленного мощной бревенчатой и каменной крепидой. На ней было уложено десять человеческих черепов. Можно предположить, что находившееся поблизости кладбище было разрушено естественными процессами или животными, а сохранившиеся черепа перенесены к подножью креста позднее.

Одиночные захоронения сопровождали отдельно стоящие постройки (становые избы или станки) – Сёркаппваттнет, Руссепюнтен, Кингхамна, Дирксодден, Экролхамна.

Человеческие останки, найденные в пределах жилищ (Скольтнесет и Дундербукта) вряд ли следует рассматривать в качестве преднамеренных захоронений. Судя по ориентировке костяков и отсутствию гробов в доме Дундербукта, это были останки его последних обитателей. Стены дома были разобраны жителями соседней, более поздней постройки.

То же относится к двум костякам, найденным в доме Скольтнесет. Судя по данным антропологических исследований, причиной гибели людей было преднамеренное убийство. Заключение проф. В.Н. Звягина: «Рубленая рана левой половины лица с механическим разрушением скулового отростка верхней челюсти и прилегающих частей скуловой и клиновидной костей. Плоскость разруба заканчивается в скуловом отростке левой височной кости в 66 мм от средней линии лица <...> данное повреждение причинено острорубящим орудием типа топора» [Старков и др. 2005]. В этом нет ничего удивительного. Речь идет о первой половине XIX века – именно к этому времени относится существование поселения Скольтнесет (среди найденных там предметов имеется костяной гребень с процарапанной надписью: «1837 года»), – то есть к периоду кризиса поморской промысловой деятельности. Особенно это касается такого удаленного района, как архипелаг Шпицберген, куда в ту эпоху направлялись артели, набранные из случайных людей. Насильственная гибель людей не была редкостью. Об этом говорят как письменные источники, так и данные антропологического исследования черепов из четырех поселений XVIII–XIX веков [Старков и др. 2005].

Важной частью поморской культуры являются большие приметные кресты. Полифункциональные по своему назначению, они играли большую роль в осуществлении дальних морских походов, обозначении мест поселений и районов промыслов и являлись важным атрибутом духовной жизни зимовщиков.

В настоящее время мы располагаем сведениями о сорока шести установленных на Шпицбергене крестах. Двадцать восемь из них зафиксировано экспедицией Института археологии РАН. Большинство было установлено в пределах становищ и рядом со становыми избами, но имеются и отдельно поставленные кресты. Последние выполняли сугубо навигационные функции.

Наибольшее количество крестов было найдено на острове Западный Шпицберген.

1. Залив Страндбоген, Земля Сёркаппланд. Одиночный крест, установленный на вершине небольшой каменистой сопки. От креста сохранилась каменная закладка диаметром 1,75 м, в центре которой имеется выемка глубиной 10 см, куда помещалось основание креста. Остатки самого креста залегают на склоне холма. Они представлены фрагментами стойки и двух перекрестий.

2. Мыс Риксодден, Земля Сёркаппланд. Одиночный крест, установленный на вершине скалы. От креста сохранилась нижняя часть стойки, укрепленная в расселине скалы.

3. Залив Вествика, Земля Сёркаппланд. Одиночный крест, от которого сохранилась нижняя часть стойки, установленная в расселину скалы и закрепленная каменной закладкой. Лицевая и задняя поверхности креста были гладко затесаны.

4. Побережье Оммерватна, Земля Сёркаппланд. Одиночный крест, установленный на вершине скалы. Сохранилась нижняя часть стойки длиной

1,35 м и диаметром 25 см, слабо закрепленная в каменной закладке.

5. Поселение Пальфюодден, южное побережье залива Хорнсунн. Крест был установлен в 300 м от поселения на вершине высокой одиночной скалы. Нижняя часть стойки креста диаметром 25 см закреплена каменной закладкой в расселине скалы.

6–9. Западное побережье залива Решёрж, зимовочный лагерь экспедиции В.Я. Чичагова. Зафиксированы нижние части четырех крестов. Два из них расположены на кромке берега в пределах экспедиционного лагеря. От них сохранились основания стоек диаметром 40 см, заключенные в срубы и заложенные камнями.

Еще два креста расположены в 53 м к северу от границы зимовочного лагеря. Они были вкопаны в землю и обнесены каменной закладкой.

10. Побережье Логнедален, Земля Веделя Ярлсберга. Остатки креста находятся в пределах становища, в его прибрежной части, на расстоянии 1,3 м от ближайшей постройки. От него сохранилось вкопанное в землю основание диаметром 35 см, обложенное камнями.

11–12. Мыс Слеттнесет, залив Бельсунн. Фрагменты двух крестов входили в состав комплекса становой избы – они располагались в непосредственной близости от нее на расстоянии 40 м от кромки берега.

Первый крест расположен в 20 м от жилищного сооружения. От него сохранилось основание и верхняя часть стойки, лежащая на земле. Основание креста, затесанное с двух сторон, было закреплено в срубе, заложенном камнями. Сруб сложен из мощных плах шириной 22–30 см. Верхняя часть креста, длиной 2 м, залегала на расстоянии 4 м от основания. Она изготовлена из относительно тонкого бруса, затесанного с трех сторон. Постепенно сужаясь, стойка завершается навершием, в верхней части которого вырезан паз под икону.

Второй крест также сохранился в виде двух фрагментов – основания и верхней части. Основание, диаметром 30 см, вкопано в грунт. Верхняя часть креста сохранилась в длину на 4,8 м; она лежит на земле лицевой стороной вверх. С этой же стороны в пазах, вырубленных с лицевой стороны, закреплены при помощи деревянных нагелей два перекрестия. К верхнему срезу стойки прикреплены две косых поперечины, к которым крепилось полотенце. Кресты много лет назад были срублены топором, которым уничтожены и покрывавшие их надписи.

13. Лагуна Гравшён, побережье Норденшёльда. Остатки креста находятся на северной окраине поселения, на вершине господствующей возвышенности-скалы. Основание креста заключено в расселину скалы и закреплено каменной закладкой.

14. Побережье Кокеринесет, залив Грён-фиорд. Прослежены три западины от крестов, которые связаны с существовавшим здесь крупным становищем. Они располагались на кромке высокого уступа морской террасы; рядом с крестами находилось кладбище.

15. Местность Руссекейла, южное побережье залива Ис-фиорд. Крест входил в структуру большого становища, располагавшегося по берегам реки Линнея. Он был искусственно уничтожен много лет назад: видны следы рубки, каменная крепида развалена. Сохранилось основание стойки креста длиной 25 см, диаметр стойки 30 см.

16. Бухта Фарнхамна, западное побережье пролива Форландсундет. Одиночный крест в 1,5 км от поселения Фарнхамна. Сохранившееся основание креста длиной 0,5 м установлено в расселине господствующей скалы и закреплено каменной закладкой.

17–19. Залив Гамбургбукта, Земля Альберта I. Кресты входили в состав крупного становища, располагаясь на наиболее возвышенном участке побережья. Два из них находились вблизи одной из построек, а третий – на мысовом участке берега на вершине наиболее высокой скалы. Все три креста обнесены у основания мощной каменной крепидой.

20–21. Два креста были обнаружены на острове Земля Принца Карла в пределах поселения Кингхамна (южная часть восточного побережья). Один был поставлен у берега залива, в 6 м от жилищной постройки. От него сохранилась нижняя часть стойки диаметром 25 см, обнесенная мощной каменной закладкой диаметром 1,8 м. В 3 м к югу от креста находятся остатки погребений.

Второй крест располагался в 1,2 м от первого. Он был также окружен каменной закладкой.

Четыре креста были поставлены на небольшом острове Сёркапп. Все они занимали возвышенные прибрежные участки – два на южном мысе и два на противоположных участках северного побережья. Не вызывает сомнения, что при подходе поморов к Шпицбергену они выполняли важную навигационную функцию. Остров Сёркапп – самый южный остров архипелага; он примыкает к острову Западный Шпицберген, основному району деятельности русских промысловиков. В силу этого Сёркаппу отводилась важная роль приметного, опознавательного пункта в конце так называемого Груманланского хода.

22–23. Кресты на Сёркаппваттнет, южное побережье острова. Кресты расположены вблизи кромки берега и территориально связаны с существовавшим здесь поселением.

Один из них был установлен на наиболее возвышенной точке каменной гряды высотой 4 м. На сохранившейся нижней части стойки диаметром 30 см видны следы рубки. Стойка вставлена в расселину скалы и закреплена мощным крепежным устройством. Основу последнего составляет сруб, перекрытый бревенчатым настилом и заложенный каменной выкладкой размером 30 × 15 м. У подножья креста была обнаружена косая перекладина с плохо читаемым циркульным орнаментом. К западу от основания креста находятся человеческие кости – вероятно, остатки погребения.

Второй крест находится в 90 м к юго-западу от первого. Крест был искусственно уничтожен. От него сохранилась нижняя часть стойки диаметром 44 см и разбросанные камни крепиды. Основная часть камней пошла на сооружение находящегося поблизости гурия.

24. Мыс Скольтнесет, северное побережье, в 180 м от русской постройки первой половины XIX в. По своему устройству крест на Скольтнесет не имеет аналогий на Шпицбергене. От него сохранилась нижняя часть стойки высотой 90 см и диаметром 42 см со следами рубки. Она вкопана в грунт и окружена довольно сложной по конструкции крепидой. С восточной стороны она выполнена из длинных бревен, которые опираются на три поперечные перекладины. Участок настила, непосредственно примыкающий к стойке креста, заложен некрупными окатанными камнями. С западной стороны бревенчатый настил отсутствует, его заменяет мощная каменная выкладка высотой 70 см, которая имеет почти правильную циркульную форму диаметром 1,2 м. Общая длина конструкции – 4,5 м. У основания креста сложены 10 человеческих черепов.

25. Побережье Скольваттнет, северный берег. Одиночный крест, не связанный с поселением. Располагается на вершине господствующей возвышенности высотой 12 м. Сохранилась сложенная из крупных камней каменная закладка диаметром 1,2 м. В средней части закладки, где находилась стойка креста, имеется характерное углубление.

Два креста были обнаружены сотрудниками экспедиции на острове Эдж. Помимо этого, были осмотрены остатки поселения Хабенихтбукта, где Б.М. Кейльхау зафиксировал пять стоящих крестов [Keilhau 1831]. Наши исследования 1985 года показали, что в настоящее время там прослеживаются остатки двух крестов, заложенных единой каменной закладкой. В пространстве между крестами залегают два захоронения, также заложенные камнями.

26. Залив Экролхамна, западное побережье острова Эдж. Крест входил в структуру комплекса одного из наиболее крупных русских поселений на Шпицбергене. Он расположен на южной оконечности небольшого мыса высотой 3 м. Сохранилось основание, укрепленное каменной закладкой. У подножья креста прослеживаются захоронения, также заложенные камнями. Общие размеры каменной закладки – 1,8 × 0,8 м.

27. Мыс Капп Ли, северная часть острова Эдж. Наличие здесь креста, связанного с поселением, отметил в своих записках В.Карлхайм-Гюлленшельд [Carlheim-Gyllensköld 1900]. Осмотр местности показал, что на месте креста в настоящее время возвышается большой гурий.

28. Один крест был обнаружен в 1984 году во время разведки на северном берегу острова Медвежий. Он находится в 1 км к западу от норвежской радиостанции Бёрнойя-радио. Остатки креста располагаются в 300 м к востоку от русской промысловой постройки. От него сохранилось основание стойки высотой 0,5 м, обнесенное каменной закладкой.

Отдельным направлением работы экспедиции Института археологии РАН является изучение

основных аспектов поморского судовождения в этом районе Арктики. Успешная разработка этой проблемы, уже обобщенная в двух монографиях [Старков 2001; Старков и др. 2002], базируется на многочисленном вещественном материале, полученном в ходе работ на архипелаге Шпицберген. В первые годы работы остатки судового дерева на берегах Шпицбергена фиксировались преимущественно в связи с раскопками жилищных сооружений, но, начиная с 1985 года фиксация остатков судов приобрела целенаправленный характер, а с конца 90-х годов XX века стала приоритетным направлением, и к настоящему времени разведками и стационарными работами по этой тематике охвачена большая территория прибрежных участков архипелага на островах Западный Шпицберген, Земля Принца Карла, Эдж, Сёркапп, Полумесяца, Баренца, Надежды, Северном Русском.

Необходимо отметить, что формирование фонда данных по поморским походам на Шпицберген связано не только с поиском фрагментов судов, залегающих на поверхности береговых отложений. Важным источником являются также раскопки поморских жилищно-хозяйственных комплексов, в процессе которых были получены важные данные о навигационных приборах, судовом инструментарии и деталях самих судов.

Наличие судового дерева в конструкциях промысловых построек на Шпицбергене далеко не случайно. Оно связано с отсутствием там местного строительного материала. Существующее мнение об использовании поморами при строительстве домов принесенного морем плавника [Albrethsen, Arlov 1988; Chochorowski 1992, Chochorowski 1999] бездоказательно и не подтверждается ни данными письменных источников [Перевалов 1949; Ле Руа 1975], ни археологическими материалами. Отсутствие строительного леса на Шпицбергене вынуждало промысловиков привозить с собой все необходимые материалы. Бревна срубов доставлялись с материка на судах с помощью специальных бревенчатых каркасов с поперечными пазами, в которые укладывались элементы сруба, стягивались эластичной стяжкой и закреплялись на палубе. Подобные устройства хорошо известны по находкам на Шпицбергене.

Доски, второй важный элемент строительных деталей, также доставлялись с материка. Для этого приводились старые суда, которые разбирались для строительных целей и на топливо. Не случайно практически во всех раскопанных постройках полы настланы из судовых палубных досок с характерными элементами судового крепления – круглыми отверстиями с деревянными нагелями.

Находки, связанные с судовым устройством, обнаружены на следующих памятниках:

Стаббэльва: два фальшкиля, ахтерштевень.

Дундербукта, постройка 1: кусок вара, скобы конопатные.

Дундербукта, постройка 2: доска бортовой обшивки, скобы конопатные.

Лангстранда: два фальшкиля.

Мосватнет, постройка 2: доски палубного настила.

Мосватнет, постройка 3: две судовые детали неясного назначения.

Ревэльва: доски бортовой обшивки, скобы конопатные, багор, шпангоут карбасный.

Ренардодден: скобы конопатные.

Брёггер: багор, скобы конопатные, кусок вара.

Ван-Мюйденбукта: доски палубного настила, скобы конопатные.

Гравшён, постройка 1: доски палубного перекрытия, доски бортовой обшивки, три кокорные детали неясного назначения, киль карбасный, бортовая обшивка карбаса, канат корабельный.

Гравшён, постройка 2: четыре фальшкиля, доска бортовой обшивки, багор.

Гравшён, постройка 3: скоба конопатная.

Гравшён, мусорная куча: основа кисти для смоления судов.

Имербукта: перо руля, доска бортовой обшивки, доски палубного перекрытия, фрагмент бортовой обшивки, скобы конопатные, нагели, весло карбасное, заготовка компаса, градшток штурманский, кисти для смоления судов, фрагменты тросов и линей.

Ингебригтсенбуета: скоба конопатная, нагель, кисть для смоления судов.

Кингхамна: доски палубного настила, скобы конопатные, нагели.

Логнедален: скобы конопатные, два багра, вар, помещенный в керамический горшок.

Орвинэльва: скоба конопатная.

Рик-Ис: фрагмент судового дерева с отверстиями под нагели.

Руссекейла-2: скобы судовые, фрагмент магнитного компаса.

Руссепюнтен: доски палубного настила, скоба конопатная, два багра, перо руля карбасного.

Сёркапватнет: доски бортовой обшивки, багор.

Скольтнесет: доски палубного настила, скоба конопатная, багор.

Фарнхамна, постройка 1: фальшкили (два фрагмента), скобы конопатные, доска палубного настила.

Фарнхамна, постройка 2: доски палубного настила.

Хабенихтбукта-2: доски бортовой обшивки, доски палубного перекрытия, нагели, кисти для смоления судов.

Экролхамна: доска палубного перекрытия, скобы конопатные, нагель, втулка корабельного блока, футляр для компаса, кисть для смоления судов, багор.

Основная масса разнообразных судовых деталей и крупных фрагментов судов была зафиксирована в нескольких районах острова Западный Шпицберген и на острове Земля Принца Карла.

Особенно насыщенным такого рода находками оказался остров Земля Принца Карла, где экспедиция Института археологии РАН работала с 1985 по 1998 год.

Необычайное изобилие принесенного морем плавника, в том числе фрагментов судового дерева, наполняющего прибрежные участки острова, особенно в его южной части, объясняется двумя обстоятельствами: во-первых, наличием довольно мощного Западно-Шпицбергенского течения, омывающего оба берега этого вытянутого в северном направлении острова и оставляющего на нем большое количества древесины, во-вторых (и это главная причина залегания там многочисленных остатков кочей) – наличием судовых трудностей, которыми изобилует прибрежное морское пространство в пределах 20-метровой изобаты. Речь идет о сплошных грядах подводных камней, наиболее высокие из которых обнажаются во время отливов. Особенно характерно это для южной части острова. В древности они могли быть причиной крушения многих судов. Весьма возможно, что именно этим обстоятельством объясняется почти полное отсутствие на острове Земля Принца Карла поселений поморских промысловиков. В настоящее время мы располагаем сведениями всего о двух таких объектах, один из которых находится в южной части восточного берега в бухте Кингхамна, а второй – на севере острова в заливе Рихардлагуна.

Основные пункты залегания судового дерева.

1. Побережье Куккельстанда. Наиболее интересной находкой, сделанной в этом районе, является фрагмент борта русского судна (коча). Он залегает на скальной поверхности берега в 40 м от уреза моря на высоте 3 м над уровнем моря. Сохранившаяся часть борта коча имеет длину около 3 м и ширину более 2 м. Основу конструкции составляют массивные кокорные (кокора – нижняя часть ствола хвойного дерева с перегибом при переходе к корневой системе) шпангоуты. Шпангоуты затесаны со всех сторон и имеют четырехугольное сечение. Они сбиты вплотную друг к другу и с внутренней стороны дополнены продольно положенными кокорами (т. н. «коряниками»), которые формировали носовую часть судна. С наружной и внутренней сторон деталь покрыта досками бортовой обшивки. В этом же районе были найдены различные детали конструкции судна, в том числе шпангоуты и доски бортовой обшивки.

2. Лагуна Хителилагуна. Особый интерес представляют найденные здесь два полностью сохранившихся шпангоута, донная длина которых составляет 2,9 и 3,4 м. Их форма, прямая в нижней части, с плавными загибами к бортам, свидетельствует о плоскодонной форме судов, на которых совершались походы к архипелагу Шпицберген. Подобная конструкция кочей грумантского типа определялась необходимостью вытаскивать суда на берег перед тем, как оставлять их на зимовку.

Из других находок отметим часть фальшкиля, фрагмент бортовой обшивки и доски палубного перекрытия.

3. Мыс Айткенодден. Среди десяти деталей судовой конструкции, обнаруженных в этом районе, обращает на себя внимание румпель – элемент конструкции рулевого устройства. Он изготовлен из кокорной заготовки, длиной 2 м, которая имеет г-образную форму. Ствольная часть кокоры выполняла функцию рукояти, а ее изогнутая оконечность служила для закрепления рулевого баллера.

В ней имеется сквозное отверстие конусовидной формы.

Из других находок следует отметить массивный фрагмент фальшкиля, кницу г-образной формы, которая выполняла функции кронштейна в системе палубного настила, а также доски бортовой обшивки. Здесь же был найден элемент обоймы для перевозки бревен сруба.

4. Бухта Несунген. Обнаруженная на побережье бухты довольно богатая коллекция судовых деталей включает четыре фрагмента бортовых шпангоутов, четыре кокорных изделия типа книц и доски бортовой обшивки.

5. Бухта Витсонбукта. Среди найденных здесь предметов отметим брус транцевого набора, судовую доску с отверстиями под нагелями, карбасный шпангоут и деталь обоймы для перевозки бревен сруба.

6. Лагуна Витсенлагуна. Коллекция находок включает два фрагмента шпангоутов, фальшкиль, доску бортовой обшивки.

Большое количество судовых деталей залегает на острове Западный Шпицберген по всей протяженности его западного побережья и в прилегающих фиордах, а также в заливах северного побережья – иными словами, в районах, омываемых идущим с юга Западно-Шпицбергенским течением. Отметим три наиболее крупных скопления, обследованных экспедицией Института археологии РАН.

1. Залив Ис-фиорд, мыс Эрдамана. Находки залегали в виде компактной группы на площади 75 × 26 кв. м среди многочисленного плавника, частично перекрытого береговым валом. Среди находок имеются два почти полностью сохранившихся шпангоута, фрагменты судовой обшивки, тори карбасных весла и два фрагмента обойм для перевозки элементов сруба.

2. Залив Ис-фиорд, мыс Эрдмана. Скопление судового дерева было обнаружено экспедицией Конторы губернатора на Шпицбергене по регистрации исторических памятников. В 2004 году оно было осмотрено экспедицией Института археологии.

Судовые детали залегали у подножья морской террасы высотой 4 м, на поверхности которой располагается комплекс русских сооружений: большая двухчастная постройка, крест и погребение. В этот же комплекс, по всей вероятности, входили и остатки судна. Они представлены тремя видимыми на поверхности частями бортовой обшивки, которые в значительной части перекрыты береговыми отложениями. Вполне вероятно, что после расчистки перекрывающего балласта они предстанут в качестве единой структуры. Длина видимых на поверхности частей обшивки – 9,3 м, 8,8 м и 7,2 м.

3. Вуд-фиорд. Первые находки судового дерева в заливе Вуд-фиорд были сделаны участниками Полярной морской геологоразведочной экспедиции. В 1990 и 1991 годах эту работу совместно с геологами продолжила экспедиция Института археологии.

Остатки судов были зафиксированы в шести участках южного, западного и восточного побережий залива. Они залегают среди плавника, который в большом количестве приносится Западно-Шпицбергенским течением. Вследствие этого близкое залегание даже типологически сопоставимых фрагментов не может быть рассмотрено в качестве единого закрытого комплекса.

Всего в заливе Вуд-фиорд было обнаружено более двадцати судовых деталей. Многие из них представляют большой интерес для понимания устройства поморского грумантского коча и его реконструкции.

1. Киль, сохранившийся в длину на 4,8 м. Он представляет собой сложную в конструктивном отношении деталь, состоящую из двух частей: верхней – собственно килевой балки и нижней – фальшкиля. Они соединены между собой при помощи больших деревянных нагелей. Верхняя поверхность киля имеет следы крепления связанных с ним деталей – шпангоутов и донного пояса обшивки.

2. Два частично сохранившихся фальшкиля длиной 2,5 и 2,8 см.

3. Два шпангоута от коча и один от карбаса.

4. Форштевень. Сохранилась верхняя часть длиной 2,8 м. Форштевень имеет слабо изогнутую форму и состоит из трех продольных частей, сшитых вицей и дополнительно укрепленных деревянными нагелями.

5. Доски бортовой обшивки и палубного перекрытия.

6. Брус кормового транцевого набора.

7. Три судовых весла и багор.

Подводя итог краткому описанию источниковедческого фонда по истории освоения архипелага Шпицберген, отметим, что значительные полевые исследования были произведены по тематике «Западноевропейские китобои на Шпицбергене». Это, в частности, важно для сопоставления времени и ареала деятельности русских и западноевропейских промысловиков, без чего невозможно решить вопрос о периоде первоначального освоения архипелага.

Продолжительность китобойного промысла на Шпицбергене в XVII веке была не очень большой и составляла около шестидесяти лет. Китобойный промысел возник благодаря двум важным событиям – третьему плаванию Баренца в поисках прохода в Тихий океан (1596) и походу Г. Гудзона (1608). Благодаря плаванью Баренца Европа узнала о существовании земли в этом районе Арктики и пути ее достижения; поход Гудзона принес информацию о том, что у побережий этой земли обитает огромное количество китов.

Эти гигантские животные, вес которых достигал 150 т, а длина – 22 м, имели большую промысловую ценность. Один кит давал до 30 т жира и около 1,5 т уса. Потребность в этих продуктах была весьма велика. Китовый жир использовался для освещения, изготовления мыла и выделки кож. Из уса изготовлялись разнообразные поделки от экипажных рессор до корсетов и париков. Поэтому не удивительно, что передовые морские державы вскоре после плавания Гудзона приступили к добыче китов в прибрежных водах Шпицбергена.

В 1610 году английская Московская компания направила к Шпицбергену первое судно. Опыт оказался удачным, и в последующие годы англичане развернули активную деятельность в различных районах архипелага.

В 1612 году на Шпицберген пришло первое голландское судно, а уже через год в Голландии была предпринята попытка создать китобойную компанию, которая тогда же направила к архипелагу два судна [Hacquebord 1983: 15]. К 1628 году там вели промысел не менее 28 голландских судов.

В 1615 году к добыче китов на Шпицбергене приступила Дания, которая считала его своей территорией, и Германия (Гамбург). Собственный промысел имели и баски, которые пришли на архипелаг Шпицберген в составе английских экспедиций как единственные в Европе специалисты по добыче китов.

Такая концентрация добытчиков не могла не привести к межнациональным конфликтам, которые завершились разделом территории на сферы влияния. Базовым лагерем голландцев стал остров Амстердам, датчане обосновались на соседнем Датском острове [Albretchsen 1986], бискайцы – на северном побережье острова Западный Шпицберген, англичане вели промысел в более южных частях архипелага, и центром их деятельности стал район залива Бельсунн.

В 20-е годы XVII века роль Англии в китовом промысле на Шпицбергене заметно уменьшается, и крупнейшим добытчиком этих животных становится Голландия, чья деятельность там продолжается примерно до 1670 года.

Столь высокая, «взрывная» активность западноевропейских китобоев, устраивавших береговые базы с капитальными постройками и жиротопными печами, не могла не оставить заметного следа в культурно-историческом наследии на архипелаге Шпицберген.

В 1989 году датский исследователь С.Е. Альбретсен опубликовал несколько карт распространения этой специфической культуры. На них нанесены 22 жилые постройки и 23 места захоронений [Albrethsen 1989]. История систематического изучения этих памятников уходит в 1950-е годы, когда норвежская экспедиция под руководством Р.В. Фейлиг-Хансена обнаружила и нанесла на план несколько жиротопных печей на островах Амстердам и Датский, а также в Магдалена-фиорд [Feyling-Hanssen 1956]. В 1956 году эти работы были продолжены экспедицией Норвежского морского музея под руководством С. Молауга. Было описано тринадцать памятников в северо-западной части Шпицбергена и проведены раскопки английской базы в заливе Шейбукта [Molaug 1968].

Наиболее значительные работы по исследованию нидерландской китобойной базы на острове Амстердам были проведены голландской экспедицией под руководством Л. Хаквеборда в 1979–1981 годах. В 1984 году датско-норвежская экспедиция (руководитель С.Е. Альбретсен) произвела раскопки на Датском острове [Albrethsen 1986].

В последующие годы норвежскими, российскими и польскими археологами был выявлен ряд новых объектов китобойного периода и дано описание промысловых станций, известных по историческим источникам, – английских китобойных баз в бухте Мидтерхукхмна и у реки Робертэльва в заливе Решёрж, которые в 1990-е годы посетили участники польской [Krawczyk 1996] и польско-норвежской [Jasinski, Pękala 1994] экспедиций.

На расстоянии 1,3 км от китобойной базы Робертэльва на мысе Лагернесет польско-норвежско-российской экспедицией была обнаружена вспомогательная станция, где сохранились следы четырех палаточных жилищ [Jasinski, Starkov 1992].

На западном берегу залива Решёрж участниками польской и польско-норвежско-российской экспедиций были зафиксированы остатки китобойной станции – по всей вероятности, голландского происхождения [Jasinski, Starkov 1992; Krawczyk, Reder 1989; Jasinski et al. 1993].

Несколько остатков китобойных баз было обследовано польскими и норвежскими археологами в заливе Хорнсунн. Промысловым центром этого района, по-видимому, являлась китобойная база в бухте Гасхамна [Завьялов, Старков 1994]. Ее сопровождало довольно много вспомогательных станций на южном и северном берегах залива: в местностях Шённингхолмане, Хефенпюнтен, Ариебукта, Вильчекодден.

Следы деятельности китобоев XVII века были обнаружены в заливе Ис-фиорд при исследовании русских поселений: в заливе Трюгхамна [Albrethsen 1989], на мысе Фестнингсодден и на побережье Кокеринесет.

Судя по письменным и картографическим источникам, важным районом китобойного промысла являлся остров Эдж. Материальные остатки деятельности китобоев были обнаружены в нескольких пунктах мыса Квалпюнтен. Наиболее значительные из них находятся в заливе Хабенихтбукта, где позднее размещалось крупное русское становище [Keilhau 1831]. Визуальные исследования памятника были проведены экспедицией Института археологии РАН и польско-норвежской экспедицией.

Подводя итоги характеристике исторических и археологических источников, нужно отметить, что этот фактический материал позволяет в настоящее время компетентно осветить все основные проблемы, связанные с историей архипелага Шпицберген, и ответить на спорные вопросы, которые в течение многих десятилетий являются предметом международной дискуссии. Мы оцениваем кардинальные события в истории архипелага с учетом всего имеющегося материала.

Проблема первоначального появления человека на архипелаге Шпицберген

В литературе, посвященной истории Шпицбергена, высказывалась гипотеза, согласно которой первоначальное появление человека на этом архипелаге произошло еще в период каменного века. По мнению авторов гипотезы, это было эпизодическое явление, которое нельзя связывать с процессом освоения этого региона в историческую эпоху.

Гипотеза возникла в связи с тем, что в различных районах Шпицбергена были найдены каменные предметы, напоминающие орудия труда первобытного человека. Первые такие находки появились в 1899 году, когда куратор гетеборгского музея К.С. Ханссон нашел в Грён-фиорде камень, напоминающий скребок округлого типа. По мнению А.Г. Хогбома, этот предмет является русским ружейным кремнем [Christiansson, Simonsen 1970: 8]. Позже, по-видимому в 30-е годы XX столетия, в том же заливе Грён-фиорд был найден камень топоровидной формы. Эта находка была утрачена в годы Второй мировой войны. В этом же районе была найдена сланцевая пластинка неправильной формы с отверстием у одного из концов [Christiansson, Simonsen 1970]. Некоторые авторы склонны датировать ее периодом неолита. Однако изображение, приведенное в упомянутой статье, крайне схематично и не дает возможность точно идентифицировать предмет. Единственный возможный вывод – отсутствие каких-либо аналогий. Немаловажно отметить, что в результате сборов, проведенных в этом районе участниками Скандинавской экспедиции, были найдены близкие по форме предметы естественного происхождения.

Наибольшее количество предметов, которые связывали с периодом каменного века, было обнаружено в 50–60-е годы XX века. Одно за другим поступали сообщения об открытиях подобного рода в различных местах архипелага. В 1958 и 1960 годах участники Скандинавской экспедиции Х. Христианссон и П. Симонсен обнаружили десять «кремневых стоянок» на западном берегу залива Грён-фиорд и в районе реки Линнея [Christiansson, Simonsen 1970]. Немецкий археолог Х.В. Хансен открыл на берегу Темпель-фиорд два местонахождения кремневых сколов, а в 1968 году Х.-И. Лиерль обнаружил во время геологических работ в Сассен-фиорде еще одно подобное местонахождение на высокой террасе горы Ботнехейя [Lierl 1969] Наконец, в 1966 году российский геолог М.Н. Соловьева (Геологический институт РАН) обнаружила в заливе Конгс-фиорд серию кремневых предметов и плиту с неясными изображениями в виде волнистых линий [Соловьева 1976].

Местонахождения, открытые Х. Христианссоном и П. Симонсеном, приурочены к разным уровням береговых террас. Пять из них связаны с террасой высотой 25 м, две – с более низкими отметками (10–17 м), а остальные три залегали на высоте 35 м над уровнем моря. Последние места находок привязаны к озерам Линневатнет и Конгрессватнет.

Все немногочисленные находки получены путем сборов на поверхности площадок террас. Культурный слой повсюду отсутствует. Находки представлены кусками кремня с оббитыми краями; на некоторых имеются продольные сколы, напоминающие резцовые.

В заливе Темпель-фиорд Х.В. Хансен произвел сборы каменных предметов у подножья горы Темпель. Все находки являются сколами низкосортного кремня, среди которых автор выделяет «дисковидные скребки», отщепы с ретушью, неретушированные отщепы, нуклеус, два топора, нуклеус-сверло.

Местонахождение Ботнехейя также дало незначительное количество материала. Находки были взяты с поверхности 250-метровой террасы, преимущественно в ее восточном углу, на самом краю обрыва. Все они представляют собой плоские отщепы кремня различных оттенков серого цвета – от светлых до почти черных – и несут на себе следы грубой, неправильной ретуши.

Местонахождение, обнаруженное М.Н. Соловьевой, находится на 78°55' с. ш. и расположено севернее всех остальных. Оно также приурочено к высокой террасе на склоне горы Шетелиг. На одной из площадок террасы размером 15 × 12 м были прослежены заторфованные углубления, которые автором публикации были приняты за остатки жилищ. Здесь же были собраны «слабо обработанные кремни». Ниже уровня террасы, в цоколе слагающих пород в прослойке известковистого песчаника серого цвета, была найдена плита размером 22 × 30 см. На ее поверхности хорошо читаются волнообразные углубления, атрибутированные М.Н. Соловьевой как петроглиф с изображением кита [Соловьева 1976].

Таковы основные сведения, связанные с предполагаемыми памятниками первобытной эпохи на Шпицбергене. Несмотря на явную недостаточность материала, его очевидную спорность и повсеместное отсутствие культурного слоя, авторы находок высказали далеко идущие выводы: была выделена особая – Ню-Олесунская культура [Соловьева 1976] и определен ее возраст. М.Н. Соловьева отнесла обнаруженную ею «стоянку» к эпохе арктического палеолита, полагая, что остальные памятники связаны с более поздним неолитическим временем. Х. Христианссон и П. Симонсен относят свои находки ко времени неолита и бронзового века, а Х.В. Хансен свои находки в Темпель-фиорде – IV тысячелетием до н. э. Были намечены пути проникновения древнего человека на архипелаг Шпицберген. Христианссон и Симонсен полагают, что расположение находок на различных уровнях отражает процесс неоднократного проникновения сюда человека первобытной эпохи, подобно тому, как это происходило в Гренландии. По их мнению, источником расселения была северо-восточная часть Европы, откуда человек вслед за стадами северного оленя прошел по льду Шпицберген через Новую Землю и Землю Франца-Иосифа. Подобная точка зрения относительно перемещения первобытного человека на северные островные территории высказывалась и в российской археологической литературе [Гурина, Хлобыстин 1975].

М.Н. Соловьева видит пути проникновения человека на удаленный арктический архипелаг иначе. Вслед за Ф. Нансеном она считает, что в антропогеновый период Шпицберген был соединен сушей с Северной Европой и расселение первобытного человека в северном направлении явилось естественным процессом расширения зоны его обитания.

В 1970–1980-е годы поток сообщений о находках памятников периода каменного века на Шпицбергене прекратился, хотя именно в это время здесь развернулись широкие археологические исследования и целый ряд специалистов занимался целенаправленным поиском материала первобытной эпохи. Это относится и к экспедиции Института археологии РАН.

Нами были осмотрены террасы на значительном пространстве западного и южного берегов на островах Западный Шпицберген, Эдж и Сёркапп. Особенно тщательно были осмотрены места старых сборов в местности Руссекейла, заливах Грён-фиорд и Сассен-фиорд (гора Ботнехейя), а также в окрестностях поселка Ню-Олесунн (гора Шётелиг).

В районе Руссекейла были осмотрены как прибрежные морские террасы, так и террасы по берегам реки Линнея и озера Линнея. Поверхностный слой последних сильно переотложен, и ни о каких находках, залегающих in situ, не может быть и речи. На прибрежных морских террасах были найдены только куски кремня со сколами естественного происхождения.

Осмотр поверхности 250-метровой террасы на склоне горы Ботнехейя показал, что ее поверхность относительно спокойная, сильных следов смещения поверхностных следов не прослеживается. Здесь было собрано 43 кремневых предмета, морфологически напоминающих различные изделия периода каменного века, – нуклеусы, скребки, резцы, пластинчатые отщепы с ретушью. Находки были сконцентрированы в основном в восточной части террасы, где был заложен разведочный раскоп площадью 16 кв. м. Раскопки показали полное отсутствие признаков культурного слоя. Они были проведены до глубины 40 см в теле размокшего в верхней части мергелистого шифера.

Трасологический анализ кремневых предметов показал отсутствие на их поверхности следов употребления в работе и признаков их искусственного происхождения. Все сколы имеют естественное происхождение и связаны с воздействием на камень различных видов эрозии.

Не подтвердился и вывод об искусственном происхождении изображений на плите с горы Шётелиг. Во-первых, неверно толковать переплетение волнистых линий как изображение кита: линии простираются за пределы фигуры и ведут за границы сохранившейся части камня. Во-вторых, нельзя согласиться с мнением автора находки, что изображение было выбито на плите кремневым орудием. Анализ предмета показал, что следы выбивки или процарапывания полностью отсутствуют, а волнистые линии, покрывающие его поверхность, являются, по всей вероятности, отпечатками червей карбонового периода. Эту точку зрения подтверждает и характер углублений – они овальной формы и около 5 мм глубиной.

Подводя итоги, можно констатировать, что строго документированных доказательств появления человека на Шпицбергене в первобытную эпоху, на сегодняшний момент не существует. Нужно отметить, что пересмотр материалов, хранящихся в зарубежных музеях, приводит исследователей других стран к аналогичным выводам. Норвежский историк и археолог П.-К. Роймерт, много лет проработавший на Шпицбергене в качестве инспектора по охране памятников истории, пишет по этому поводу: «Источник ошибок в отношении тех находок, которые мы имеем на сегодняшний день, заключается в том, что кремневые “каменные орудия” не являются предметами труда. Это или обычные камни, которые получили свою форму под влиянием естественной эрозии и разрушающему воздействию замерзающей воды, или остатки изготовления ружейных кремней и кремней для высекания огня в XVIII и XIX веках» [Reymert 1979].

Открытие Шпицбергена в исторический период. Проблема норвежского Свальбарда

Литература, посвященная проблеме открытия архипелага Шпицберген, весьма обширна и своими истоками уходит еще в XIX столетие. Это

было время, когда внимание норвежских исследователей привлек такой источник, как исландские саги, где упоминается неведомая земля Свальбард. В 1888 году идею отождествления Свальбарда со Шпицбергеном выдвинул Г. Сторм, затем к нему присоединились другие исследователи, в том числе Ф. Нансен [Хенниг 1961].

Несколько позднее в российской литературе, посвященной истории Арктики, появляются попытки приурочить открытие Шпицбергена к походам русских поморов на «Грумант», «Грунланд», «Энгронеланд» [Филиппов 1901; Шидловский 1912].

Наконец, никем не оспаривается факт похода экспедиции В. Баренца к околополюсному пространству и далее к берегам Тихого океана. 17 июня 1596 года голландские моряки увидели берега неведомой им земли, которую приняли за восточную часть Гренландии. 26 июня Баренц записал в своем дневнике: «Земля, возле которой мы шли, была холмистой, возвышенной, но это были не горы, хотя холмы имели вид острых шпилей, поэтому и землю назвали Шпицберген» [Gerritsz 1872].

Таковы три точки зрения относительно открытия архипелага Шпицберген. Первые две являются предметом широкой дискуссии, не прекращающейся до настоящего времени. С середины XX века к поиску дополнительных источников привлекались археологические экспедиции, которые дали новые, принципиально важные материалы и одновременно привели к интенсификации дискуссионного процесса.

Неизменной остается лишь позиция в отношении плавания Баренца. Это достоверный исторический факт, который подтверждается новыми научными данными. В частности, в 1993 и 1995 годах в бухте Ледяная гавань на севере Новой Земли российско-нидерландской экспедицией были завершены раскопки места зимовки голландской экспедиции 1566–1597 годов, где среди многочисленных предметов материальной культуры имеется свинцовая пластинка с автографом Баренца.

Дискуссионным остается вопрос о достижении берегов Шпицбергена русскими поморами в доваренцеву эпоху.

Что касается викингов, то плавание Баренца никак не связано с их походами: если они действительно достигли архипелага Шпицберген, то это произошло за 400 лет до данного события. Другой вопрос, соотносятся ли между собой два географических пункта – Свальбард и Шпицберген.

Этот вопрос уже рассмотрен подробно нами в монографии «Очерки истории освоения Арктики. Т. I. Шпицберген» [Старков 1998]. Кратко остановимся на приведенных там аргументах.

Единственным основанием для гипотезы о походах древних скандинавов к берегам Шпицбергена в конце XII века послужили исландские саги XII–XIV веков. Хотя всего таких летописей, по мнению А. Хейнтца, было семь [Heintz 1966], исследователи оперируют четырьмя текстами: «Ханксбок» (1194 год), «Ладнамабок» («Книга о приобретении земель»), «Сага о Самсоне Прекрасном» (около 1350 года) и безымянный отрывок, опубликованный Г. Стормом в «Памятниках истории Норвегии» (около 1200 года).

В «Ханксбоке» запись чрезвычайно лаконична: «Найден Свальбард». В отличие от этого источника, в «Саге о Самсоне Прекрасном» упоминание о Свальбарде сопровождается небольшим пояснением: «Россия расположена к северу от Балтийского моря, а северо-восточнее России находится страна, именуемая Йотунхеймар. Там живут тролли и горные духи; по направлении от этой страны к Гренландии простирается страна под названием Свальбард. Там живут различные племена» [Хенниг 1961].

Особенно важные сведения, прежде всего о расположении Свальбарда, содержатся в «Книге о приобретении земель». В работе Р. Хеннига «Неведомые земли», откуда взяты переводы древних источников о Свальбарде, этот отрывок приведен в сокращенном виде. Полностью он читается следующим образом: «От Ланганнеса в северной части Исландии четыре дня морского пути до Свальбарда, расположенного на север от Хавбота. Эти хавботнийцы находятся к востоку от гренландского Грийпара и это никоим образом не исландцы. Но день плыть к гренландскому Обюгду от острова Колбейнси на север».

В «Памятниках истории Норвегии» название «Свальбард» отсутствует, но описание географической ситуации содержит важные сведения относительно местонахождения Свальбарда: «Когда несколько мореходов, намерившихся совершить

обратное плавание из Исландии в Норвегию, были противным ветром отнесены к северу, их прибило в конце концов к какой-то суше между Гренландией и Биармией, где они, по их словам, встретили необычайно высоких людей и обнаружили страну девственниц, будто бы беременеющих от питья воды. Гренландия отделена от них покрытыми льдом шхерами».

В последние годы в научный оборот был введен еще один вид источников, позволивших идентифицировать многие географические объекты, упомянутые в сагах, и ответить на вопрос о местонахождении легендарного Свальбарда. Таким источником явились географические карты древней Гренландии. Основная их часть содержится в работе Т. Торфеуса «Grenlandia antiqva...», изданной в Копенгагене в 1706 году (хранится в Фонде Норденшёльда в библиотеке Хельсинкского университета) [Старков 1998].

Говоря об источниках своей работы о древней Гренландии, Торфеус сообщает, что она написана на основе «старинных сведений», собранных автором преимущественно в Исландии. Особый интерес представляют карты, приведенные в этой книге: «Карта северных земель» С. Стефания (1570), «Карта Гренландии» Й. Гудмунсссона (ок. 1600), «Карта Гренландии» Т. Торлация (1668), «Древняя Гренландия» Х. Еггеде (1742) и «Древняя Гренландия» самого Торфеуса (1706). На четырех из них (за исключением карты С. Стефания) обозначено побережье Свальбард. Карты сопровождаются обширными комментариями и вместе с текстом книги являются чрезвычайно ценным источником по интересующей нас проблеме.

Строго говоря, собственно картами Гренландии являются лишь два наиболее поздних чертежа XVIII века – карты Т. Торфеуса и Х. Егеде. На остальных картах содержится изображение «мира викингов» в виде замкнутого морского пространства, окруженного территориями, связанными с жизнью и деятельностью этих древних мореплавателей, – Скандинавией, Биармией, Англией, приатлантическими районами Западной Европы, Северной Америкой, Гренландией. При этом Гренландия, замыкая морское пространство с севера, круто изгибается в восточном направлении. Особенно это заметно на наиболее ранних картах – С. Стефания и Й. Гудмунссона. На карте Т. Торлация этот изгиб становится более плавным, а на карте Егеде вообще отсутствует. Именно к этой относительно удаленной от мест обитания викингов части Гренландии относится название «Свальбард».

Как известно, в XII веке (к которому относится наиболее раннее упоминание о Свальбарде) норманны занимали два района южной Гренландии – Остербюгд и Вестербюгд (западная и южная области). В целом зона их постоянного обитания в Гренландии не распространялась севернее 65° с. ш. [Хенниг 1961]. Об этом же ранее писал Х. Егеде, крупнейший авторитет в области истории и природы Гренландии XVIII века, в течение многих лет возглавлявший там миссионерскую деятельность и опубликовавший капитальные труды, посвященные этому острову. Он справедливо писал о том, что районы острова южнее 65° с. ш. наиболее благоприятны в природном отношении [Egede 1763].

На древних картах Гренландии области Вестербюгд и Остербюгд также простираются до этой широты. Там они отделены от необитаемой зоны глубоко вдающимся в берег заливом, который на карте Егеде условно превращен в пролив, как бы разделяющий Гренландию на две части – обитаемую и необитаемую. По всей вероятности, это современный залив Пикиутделип-Икера. К северу от него, как следует из исландских саг, лежит земля, населенная духами, гигантами и вообще «никоим образом не исландцами».

Именно здесь, согласно сагам и картам, находились области Грейпар, Хавбот, Обюгд и Свальбард, причем в «Книге о приобретении земель» сказано, что наиболее северной из них является местность Свальбард. Южнее ее находился Хавбот. Что касается Грейпара, то это название на карте Егеде относится к территории в глубине острова, а кромка берега к востоку от нее обозначена как Хавбот, что вполне соответствует описанию, данному Торфеусом: «Хавбот – это нижний рубеж океана, наполненного глыбами льда, которые часто двигаются, постоянно создавая опасность исландцам» [Torfaeus 1706]. Таким образом, Хавбот представляется морским побережьем провинции Грейпар.

Непосредственно к северу от Хавбота располагается Свальбард, который является морским

берегом провинции Обюгд: «Обюгд – это та часть Гренландии, которая в древности называлась Гренландский Обюгдер. Это та часть Гренландии, где по причине снега и льда невозможно жить, а побережье моряки называют Свальбардом (что значит «холодный берег»). Там же вблизи страшные льды, которых столь много плавает рядом» [Torfaeus 1706] (*рис. 1*).

Еще более сложная ледовая обстановка наблюдалась непосредственно к северу от Свальбарда, то есть выше примерно 70° с. ш. В комментариях к своей карте Торфеус называет причины, по которым на нее не нанесены более северные районы Гренландии: только досюда доходили пути древних мореплавателей, здесь проходил рубеж их деятельности. Севернее Свальбарда ледовая обстановка была такова, что «никто не может дальше подвергать свою жизнь опасности, а пытается сохранить ее» [Torfaeus 1706]. Аналогичным образом изобразил ситуацию Егеде, который писал об огромном количестве льда, приносимого с севера морским течением и делающего невозможным судоходство на север из Восточной провинции [Egede 1763]. Представляется, что положение Свальбарда как самой северной точки походов викингов послужило причиной популярности этого района в описаниях и картографии Гренландии.

Важным источником по определению местонахождения Свальбарда является «Книга о приобретении земель», в которой приводится маршрут плавания к этому географическому пункту. В качестве исходного пункта указан мыс Ланганес на северном побережье Исландии. О Ланганесе пишет и Торфеус: «От Ланганеса, мыса на севере Исландии (северо-восток), наибольшая протяженность – два дня и две ночи – до Свальбарда» [Torfaeus 1706]. Ланганес – это современный мыс Фонтюр, крайний северо-восточный мыс Исландии.

Итак, Ланганес – исходная точка путешествия, а Свальбард – конечная: «От Ланганеса в северной части Исландии четыре дня морского пути до Свальбарда». Но в тексте упомянут и промежуточный ориентир – остров Колбейнси («День плыть

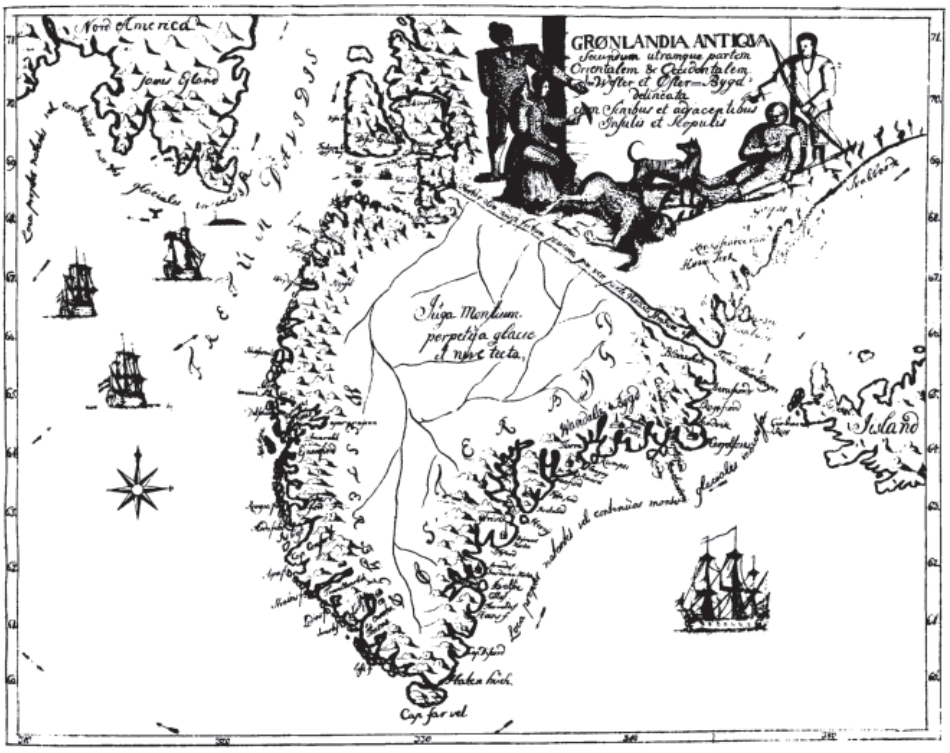


Рис. 1. Свальбард на карте Древней Гренландии Х. Егеде, 1742
(библиотека Хельсинкского университета, фонд Норденшёльда)

к Гренландскому Обюгду от острова Колбейнси на север»). Указанные в «Книге о приобретении земель» соотношения расстояний (три дня до острова Колбейнси и один – до Свальбарда), конечно, не соответствуют реальности, поскольку на самом деле второй отрезок пути длиннее первого, однако сам указанный маршрут выглядит единственно правильным.

Содержащееся в исландских источниках многократное упоминание о Свальбарде с подробным описанием похода к нему может быть свидетельством того, что маршрут Ланганес–Колбейнси–Свальбард имел немаловажное значение в мореходной практике викингов.

Но это не были походы к архипелагу Шпицберген.

Во-первых, все приведенные выше источники указывают на то, что местоположение Свальбарда связано с восточным побережьем Гренландии.

Во-вторых, отождествлению Свальбарда со Шпицбергеном противоречит указание на остров Колбейнси как на промежуточный пункт движения к Свальбарду. Этот остров, сохранивший свое название до наших дней, лежит почти на прямой линии между исландским мысом Ланганес и побережьем Свальбард на восточном берегу Гренландии. Если бы указанный маршрут был ориентирован в сторону архипелага Шпицберген, то при движении к нему потребовались бы иные ориентиры, чем остров Колбейнси.

В-третьих, расстояние между Исландией и Свальбардом, указанное в «Книге о приобретении земель» (четыре дня пути), не столь уж велико. В этой связи представляет интерес комментарий к карте Й. Гудмунсена в книге Торфеуса, где говорится об островах Айсёя и Айсланд, расположенных к северо-востоку от Исландии. Расстояние между ними и мысом Ланганес составляет 24 мили. Такую же цифру приводит Торфеус и в отношении расстояния между островом Колбейнси и Свальбардом. Все это сопоставимо с той ситуацией, которая изображена на карте Гудмунсена. Разумеется, это расстояние не соответствует действительности, но для нас важно другое: по словам «людей прежних поколений», путь от Исландии до гренландского Свальбарда был не очень протяженным. Это явно не далекий Шпицберген.

В-четвертых, названия «Свальбард» и «Шпицберген» имеются на одном листе, где они представляют различные географические объекты. Имеется в виду карта Гренландии неизвестного автора (около 1600 года), которая помещена в книге Е. Ернгаарда «Гренландия в тысячу лет» [Erngaard 1979]. На ней изображена огромная по размерам Гренландия и небольшой, произвольно нарисованный Шпицберген. Эти территории находятся близко друг от друга, но не соединяются. На северной оконечности восточного берега Гренландии нанесена надпись «Свальбард».

Расшифровка Свальбарда как одного из участков восточного побережья Гренландии, ориентированного в северо-восточном направлении (за исключением двух наиболее ранних карт, где он имеет восточную ориентацию), позволяет определить его место на современных картах острова. Обратимся еще раз к карте Гудмунссона. Изображенный на ней Свальбард завершается в восточной части приостренным мысом, за которым побережье резко поворачивает в северо-западном направлении, уходя вглубь островной территории. Географические координаты этого побережья – 70° с. ш.

Вся эта ситуация может быть сопоставлена только с одним районом Гренландии: заливом Скорсби – наиболее крупным на восточном побережье этого острова. С южной стороны к нему примыкает берег Блосвила (Свальбард), который завершается мысом Брустер и от которого в западном направлении простирается южное побережье залива Скорсби. Последний был столь широк и зачастую так плотно забит льдом, что казался древним мореходам непроходимым морем, уходящим далеко на север. Здесь был предел их пути.

Походы русских к архипелагу Шпицберген в XVI веке

Постановка вопроса о появлении русских на архипелаге Шпицберген в добаренцев период требует обоснованной аргументации и в то же время не может не породить острой дискуссии, тем более что этот вопрос напрямую связан с проблемой первоначального открытия архипелага Шпицберген.

Наша точка зрения на проблему раннего появления русских на берегах архипелага основана на исследовании целой группы древних поселений, самые древние из которых датируются серединой XVI века [Старков и др. 1983; Starkov 1986; Starkov 1988; Старков 1990; Starkov 1993; Старков 1998; Starkov 2005]. О методике определении возраста памятников будет сказано ниже, а пока отметим, что она базируется на применении комплексного метода датирования, который включает в себя дендрохронологию (получение абсолютных дат), палеографический анализ надписей, использование прямого датирования (тексты с датами), письменные источники, стратиграфию и геоморфологические признаки расположения памятников (относительная хронология).

Между тем в зарубежной литературе прочно укрепилась мысль, что русские промысловики появились у берегов Шпицбергена не раньше конца XVII века, а скорее всего – в начале XVIII столетия. При этом отвергаются все упомянутые выше методы археологического датирования, а исторические источники, рассказывающие о русских походах к Шпицбергену, игнорируются без достаточных на то оснований.

Еще в 1942 году А. Хуль писал, что «люди из северной России» начали охотиться на Шпицбергене около 1720 года и закончили там свою деятельность в первой половине XIX века.

Программную статью, в которой были развернуты все основные аргументы, отвергающие идею о возможности раннего появления русских на Шпицбергене (кроме археологических датировок, поскольку первые сведения о поселениях XVI века появились спустя 13 лет после выхода в свет этой работы) опубликовал в 1966 году А. Хейнц [Heintz 1966]. По его мнению, гипотеза о появлении поморов на Шпицбергене до Баренца носит спекулятивный характер. При этом он приводит следующие доводы. 1. Поморы вообще не были заинтересованы в шпицбергенских промыслах, поскольку имели хорошие угодья в непосредственной близости от мест постоянного проживания. 2. В начале XVII века пути поморов были в основном ориентированы на восток, на освоение островов Вайгач и Новая Земля, а также сибирских земель, и лишь после запрещения Мангазейского морского хода положение изменилось. 3. Их морские пути лежали вдоль побережий, и они не решились бы двигаться в северо-западном направлении, не видя берегов. 4. Утверждение о наличии у жителей Русского Севера хорошего флота и достаточного навигационного опыта бездоказательно. 5. На протяжении всего XVII века, когда на Шпицбергене развернулся китобойный промысел, русские не участвовали в разделе его территорий, и о них вообще нет упоминания в западноевропейских документах. 6. Письменные источники, свидетельствующие о деятельности поморов на Шпицбергене в XVII веке, отсутствуют.

Эти тезисы надолго, вплоть до настоящего времени, стали концептуальной основой мнения о том, что русские промышленники появились на Шпицбергене не ранее конца XVII века.

В 1978 году О. Ризангер опубликовал книгу «Russerne på Svalbard», в которой развил мысль о том, что в системе русской колонизационной политики приоритетным было восточное направление, а значит русские могли появиться на Шпицбергене лишь через сто лет после запрещения морского пути в Сибирь, то есть примерно в 1715–1720 годы. По его мнению, столь позднему началу русской деятельности на Шпицбергене не противоречит факт широкого распространения многочисленных поселений на островах архипелага. Со ссылкой на Х. Ингстада он пишет: «Руины не дают точной картины объема деятельности. Подобное происходило потому, что какие-то партии зверобоев зимовали на огромных территориях, поскольку масса дичи редела или она становилась столь пугливой, что уходила от охотников... Часто они не могли зимовать в своих жилищах более двух зим подряд» [Risanger 1978].

Столь же поздним временем датирует появление русских промысловиков на Шпицбергене П.К. Роймерт, который в течение нескольких лет занимался регистрацией культурно-исторических памятников на Шпицбергене. По его мнению, русские промыслы не имеют там продолжительной истории: она охватывает всего одно столетие, начиная с 1720 года [Reymert 1978].

В 1988 году в журнале «Fennoscandia archaeologica» была опубликована статья С.Е. Альбретсена и Т.Б. Арлова «Открытие Свальбарда – новый взгляд на проблему» [Albrethsen, Arlov 1988], ко-

торая явилась откликом на статью В.Ф. Старкова «Русское арктическое мореплавание и проблема открытия Шпицбергена», опубликованную ранее в одном из выпусков того же финского издания [Starkov 1986]. Дискуссия, которая развернулась на страницах «Fennoscandia archaeologica» (одновременно со статьей Альбретсена и Арлова был опубликован ответ на нее, а также комментарий Н.Б. Черных) имела принципиальный характер и открыла качественно новый этап в обсуждении вопроса о датировке появления русских на Шпицбергене. Из перечисленных выше доводов на первый план были выдвинуты два: отсутствие сведений о поморах в западноевропейских источниках конца XVI–XVII веков и недостоверность датировки шпицбергенских построек методом дендрохронологии.

В последующие годы эта идея была подхвачена целым рядом зарубежных авторов. Большое место вопросу о времени появления русских на Шпицбергене отвел в своей двухтомной монографии «Pomors in Grumant» норвежский археолог М. Ясинский [Jasinski 1993], а также Т. Хультгреен, которая сделала попытку исправить («омолодить») возраст двух построек XVI века с помощью метода радиоуглеродного датирования [Hultgreen 2000]. Несколько работ (в том числе монографию), специально посвященных этому вопросу, опубликовал польский археолог Я. Хохоровский, который с 1982 по 1988 год проводил исследования русских памятников на Шпицбергене, в основном в районе залива Хорнсунн [Chochorowski 1992; Chochorowski 1999].

Возвращаясь к выводу о том, что наиболее актуальными на сегодняшний день являются два дискуссионных направления: отсутствие в зарубежных источниках XVI–XVII веков сведений о поморах на Шпицбергене и достоверность дендрохронологии, нельзя сбрасывать со счета и важность российских источников о плаваниях поморов к Шпицбергену в этот период.

Что касается вопросов, выдвинутых А. Хейнцем, относительно того, могли ли поморы достигать берегов архипелага в тот период, то вряд ли на этой теме нужно останавливаться подробно: сомнения исследователя связаны с незнанием фактического материала. В последние годы в России издано большое количество литературы, в которой приводятся исчерпывающие сведения об основных направлениях поморских плаваний: вдоль Кольского полуострова и Скандинавии, в сибирские земли, к Новой Земле и архипелагу Шпицберген [Старков 2001; Дубровин и др. 2001; Старков и др. 2002]. Уже в XVI веке все эти походы осуществлялись параллельно.

Археологические исследования в сибирском городе Мангазея (XVI–XVII века), на острове Вайгач и на архипелаге Шпицберген, где были обнаружены многочисленные остатки судов и их изображения, не оставляют сомнений в том, что поморы в этот период времени обладали добротным набором судов (большие и малые кочи). Они позволяли успешно преодолевать как околобереговые трассы, так и протяженные открытые участки моря.

В этой связи нельзя согласиться с утверждением А. Хейнца о том, что северорусские мореходы были не в состоянии совершать походы в условиях открытого плавания. Напротив, это была обычная практика поморов. Судя по источникам XVI–XVII веков, именно таким образом они достигали Новой Земли. В «расспросных речах» поморских кормщиков за 1616 год этот маршрут расписан с максимальной подробностью: «Ходят де они на Новую Землю из Кулуского устья <река Кулой. – *В.С.*> на Канин Нос, на глубник <северо-западный курс. – *В.С.*>, и с Канина Носа к Новой Земле ход между севером и полунощником <северо-восточный курс. – *В.С.*>... А по Новой Земли ходят до Максимкова» [Отписки тобольских 1875: 1063–1064]. Интересно упоминание о «Максимковом» острове как конечном пункте Новоземельского хода поморов. Это современные Крестовые острова, расположенные примерно на 76° с. ш. Их название связано с расположенными на них большими приметными крестами, которые видели участники второй экспедиции Баренца 1594 года [Фер 1936]. Аналогичные материалы имеются и в отношении шпицбергенских плаваний XVI века.

Исторические источники, содержащие сведения о походах поморов к удаленным арктическим островам, которые могут быть связаны с архипелагом Шпицберген, довольно многочисленны. Однако их интерпретация связана с определенными трудностями, поскольку описания этих земель

и их географические привязки отсутствуют. Это естественно – речь идет о XVI веке. Тем не менее такие источники содержат достаточно достоверную информацию и могут быть использованы для решения выдвинутой проблемы. Подробно этот вопрос рассмотрен в одной из работ автора настоящего раздела [Старков 1998].

Самым ранним документом из этой серии является письмо нюрнбергского профессора медицины Иеронима Мюнцера португальскому королю Хуану II от 14 июня 1493 года, где он пишет об открытии русскими большого острова Груланда, который является владением московского великого князя. Этот документ многократно публиковался в печати и долгие годы являлся для русских исследователей одним из главных аргументов в пользу российского приоритета в открытии Шпицбергена [Фрумкин 1957]. При этом, правда, говорилось об отсутствии других данных, в том числе археологических, подтверждающих эту гипотезу (в отношении XV века). Нет их и в настоящее время, но, тем не менее, важность этого источника неоспорима.

Четыре документа, хранящиеся в датских архивах, связаны с миссией адмирала С. Норби в Россию в 1525 году для поиска проводников к полярным островам, под которыми понималась потерянная датчанами Гренландия. В своих донесениях Норби сообщал, что он беседовал со многими людьми из «тех мест» и знает «об этом деле досконально»: земли Грум и Ланд зависимы от московского великого князя [Белов 1978].

Примерно такая же информация содержится в письме начальника Бергенской крепости К. Фолькенсдорфа датскому королю Кристиану III. Ссылаясь на английского купца Э. Робертуса, который постоянно бывает в северных районах России, он рассказывает, что последний «ел и пил с людьми, которые родились в Гренландии и которые каждый год совершают поездки на Русь и обратно. Эти люди привозят великому князю дань по льду» [Белов 1978].

Важные сведения о «русской Гренландии» содержатся в книге С. Герберштейна «Записки о Московии» и особенно в дополнениях к ней, изданных в Вене в 1557 году. В трех из пяти рассказах об этой стране, которую он называет «Энгроненланд», Герберштейн определяет ее географическое положение: к северу от Скандинавии. «Эта река <Северная Двина. – *В.С.*>, пройдя сто миль, впадает в Северный океан, где он омывает Швецию и Норвегию, отделяя ее от неведомой земли Энгроненланд. Я лишь слышал об одном, который побывал в этой стране, но видеть никого не видел». Об этом же говорится и во втором рассказе об Энгроненланде: «Норвегия... на большом протяжении прилегает к Швеции и омывается морем... И к этой стране, и к Швеции относится еще множество местностей, например дикие лопари, что напротив Энгроненланда». Третье упоминание об этой территории особенно информативно: «Против шведских и норвежских земель лежит страна Энгроненланд. Я слышал, что людям наших (стран) сноситься и торговать с ней мешают как высокие горы, которые вздымаются, покрытые вечными снегами, так и плавающий в море лед, затрудняющий плавание и делающий его опасным, а также бурные ветры» [Герберштейн 1988]. Упоминание о горах, покрытых вечными снегами, и море, изобилующим льдом, придают этому рассказу особую достоверность и связывают Энгроненланд с высокоширотными островами, расположенными к северу от Скандинавского полуострова.

Говоря об интересе датских властей XVI века к русским походам на неведомые в Западной Европе арктические острова, под которыми, как они полагали, скрывалась Гренландия, нельзя не остановиться еще на одном документе – распоряжении короля Фредерика II приказчику в Норвегии Л. Мунку, датированном 11 марта 1576 года. В нем, в частности, говорится: «Известно нам стало, что прошлым летом несколько тронтгеймских купцов вступили в Вардё в сношение с одним русским кормщиком Павлом Нишецом <...>, ежегодно около Варфоломеева дня плавающим в Гренландию, который уведомил их, что, если за его труды ему дадут некоторое вознаграждение, он, пожалуй, сообщит им данные об этой земле и проведет туда их суда» [Зубов 1953]. Последний источник настолько достоверен, что опровергнуть его практически невозможно. Не случайно А. Хейнц, приведя его в своей статье, прокомментировал его содержание таким образом: но куда плавал русский кормщик Павел Нишец? Может быть, под Грумантом подразумевалась Новая Земля, «которая, по тогдашним

представлениям, каким-то образом соединяла Гренландию и Россию»? [Heintz 1966].

Это предположение не выдерживает критики. Во-первых, в XVI веке русские рассматривали Шпицберген и Новую Землю как две различные территории. В 1585 году на Новой Земле по подозрению в «лазучестве» был задержан датский подданный Йорген Герс. В ответ на просьбу короля Фредерика II отпустить задержанного, который отправился на поиски Гренландии и оказался у Новой Земли, в Данию была отправлена грамота, в которой говорилось, что «Герс с товарищами поехали кораблем к нашего царского величества Зеленой Земле <Гренландия–Грумант. – *В.С.*> и тое земли не нашли, и к Новой Земле приехали» [Курукин 1990]. Отсюда следует, что российская администрация рассматривала эти земли как различные территории и относила их к российским владениям.

Во-вторых, как уже говорилось, русские походы к Новой Земле совершались по хорошо разработанному Новоземельскому ходу, и их участникам было совершенно излишне идти далеко на запад, к городу Вардё.

Что касается пути к архипелагу Шпицберген («Ход груманланский»), то он совершался по следующему маршруту: Белое море – северный берег Кольского полуострова – Варангер-фиорд – остров Медвежий – Шпицберген. Об этом свидельствуют некоторые исторические источники. В частности, из расспросов поморских кормщиков, предпринятых в 1764 году в связи с подготовкой экспедиции В.Я. Чичагова, следует, что они ходят на Шпицберген от материкового берега мимо Медвежьего острова [Перевалов 1949]. В книге Ле Руа «Приключения четырех российских матросов к острову Шпицберген бурею принесенных», также говорится о том, что потерпевшее крушение судно было отнесено к острову Эдж во время следования западной трассой от северного берега Скандинавского полуострова [Ле Руа 1975].

Использование этого маршрута определялось всей практикой поморских плаваний. Его первый этап совпадал с хорошо известным еще с XV века и относительно легко преодолимым так называемым «Ходом в немецкий конец» (вдоль северных берегов Кольского полуострова и Скандинавии), а далее он сопровождался попутным Западно-Шпицбергенским течением.

Как видно из приведенных материалов, исторические источники совершенно определенно свидетельствуют о том, что в конце XV–XVI веке в России было хорошо известно о существовании островной территории, расположенной к северу от Скандинавского полуострова. И это мог быть только Шпицберген. Ссылка на топонимы «Энгронеланд», «Груланда», «Грум» и «Ланда», возможно восходящие к названию «Гренландия», не опровергает этого факта. Баренц, побывавший на Шпицбергене в 1596 году, также считал его частью Гренландии, но из-за этого он не перестает быть открывателем архипелага Шпицберген. С другой стороны, существует вполне обоснованная версия, что указанные топонимы восходят к названию арктического острова Энгронеланд, Грутландия, или Грут Ланд, который на картах XVI века помещали к северу от европейского континента, отдельно от Гренландии [Старков 1998]. Не исключено, что русское название Шпицбергена восходит к наименованию не Гренландии, а этого таинственного острова. В северорусском лексиконе XVIII века существовал целый набор синонимических терминов, обозначающих Шпицберген, – Грундан, Грунт, Грунландская земля, Грунт Ландия, Грунтланд, Грумант [Фрумкин 1957].

В общем контексте использования исторических источников для изучения истории Шпицбергена стоит вопрос и о привлечении западноевропейских материалов, связанных с деятельностью китобоев на архипелаге в XVII веке. Корпус этих источников чрезвычайно обширен и включает не только письменные документы, но и многочисленные географические карты. До последнего времени из них нельзя было извлечь сведений о русском присутствии на Шпицбергене и, если бы не новая находка, речь о которой пойдет чуть ниже, то единственным контраргументом была бы оговорка, что отсутствие упоминаний о русских промысловиках является случайностью и не может служить надежным доказательством того, что они не вели никакой деятельности на Шпицбергене.

Между тем именно отсутствие упоминаний в письменных источниках является основным доводом в системе доказательств, отвергающих возможность появление русских на Шпицбергене

ранее конца XVII – начала XVIII века. По мнению А. Хейнца, он «столь неотразим, что даже если поморы и посещали Шпицберген, то поселений здесь не существовало до конца XVII века» [Heintz 1966].

Говоря о новой находке, мы имеем в виду публикацию дневника Д. Традесканта, которая была осуществлена в Англии в 1968 году. В России первые сведения об этой публикации появились в 1990 году [Курукин 1990]. В 1618 году ботаник Д. Традескант посетил Россию в составе английского посольства. В своих записках об этом путешествии он привел разговор, произошедший во время плавания. Один из участников миссии заметил, что шхуна, сопровождающая посольские суда, должна будет затем отправиться на промысел в «Гренландию». По мнению Традесканта, это было слишком поздно по времени года: обычно русские уходят туда раньше и полностью используют благоприятные летние условия [Курукин 1990]. Это может свидетельствовать только об одном: в Англии со слов китобоев было хорошо известно о русской деятельности на Шпицбергене. Заметим, что эти свидетельства подтверждаются сегодня данными археологических раскопок на архипелаге, о чем будет сказано ниже.

Основным методом определения возраста русских сооружений на Шпицбергене является дендрохронология. Суть этого метода заключается в изучении годичных колец древесных остатков, на основе чего строятся региональные хронологические шкалы. Метод позволяет точно определить время рубки дерева и (по наиболее поздним датам рубки) примерное время возведения постройки. При этом случайное дерево (например, плавник), которое не вписывается в общую дендрошкалу, не принимается во внимание.

В настоящее время в лаборатории естественнонаучных исследований Института археологии РАН изучено 112 образцов древесины из 36 построек, расположенных в различных районах архипелага Шпицберген [Черных 1996]. Обработка этих данных позволила создать общую дендрохронологическую шкалу протяженностью в 536 лет (с 1246 по 1782 год). При этом в качестве датирующего материала были использованы графики роста деревьев в период с XIII по XIX век на территории севера и северо-запада Восточной Европы, для чего, в частности, использовалась древесина из культурного слоя древнерусских городов, памятников архитектуры XVI–XIX веков, а также многолетние стволы современного дерева. Следует отметить, что величины Cx (показатель сходства изменчивости погодичного прироста) на участке от 1460 до 1580 года (то есть, в частности, в отношении памятников XVI века) составляет 50–60%, что демонстрирует достаточно высокую степень надежности датировки.

На основе синхронизации графиков роста деревьев были выделены три группы памятников – объекты XVI, XVII и XVIII веков [Черных 1996]. Первая, наиболее ранняя группа включает в себя следующие памятники: Сёрнесет, Мосватнет-2, Гравшён-1, Стаббэльва. В этот же список может быть включен ранний комплекс поселения Ван-Мюйденбукта, где был найден деревянный предмет с надписью, правда сохранившейся не полностью [Старков 1998]. В данном случае важным является наличие в ее тексте двух дат – 1593 год и 1594 год. В какой-то мере этот возраст подтверждается дендрохронологической датой первоначальной постройки. К сожалению, бревна сооружения подгнили и периферические кольца сохранились плохо, поэтому порубочные даты могли быть определены лишь приблизительно – это 80-е годы XVI столетия.

Упоминавшиеся выше зарубежные авторы отрицают возможность применения дендрохронологического метода датирования для русских памятников XVI–XVII веков, применяя для этого стандартный набор возражений:

1. Для постройки домов на Шпицбергене русские применяли плавник (а не однородное дерево), а также судовые детали.

2. Дендродаты определяют возраст рубки дерева, а не возведения постройки, и временной промежуток между этими событиями может быть весьма значительным.

3. На Шпицберген привозились старые дома с материка, которые только собирались на архипелаге.

4. Меняя места промысла, поморы переносили с собой старые постройки.

В печати уже не раз звучала критика этих необоснованных утверждений [Starkov 1988; Chernikh 1988]. Начнем с того, что теория о плав-

нике как основном строительном материале на Шпицбергене абсолютно умозрительна. Все исторические источники, построенные на показаниях участников русского промыслового дела, говорят о том, что дерева, принесенного морем к берегам Шпицбергена, в XVI–XVIII веках было чрезвычайно мало. Так, в книге Ле Руа «Приключения четырех российских матросов к острову Шпицбергену бурею принесенных», написанной со слов поморов, прозимовавших там шесть лет, говорится, что «дерева на Груманте... достать совсем неможно» [Ле Руа 1975]. Это же утверждение звучит и в «расспросных речах» опытных поморских кормщиков, которые в 1764 году были опрошены в Адмиралтейств-коллегии в связи с подготовкой экспедиции В.Я. Чичагова. Особенно категорично об этом заявил известный в Поморье кормщик Аммос Корнилов, который десять раз ходил на Шпицберген и провел там три зимовки: он не только жил в привезенном с собой доме, но и отапливал его дровами, заготовленными на материке, поскольку дерева на берегах Шпицбергена нет [Перевалов 1949].

Эти же источники утверждают, что на Шпицберген транспортировали специально заготовленные срубы. «Мезенские жители вознамерились однажды перезимовать на оном острову и для чего взяли с собой из города приготовленный к постройке хижины лес и привезли его сюда на судне» [Ле Руа 1975]. Об использовании на Шпицбергене срубов, привезенных с материкового Поморья, писал и М.В. Ломоносов: «Северные наши россияне, в построенных нарочно домах <...>, прозимовать могут без всякого отягощения» [Перевалов 1949].

Нужно сказать, что подобная практика организации зимовки вполне отвечает и обычной житейской логике: вряд ли такие опытные промысловики и зимовщики, как поморы, освоившие к XVI веку огромные пространства европейской и западносибирской Арктики, включая острова Баренцева и Карского морей, рискнули бы поехать на отдаленный Шпицберген, надеясь на то, что, может быть, найдут там какое-нибудь дерево.

Более того, среди археологического материала, обнаруженного на Шпицбергене, имеется несколько конструктивных элементов, специально предназначенных для перевозки на судах древесных стволов. Это круглые балки с поперечными вырубами, в которые укладывались бревна сруба. Они стягивались эластичной стяжкой и закреплялись на палубе.

Что касается судовых деталей, то, как мы уже говорили, они широко применялись при строительстве домов на Шпицбергене, но это касается главным образом досок палубного настила, которые шли на укладку полов. Археологически это прослежено в большинстве исследованных построек. Не исключено, что поморы приводили к местам зимовок старые суда, которые использовались для строительных целей и в качестве топлива.

Противоречат точке зрения о плавнике как основном строительном материале на Шпицбергене и данные дендрохронологического анализа, которые свидетельствуют о том, что там «имела место практика возведения домов из бревен, заготовленных единовременно в пределах одного лесного массива. Так, в каждой из пяти изученных нами построек, расположенных в различных районах архипелага (полуостровов Брёггер, Руссекейла, Руссепюнтен, Дундербукта-2, Имербукта) было получено от четырех до одиннадцати спилов с бревен, представляющих основные конструктивные детали. Разброс в порубочных датах бревен в каждой из них не превышает десяти лет (в ряде случаях внешние кольца не зафиксированы). В четырех постройках имеются группы из нескольких бревен, срубленных одновременно. Единовременность заготовки строительного дерева сочетается здесь с большим сходством кривых роста годичных колец исследуемых стволов. Показатели сходства изменчивости погодичного прироста (Cx), рассчитанные для каждой из изученных построек весьма значимы (в среднем не менее 65%), что четко отражает единство условий жизни лесных сообществ» [Chernikh 1988].

Традиционный аргумент наших оппонентов, состоящий в том, что дендродаты фиксируют время не сооружения дома, а рубки дерева, вообще не является предметом дискуссии. Безусловно, это порубочные даты. Весь вопрос заключается в том, насколько велик был временной интервал между этими процессами. И тут мы никак не можем согласиться с мнением, что он варьируется в очень широком диапазоне. В частности,

по мнению Я. Хохоровского, поправка к порубочной дате должна достигать примерно ста лет [Chochorowski 1999]. Это следует расценивать как утверждение, что такова была практика русского деревянного домостроения – возводить дома из леса, срубленного не менее чем за 100 лет. В этом случае датировку ранних шпицбергенских построек действительно следовало бы приблизить ко второй половине XVII века. Между тем широкомасштабные исследования древнерусских городов показали, что между порубочными и строительными датами нет большого временного разрыва. Показательны в этом отношении данные, полученные при раскопках Мангазеи, города XVII века в сибирском Заполярье. До его возникновения на этом месте находился поморский Тазовский городок, построенный в XVI веке. Наиболее поздняя строительная дата этого поселения – 1593 год. Через восемь лет здесь появилась Мангазея. Раскопки города и дендрохронологическое датирование его сооружений показали, что их строители совершенно игнорировали еще не старые бревна прежних, разобранных ими построек, а использовали новую, недавно срубленную древесину [Белов и др. 1980].

Вот как прокомментировала подобные попытки омоложения строительных дат Н.Б. Черных, ведущий в нашей стране специалист в области дендрохронологии. «Разрыв между датой рубки стволов и временем их употребления, достигающий 150–200 лет, делает крайне сомнительным это утверждение. Практика наших работ со строительным деревом из средневековых археологических и архитектурных памятников VIII–XVIII веков не зафиксировала подобных примеров, а исследовано было около 16 тысяч образцов дерева!» [Chernich 1988]. Говоря о хронологическом диапазоне в 150–200 лет, Н.Б. Черных имеет в виду желание некоторых исследователей перевести памятники XVI века в XVIII век.

Данные абсолютного датирования находят подтверждение на целом ряде памятников, где имеются материалы, возраст которых может быть датирован другими методами.

1. *Эпиграфика*. На Шпицбергене получена довольно богатая коллекция надписей (около 30), которые были датированы палеографическими методами. Четыре из таких надписей связаны с поселением Стаббэльва, дендродата которого – 1589 год. Возраст текстов – XVI – начало XVII века. Еще один текст XVI века был обнаружен на поселении Гравшён. Абсолютная дата памятника – 1548 год. На памятнике Сёрнесет (дендродата нижнего слоя – 1548 год) были найдены два редких предмета: деревянная планка с вырезанным на ней древнерусским алфавитом и крест, также изготовленный из дерева. По заключению специалистов, их наиболее вероятная дата – XVI век [Старков 1998].

2. *Прямое датирование*. Дату – 1594 год – содержит текст, вырезанный на деревянном предмете (поселение Ван-Мюйденбукта). Дендродата нижнего слоя – около 1580 года. [Chernikh 1988]. На двух деревянных изделиях поселения Руссекейла имеются даты – 1786 год и 1778 год. Дендродата памятника – 1762 год. В доме на полуострове Брёггер была найдена доска от могильного креста с датой «1790». Дата постройки дома – 1780 год. Известно, что лес для постройки лагеря экспедиции В.Я. Чичагова в заливе Решёрж был заготовлен в районе Архангельска в 1763 году. Дендрохронологический анализ остатков этих домов дал эту же дату – 1763 год [Старков 1998].

Выше уже говорилось о том, что в настоящее время мы располагаем новыми данными о временно́м соотношении пребывания на Шпицбергене русских промысловиков и западноевропейских (голландских) китобоев. Речь идет о комплексе памятников на мысе Ренардодден, где зафиксированы остатки русской постройки (Ренардодден-1) и голландской китобойной базы (Ренардодден-2, 3).

Основной особенностью этих памятников является их низкое по отношению к уровню моря положение. В первую очередь это касается поселения Ренардодден-1, залегающего вблизи кромки берегового уреза. Высота его залегания составляет всего 1,9 м. Это определило современное бедственное состояние памятника и особенности его стратиграфии. От постройки сохранились лишь два опорных столба, углубленных в грунт, а также разрушенные водой остатки кирпичной печи. Слой заполнения жилища почти полностью смыт, сохранился в естественном виде лишь его нижний горизонт черного цвета, насыщенный древесной щепой.

Остатки голландской китобойной базы, которые размещаются в глубине побережья, имеют лучшую сохранность, за исключением жиротопных печей, расположенных ближе к кромке берега.

Разумеется, все перечисленные сооружения на мысе Ренардодден не могли быть построены в зоне разрушительной деятельности морских процессов. Их современное состояние может быть объяснено тем, что в конце XVII века, в экстремальную фазу так называемого малого ледникового периода, на Шпицбергене произошло изменение соотношения берега и уровня океана.

Вместе с тем проведенные исследования показали, что еще до того, как начались естественные деструктивные процессы, русская постройка была разобрана пришедшими сюда голландскими китобоями. Об этом, в частности, свидетельствуют найденные в большом количестве в кострище поселения Ренардодден-2 русские гвозди, а также признаки преднамеренной разборки сооружения.

Аналогичный вывод о временно́м соотношении русского и голландского контекстов на мысе Ренардодден следует из характеристики остатков культурного слоя поморского поселения. Он состоит из двух горизонтов: нижнего, неразрушенного, черного цвета, толщиной до 19 см, и верхнего, сильно размытого, красного цвета (окраска за счет размыва печи), мощность которого не превышает 10 см.

В непотревоженном нижнем слое были найдены предметы исключительно русского происхождения. В их числе фрагменты чернолощеной и значительно преобладающей сероглиняной керамики, ружейные кремни, судовые скобы, дверной навес, орудие долотовидной формы, железные гвозди, кости животных.

Основная особенность комплекса находок из верхнего горизонта культурного слоя заключается в его гетерогенности: помимо русских предметов, в нем содержится большое количество находок, имеющих западноевропейское, в том числе голландское происхождение. К последним относятся: фрагмент фаянсовой курительной трубки, горлышко стеклянной бутылки второй половины XVII века, ружейные пули с продольными рельефными ребрами, пули, скрепленные медной проволокой, медные и оловянные пуговицы.

Все эти данные свидетельствуют о том, что голландские китобои начали осваивать этот район позднее русских промысловиков. Голландцы появились здесь не раньше 30-х годов XVII века, поскольку до этого времени район залива Бельсунн являлся зоной деятельности английских китобоев. Все это позволяет предположить, что русская постройка на мысе Ренардодден существовала в конце XVI – начале XVII века и была оставлена после 1612 года в связи с появлением в Бельсунне английских китобойных судов.

Необходимо отметить, что положение поселения Ренардодден-1 на уровне современного пляжа, ниже первой морской террасы, не является чем-то исключительным. Напротив, это обстоятельство вполне укладывается в общую схему геоморфологической характеристики русских поселений на Шпицбергене. Памятники XVI–XVII веков (за исключением поселения Дундербукта) приурочены к отметкам ниже первой морской террасы. Большинство из них разрушено морскими процессами. Все поселения XVIII столетия занимают участки первых террас, располагаясь на высоте 5–6 м [Старков 1998]. Таким образом, мы можем определять памятники раннего (XVI–XVII века) и более позднего (XVIII – первая половина XIX века) времени по геоморфологическим признакам.

Периодизация поморской деятельности на Шпицбергене

Ранний период

Говоря о периодизации русской промысловой деятельности на Шпицбергене, следует отметить, что ее невозможно строить на основе изменения основного вида хозяйственной деятельности. Как показали археологические исследования, в течение всего изученного периода (середина XVI – первая половина XIX века) основным аспектом активности русских людей в этом районе Арктики оставалась добыча моржей.

В ходе освоения территории архипелага и выявления новых видов природных ресурсов создавались условия для появления более совершенных аспектов бытовой и хозяйственной практики поморов.

Конкретные факторы, которые легли в основу периодизации поморской деятельности на Шпицбергене, следующие:

1. Расширение зоны хозяйственной деятельности. Как показали полевые работы на Шпицбергене, поселения XVI–XVII веков расположены в пределах одной локально очерченной территории, которую составляет Сёркапп, самый южный остров архипелага, и южная часть западного побережья острова Западный Шпицберген до широты залива Ис-фиорд. На восточном побережье этого острова и на других островах архипелага памятники этого времени отсутствуют.

В следующем, XVIII столетии поморские поселения рассеяны по всей территории архипелага. Они зафиксированы на островах Сёркапп, Западный Шпицберген, Эдж, Земля Принца Карла, Северо-Восточная Земля, Надежды, Рик-Ис, Полумесяца, Тысяча островов.

2. Изменение количественного соотношения памятников.

1) XVI–XVII века. В настоящее время мы располагаем сведениями о пяти поселениях этого периода. Одно из них – Мосватнет – существовало в течение обеих хронологических фаз.

2) XVIII век. Расширение зоны промысловой деятельности поморов в XVIII веке не могло не сказаться на общем числе поселений этого периода. В настоящее время мы располагаем сведениями о пятидесяти поселениях XVIII века, большинство из которых исследовано методом археологических раскопок.

3) Первая половина XIX века. Памятники, относящиеся к этому периоду, почти полностью отсутствуют. Судя по опубликованным материалам [Keilhau 1831; Lamont 1876], русские жилые сооружения того времени носили характер временных построек, основным элементом которых являлся не сруб, а каркас, обшитый досками. По всей видимости, именно этот фактор послужил основой для сложившегося в современной зарубежной литературе представления о «маленьких домиках», которые были характерны для всего периода деятельности поморов на Шпицбергене.

3. Изменение характера жизнеобеспечения. Как уже говорилось выше, для раннего периода поморской деятельности на Шпицбергене было типично сооружение одиночных построек – станов и станков. Переход к новым формам обитания русских промысловиков на Шпицбергене впервые обозначился в середине XVII века и выразился в появлении небольшого становища на острове Сёркапп (поселение Мосватнет), которое включало в себя три жилищных сооружения. Наиболее крупное из них, состоявшее из теплой избы, бани и сеней, в XVI веке выполняло роль становой избы. В середине XVII века (дендродата избы – 1648 год) оно было перестроено или подновлено и дополнено двумя более мелкими постройками.

В XVIII веке становища превращаются в основную форму обитания. Они зафиксированы на многих островах архипелага.

4. Появление новых видов хозяйственной деятельности, а именно домашних ремесел. Разумеется, судя по многочисленным остаткам готовых изделий и отходов производства, изготовление костяных и деревянных предметов было широко распространено уже в XVI и XVII веках. Оно велось в жилых избах – там шили обувь, изготавливали различные деревянные изделия (посуду, веретена, календари и так далее), работали на токарных станках. Последние, судя по находке на поселении Слеттнесет, были небольшими по размерам и относились к типу станков с лучковым приводом. Конструктивно такие станки довольно просты, и их установка возможна в любой крестьянской избе [Просвиркина 1955]. С их помощью шпицбергенские зимовщики изготавливали костяные шахматные фигурки, сложно профилированные навершия и другие предметы.

Особенностью ремесел XVIII века является то, что они легко превращаются в отдельный вид промыслов. Во многих становищах этого времени возникают специализированные мастерские, расположенные в изолированных помещениях. Особенно хорошо это прослежено на поселениях Руссекейла, Хабенихтбукта и Экролхамна.

Таким образом, многочисленные археологические материалы и данные исторических источников позволяют наметить общую схему периодизации русского освоения архипелага Шпицберген.

Первый этап – XVI–XVII века. Первоначальное открытие архипелага и ранний этап хозяйственной деятельности.

Второй этап – XVIII век. Период расцвета поморской деятельности на Шпицбергене.

Третий этап – первая половина XIX века. Период упадка и прекращение промыслов.

Датируя появление жителей Русского Севера на Шпицбергене XVI веком, нельзя не остановиться на вопросе о пути их проникновения на архипелаг.

Единственная гипотеза, объясняющая причины проникновения поморов на Шпицберген, состоит в том, что им необходимо было расширить зону промысловой деятельности, которая вскоре была ориентирована на добычу моржей. Исходя из этой посылки, Н.Н. Зубов в 1953 году высказал мнение, что появление поморов на Шпицбергене состоялось благодаря развитию промыслового дела на Новой Земле [Зубов 1953]. Совершая постоянные плавания к берегам Новой Земли, поморы настолько хорошо освоили акваторию этого архипелага, что с течением времени развернули добычу моржей вдоль кромки паковых льдов. Продвигаясь в западном направлении, они смогли достичь восточных районов Шпицбергена.

В принципе возможность существования такой относительно безопасной трассы, соединяющей устье Белого моря с архипелагом Шпицберген, представляется достаточно реальной. Она в наибольшей степени соответствует режиму морских течений и ветров, господствовавших в XVI веке в пределах Баренцевого моря [Старков 2001]. В истории арктического мореплавания известен факт использования кромки многолетних льдов между Новой Землей и Шпицбергеном для безопасного плавания в западном направлении. В 1676 году плавание по этому маршруту (примерно на 74° с. ш.) совершило судно экспедиции Д. Вуда и В. Флеймса [Forster 1784]. Сохранилась карта плавания, на которую нанесен маршрут похода и кромка «неподвижного льда» [Northeast Passage 1992: 31, fig. 16].

Вместе с тем предложенная Н.Н. Зубовым и поддержанная М.И. Беловым [Белов 1956] версия первоначального достижения Шпицбергена не содержит конкретного материала. Во-первых, отсутствуют достоверные данные о добыче моржей у кромки паковых льдов к западу от Новой Земли. Во-вторых, имеющиеся материалы XVI – начала XVII века свидетельствуют о том, что в тот период времени граница паводковых льдов проходила севернее Новой Земли и архипелага Шпицберген. Из расспросных речей поморских кормщиков, записанных в 1616 году, известно, что они «по Новой Земли ходят до Максимкова». Максимков остров, современный Северный Крестовый, входящий в группу Крестовых островов Архангельской губы [Визе 1949б], расположен у 76° с. ш. Это был северный предел русских промыслов на Новой Земле. В 1594 году в этих местах побывало судно В. Баренца, входившее в состав первой голландской экспедиции по отысканию Северо-восточного прохода. Участники похода зафиксировали на этих островах большие приметные кресты – следы деятельности поморов. Севернее этого района подобных признаков замечено не было. Отсутствовала здесь и стена многолетних льдов. Через год Баренц еще раз побывал у Новой Земли и обогнул ее северное побережье, не встретив непроходимых льдов. В том же 1596 году экспедиция Баренца зафиксировала границу льда к северу от Шпицбергена на широте 79°42° с. ш. В-третьих, археологические исследования показали практически полное отсутствие исторических памятников в восточных районах архипелага.

Все известные в настоящее время поселения XVI–XVII веков приурочены к южной оконечности архипелага (остров Сёркапп и Земля Сёркаппланд) и к западному берегу острова Западный Шпицберген примерно до широты залива Исфиорд. Создается впечатление, что своим расположением они связаны с Западно-Шпицбергенским течением, идущим от северных берегов Скандинавии. Такая точка зрения уже была высказана автором в работе, посвященной истории русского арктического мореплавания [Старков 2001]. В общем виде она сводится к следующему.

1. Благоприятные условия плавания были обусловлены попутным Западно-Шпицбергенским течением и отсутствием ледовых полей. Известные поморские кормщики, которых опрашивали во время подготовки экспедиции В.Я. Чичагова, особенно подчеркивали удобство этого пути, «где воды ходят к норду, а течение имеет все одну сторону» [Перевалов 1949].

2. Первая часть пути – до Варангер-фиорда на северном побережье Скандинавского полуострова – совпадала с хорошо освоенном «ходом в немецкий конец», которым поморы пользова-

Рис. 2. Расположение памятников XVI–XVII веков

лись еще в конце XV века. Можно допустить, что дальнейшее продвижение поморских судов на север по Западно-Шпицбергенскому течению было связано с их активностью у северных берегов Кольского и Скандинавского полуостровов.

3. Имеются письменные источники, свидетельствующие о том, что во второй половине XVI века русские походы к Шпицбергену осуществлялись именно по этому пути. Так, в письме датского короля Фредерика II приказчику в Норвегии Л. Мунку от 11 марта 1576 года содержится распоряжение нанять русского шкипера Павла Нишеца в качестве лоцмана для проводки датских судов к берегам потерянной Гренландии, который «ежегодно около Варфоломеева дня» плавает к этому острову с заходом в Вардё [Зубов 1953]. Здесь важно упоминание города Вардё как промежуточного пункта при движении на Шпицберген. Это подтверждает предположение о том, что первым участком пути было северное побережье Кольского полуострова.

Ранний период поморской промысловой деятельности на Шпицбергене, основанный на добыче моржа, нельзя считать временем формирования этого вида хозяйственной деятельности. Пришедшие сюда в конце XV или в XVI веке охотники на морского зверя принесли с собой готовые способы добычи морских животных и весь набор необходимого промыслового снаряжения. Моржовый, белуший, пушной и иные виды промыслов были перенесены туда с материка, так же как типы жилищ и поселений. Архипелаг Шпицберген являлся одной из зон промыслового ареала поморов. В свете сказанного можно считать устаревшей точку зрения о том, что «бой и лов морского зверя <...> оформляется в промысел в течение XVII в.» [Бернштам 1978]. Большой фактический материал, полученный в результате археологических раскопок на Шпицбергене уже после выхода в свет указанной работы Т.А. Бернштам, убедительно свидетельствует о том, что этот вид хозяйственной деятельности поморов сложился раньше.

Памятники раннего периода приурочены к наиболее южным районам Шпицбергена (*рис. 2*).

Наиболее освоенным из них является остров Сёркапп, самый южный в системе архипелага, и примыкающая к нему часть Земли Сёркаппланд. Здесь зафиксировано три поселения XVI века (Сёркапптватнет, Мосватнет и Сёрнесет), и два – XVII века (Мосватнет и Лангстранда), что составляет половину всех известных памятников данного периода на Шпицбергене. Такая плотная концентрация промысловых построек в этом районе архипелага определяется не только его относительной доступностью и тем, что он расположен на подходе к западному побережью острова Западный Шпицберген, но и наличием здесь богатых моржовых промыслов. Об этом, в частности, писал Б.М. Кейльхау, который посетил эти места в конце 20-х годов XIX века: к востоку от острова Сёркапп норвежские моряки совершили успешную охоту на моржей, «которые группами лежали на льду или крупными стаями плавали между льдинами» [Keilhau 1831].

К северу от Земли Сёркаппланд памятники раннего периода были обнаружены на северном побережье залива Хорнсунн (Ревэльва, первая половина XVII века), на побережье Земли Веделя Ярлсберга, вблизи устья залива Бельсунн (Дундербукта, середина XVII века), в заливе Бельсунн (Ренардодден-1, конец XVI – начало XVII века; Ван-Мюйденбукта, конец XVI века), на побережье залива Норденшёльда (Гравшён, Стаббэльва, середина – вторая половина XVI века). Последние два памятника составляли единый хозяйственно-промысловый комплекс, в котором трехчастная постройка у лагуны Гравшён являлась становой избой, а двухчастный дом у реки Стаббэльва выполнял роль вспомогательного станка.

Гравшён представлен большим трехчастным сооружением, в состав которого входила изба (жилое помещение), сени (хозяйственное, складское помещение) и баня с предбанником. О капитальности этого сооружения свидетельствует конструкция пола, где основу дощатого настила составляет настил из крупных каменных плит (*рис. 3*). Это был центр промыслового района, с которым были связаны станки. Там же оставалось на зимовку судно.

Не менее капитальным сооружением была постройка у реки Стаббэльва, выполнявшая функцию станка. Это был двухчастный дом, в состав которого входила жилая изба и сени. Она располагалась примерно в 20 км от становой избы у лагуны Гравшён (*рис. 4*).

В XVI–XVII веках шпицбергенские жилищные сооружения имели окна со слюдяными вставками, которые в более позднее время были заменены стеклянными (*рис. 5*).

Относительно небольшое количество зафиксированных памятников раннего периода поморской деятельности на Шпицбергене может быть объяснено целым рядом обстоятельств.

Во-первых, это естественный признак начальной фазы освоения такого сложного в географиче-

Рис. 3. Поселение Гравшён. Основание пола жилой постройки

Рис. 4. Постройка у реки Стаббэльва, XVI век

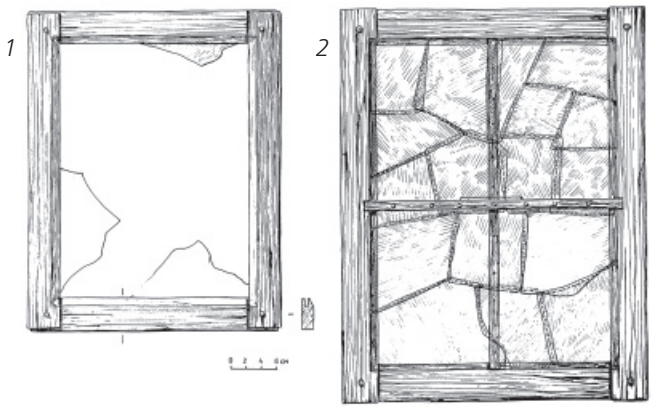


Рис. 5. Оконницы
1 – слюдяная, 2 – стеклянная

ском и климатическом отношениях района Арктики, каким является архипелаг Шпицберген. По всей видимости, приток промысловиков в это время был не настолько велик, чтобы охватить его центральную и северную зоны.

Во-вторых, сказывается нехватка датирующего материала, особенно в составе полихронных памятников.

В-третьих, восточное побережье острова Западный Шпицберген пока недостаточно изучено. В географическом отношении этот район неблагоприятен для обитания людей из-за большого количества ледников и высокой ледовитости залива Стур-фиорд. Однако в его южной части промысловые поселения были вполне возможны, особенно с учетом большого количества обитавших в этом районе моржей. Об этом достаточно определенно свидетельствуют около пяти русских построек в заливе Беттибукта, найденных в 1991 году экспедицией краковского Ягеллонского университета [Ziaja 1995]. Раскопки остатков жилищных сооружений не производились, поэтому говорить об их хронологии преждевременно, но, судя по залеганию некоторых из них на уровне береговых отложений, не исключена возможность того, что они появились в ранний период освоения Шпицбергена.

В-четвертых, значительное влияние на количественный показатель русских промысловых поселений XVII века оказала активность западноевропейских (прежде всего, английских и голландских) китобоев. Зона их функционирования во многом совпала с локальными ареалами промысловой деятельности поморов, прежде всего заливов Хорнсунн и Бельсунн. Это, разумеется, не могло не сказаться на состоянии поморских поселений. Отдельные постройки, оказавшиеся в непосредственной близости от китобойных баз (поселение Ренардодден-1 в заливе Решёрж), были разрушены.

В-пятых, несомненное воздействие на сокращение и даже временное прекращение промысловой деятельности поморов (как и китобоев) оказали изменения климатической ситуации во второй половине XVII века. Это время оценивается исследователями как кульминационный этап так называемого малого ледникового периода, проявившийся в резком понижении температурных показателей и быстром росте ледников. Так, по словам голландца Фридриха Мартенса, посетившего Шпицберген в 1676 году, «здесь видны самые большие айсберги, которые никогда не тают и с каждым годом увеличиваются благодаря снегу, дождям и гололеду. Они все время растут и не тают под действием солнечного тепла <...> Следует отметить, что суша летом была покрыта льдом, чего не наблюдалось во все годы» [Hacquebord 1983]. Граница пакового льда опустилась так низко, что блокировала многие районы промыслов. В силу этого в 50–60-е годы западноевропейские китобои покинули берега Шпицбергена. Аналогичным образом поступили, по всей вероятности, и русские промысловики. Во всяком случае, памятники второй половины XVII века на Шпицбергене пока не обнаружены.

Колебания климата и связанные с этим изменения природной среды не могли не сказаться на характере мореплавания поморов и особенностях их промысловой деятельности на Шпицбергене. Как показали полевые исследования, они оказали также кардинальное влияние на современное положение археологических объектов на местности, что явилось важным фактором для выявления их хронологии и типологической (геоморфологической) градации.

В определении типологических групп памятников, приуроченных к различным уровням залегания, основную роль сыграли два направления исследований: абсолютная хронология и комплексные археолого-геоморфологические работы. В последних, вместе с Институтом археологии

РАН, приняли участие специалисты из Института наук о Земле краковского Ягеллонского университета, Полярной морской геолого-разведочной экспедиции из Санкт-Петербурга и Института географии РАН.

Абсолютное датирование памятников методом дендрохронологии произведено в лаборатории естественно-научных методов Института археологии РАН. Получены абсолютные даты для двадцати двух поселений. Аналитические исследования датированных комплексов позволили подразделить их на три четко выделяющиеся хронологические группы – памятники XVI, XVII и XVIII веков.

Важно отметить, что каждая из этих хронологических групп имеет свою геоморфологическую нишу, соответствующую их положению над уровнем моря.

Постройки XVIII века залегают на краях морских террас высотой 5–6 м. Это наиболее благоприятное расположение жилых сооружений. Они не подвержены воздействию морской абразии и, как правило, водной эрозии. В таких условиях залегают остатки поморских становищ Брёггер, Руссекейла, Кингхамна, Трюгхамна и др., составляющих наиболее многочисленную группу поморских поселений. Хронологический диапазон их существования (на основе имеющихся абсолютных дат) – 1717–1837 годы.

Вторая группа памятников (XVII век), которая, помимо русских построек, включает остатки китобойных баз, залегает в совершенно других условиях, с точки зрения современной географической ситуации непригодных для обитания. Они занимают наиболее пониженные участки побережий в пределах современных пляжей. Все они несут на себе следы разрушений, вызванных морскими процессами. Некоторые из них (Мосватнет-3, Лангстранда) размыты до основания, а бревна стен разбросаны по поверхности пляжей на расстоянии до 200 м. Нижние части других сооружений (Мосватнет-2, Ренардодден-1, Ревэльва) перекрыты более молодыми береговыми отложениями. Исключение составляет поселение Дундербукта, которое залегает на уступе первой морской террасы высотой 5 м. Аналогичные разрушения претерпели и многие базы китобоев: размыты расположенные на морском побережье жиротопные печи на острове Амстердам (голландское поселение Смеренбург), на мысе Ренардодден в заливе Решёрж на острове Западный Шпицберген и другие объекты. Хронологический диапазон существования этой группы памятников – 1588–60-е годы XVII столетия.

Третья группа памятников (XVI век) залегает примерно на том же уровне, что и поселения XVII века (ниже уровня первых морских террас), однако, в отличие от последних, постройки XVI века отнесены дальше от современной кромки моря (на 100–110 м). Они располагаются на уровне древних сглаженных береговых валов. В таких условиях залегают поселения Сёрнесет и Стаббэльва. Исключение составляет поселение Ван-Мюйденбукта, расположенное на уступе первой морской террасы высотой 2,5 м. Хронологический диапазон этой группы памятников – 1548–1593 годы.

В современных условиях обитания расположение памятников второй и третьей категории было бы бессмысленным. Совершенно очевидно, что в XVI – первой половине XVII века поселения располагались в совершенно иных условиях, адекватных размещению более поздних памятников XVIII – первой половины XIX века, а их современное бедственное положение связано с трансформациями природной среды, оказавшими влияние на изменение соотношения уровней моря и суши. Весьма приблизительно, исходя из имеющихся в нашем распоряжении абсолютных дат, можно говорить о том. что указанная деформация береговой структуры произошла в период между 1648 и 1717 годами.

В настоящее время у специалистов нет четкой позиции в отношении причин этих изменений. Существуют две точки зрения. В соответствии с первой, трансформации состояли в понижении участков суши под воздействием ледовых процессов. Вторую точку зрения высказывали специалисты в области океанологии. Они связывали произошедшие изменения соотношения суши и моря с повышением уровня мирового океана. Эту точку зрения поддерживают гляциологи, которые считают, что за такой короткий промежуток времени не могло произойти столь значительное понижение уровня береговой полосы [Старков и др. 2005].

Рис. 6. Расположение памятников XVIII–XIX веков

1 – Сёркаппватнет, 2 – Скольтнесет, 6 – Бёрнбайнфлюене, 7 – Пальфюодден, 8 – Шённингхолмане, 9 – Гнолодден, 11 – Руссенпюнтен, 12 – Ворчестрпюнтен, 13 – Дюноя, 14 – Орвинэльва, 16 – Логнедален, 18 – Ингебригтсенбукта, 19 – Аксель, 21 – Скольтнесет, 22 – Логнесет, 23 – Гравшён, 25 – Руссекейла-2, 26 – Руссекейла, 27 – Фестнингсодден, 28 – Кокеринесет, 29 – Холендербукта, 30 – Вилкинсбукта, 31 – Трюгхамна, 32 – Имербукта, 33 – Богеманфлюене, 34 – Толмодбукта, 35 – Капп Сит, 36 – Капп Вийк, 37 – Фарнхамна, 38 – Свардфьеллетбеккен, 39 – Кингхамна, 40 – Брёггер, 41 – Гамбургбукта, 42 – Свенскегаттен, 43 – Дирксодден, 44 – Северный Русский, 45 – Квалпюнтен, 46 – Хабенихтбукта-1, 47 – Хабенихтбукта-2, 48 – Экролхамна, 49 – Руссебукта-1, 50 – Руссебукта-2, 51 – Дискобукта, 52 – Капп Ли, 53 – Рик-Ис, 54 – Лангора, 55 – Коббебукта (остров Медвежий), 56 – Сан-Себастьян (остров Медвежий)

Не исключено, что на указанный природный процесс в конце XVII века оказали влияние оба фактора: проявление глыбовой тектоники под влиянием роста ледников и повышение уровня мирового океана.

2. Период расцвета русских промыслов

Наибольшее количество русских памятников на Шпицбергене связано с XVIII столетием. В настоящее время зафиксировано и частично раскопано более пятидесяти поселений этого периода, которые расположены практически во всех пригодных для обитания районах архипелага, в том числе на островах Сёркапп, Тысяча островов, Эдж, Западный Шпицберген, Земля Принца Карла, Амстердам и Северо-Восточная Земля (*рис. 6*).

Расширение географии русских поселений на Шпицбергене было обусловлено в первую очередь общим развитием поморской промысловой активности в различных районах севера во второй половине XVIII века. Активизация промысловой деятельности повлекла за собой значительное увеличение прибывающего на Шпицберген промышленного люда и, как следствие, качественное изменение способа обитания. Старая система становых изб и связанных с ними станков не исчезает полностью, но в какой-то мере уступает место более совершенной форме обитания, основан-

ной на использовании поселков-становищ. При этом следует заметить, что в расположенных к северу от Гамбургской бухты районах Западного Шпицбергена, которые начали осваиваться позднее, становища зафиксированы не были.

Что касается одиночных построек, то они в типологическом плане ничем не отличаются от аналогичных сооружений предыдущего периода (*рис. 7*). В настоящее время зафиксировано всего тринадцать отдельно стоящих двух- или трехчастных домов.

Шпицбергенское становище – это относительно небольшое поселение, которое, как правило, включает в себя от двух до восьми домов. Появление таких становищ на Шпицбергене в конце XVII – начале XVIII века следует рассматривать как признак качественно нового этапа в освоении архипелага, когда происходил переход от принципа промыслов «на стороне» к укладу жизни и хозяйственной деятельности, характерному для материкового Поморья. Шпицберген прочно встраивается в систему общерусского и внешнего рынков.

В этих условиях царская администрация стремилась как-то упорядочить организацию промыслов на Шпицбергене. С этой целью вводится система регистрации судов и выдачи билетов-разрешений на добычу животных. Важно подчеркнуть, что для чиновников архангельской таможни не было никакой разницы между оформлением документов на Шпицберген и на Новую Землю. Вхождение Шпицбергена в российскую юрисдикцию было для них так же очевидно, как и Новой Земли, государственную принадлежность которой никто не оспаривал. Так, в «Книге для выписывания подававших в губернское правление об отпуске работных людей на Грумант и им хлеба» за 1799 год говорится: «Поверенного вычегодского общежительства Семена Пушкова суда – «Святой Иоанн Креститель» (№ 379), «Святой Николай» (№ 174), «Святой Дмитрий Царевич» (№ 492) – на Грумант, Святой Николай (№ 307) на Новую Землю, рабочих людей всего – 62, хлеба – 2010 пудов». Однако дальше этих формальных актов администрирования в отношении Шпицбергена царское правительство не пошло.

Шпицбергенские становища XVIII века представляли собой небольшие поселки, которые включали от трех до девяти жилищных и хозяйственных сооружений, где промысловики обитали постоянно в течение всего промыслового сезона, не расселяясь по станкам. Последние хотя и продолжали существовать, но использовались временно, в зимний период, когда производилась добыча песцов. Б.М. Кейльхау в своем описании большого становища в заливе Хабенихтбукта на острове Эдж отметил, что русские обычно ставят небольшие избушки вокруг становищ в местах наиболее удачного промысла, куда слишком далеко выбираться из «главного поселения» [Keilhau 1831].

Становища являлись центром промыслового района. Они занимали площадь от 400 до 1500 кв. м. В их состав входили жилые помещения, склады, бани, мастерские. Здесь же помещались кладбища, ставились приметные кресты, оставлялись на зимовку суда. Наиболее крупные поселения могли вмещать по нескольку десятков человек. По словам Кейльхау, поселение в Хабенихтбукте было рассчитано на 40–50 человек. Это было одно из наиболее крупных поселений на Шпицбергене (*рис. 8*).

В 3,5 км к северу от поселения Хабенихтбукта в заливе Экролхамна располагалось еще одно промысловое становище. Частичные раскопки, произведенные экспедицией Института археологии РАН, показали, что это было одно из наиболее

Рис. 7. Поселение Логнесет. Остатки жилищной постройки, XVIII век

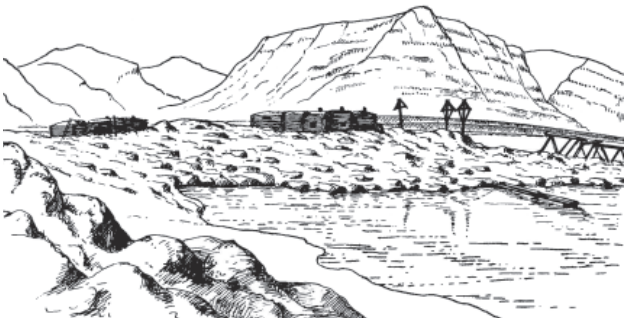


Рис. 8. Поселение Хабенихтбукта (по Б.М. Кейльхау)

крупных русских поселений на Шпицбергене. Оно включало восемь построек, захоронение и большой приметный крест. Эти объекты располагались двумя группами сооружений вдоль берега залива и примыкающей к нему низины на протяжении 300 м.

Вызывает интерес факт существования двух крупных промысловых поселений в непосредственной близости друг от друга. По всей видимости, он объясняется тем, что количество прибывающего на архипелаг промыслового населения значительно возросло.

Аналогичная картина наблюдается и в других районах архипелага. Высокая концентрация промысловых поселений зафиксирована в приустьевой части залива Хорнсунн, среди которых имеются два крупных становища Пальфюодден и Шённингхолмане, раскопанные польской экспедицией из краковского Ягеллонского университета (руководитель Я. Хохоровский). Поселения расположены на южном берегу залива Хорнсунн на расстоянии около 10 км друг от друга. Становища сходны по своим характеристикам. Они состояли из трех жилищ, приметных крестов и захоронений.

Большое количество становищ было сосредоточено в районе залива Бельсунн. В районе южного побережья залива находилось поселение Логнедален. Оно состояло из четырех жилых сооружений, стены которых были собраны из толстых досок каркасно-столбовым способом и снаружи обложены крупными камнями. Внутри построек прослеживаются элементы внутренних перегородок, отделявших сени, а также развалы кирпичных печей. На краю уступа морской террасы, где расположено поселение, имеются укрепленные в земле основания двух крестов.

На противоположном, северном берегу залива в непосредственной близости друг от друга залегают остатки двух становищ – Слеттнесет и Ян-Майен-фиорд. На поселении Слеттнесет сохранились лежащие на земле остатки двух срубленных крестов. Еще одно поселение, состоящее из трех жилищных сооружений, было обнаружено на острове Аксель.

Особенно высокая концентрация поселений типа становищ зафиксирована в приустьевой части залива Ис-фиорд. В районе южного побережья залива особый интерес представляют два памятника – Руссекейла и Кокеринесет.

Поселение Руссекейла расположено в устье реки Линнея, которая с южной стороны впадает в залив Ис-фиорд. Основные раскопки памятника произведены в 1955 и 1960 годах Скандинавской экспедицией. В состав комплекса входило большое многокамерное сооружение (Руссекейла-1), состоящее из шести жилых, производственных и хозяйственных помещений, постройка на левом берегу реки Линнея (Руссекейла-2), четыре больших приметных креста, двадцать захоронений и мусорная куча высотой 1,5 м. С поселением, по всей вероятности, связан одиночный дом на мысе Фестнинген.

Большой интерес представляет сооружение Руссекейла-1, самое большое из раскопанных на Шпицбергене. Его площадь составляет 150 кв. м. В состав постройки входило восемь помещений, которые авторами раскопок были атрибутированы как два жилых пространства с печами, кузница, холодная клеть (вероятно, складское помещение) и трое сеней [Christiansson, Simonsen 1957]. Кроме того, археологи, производившие раскопки, указывают на существование многочисленных пристроек, которые дополняли основное строение.

Большой неординарный комплекс был обнаружен на побережье залива Грён-фиорд на побережье Кокеринесет. Общая площадь поселения – 120 × 110 м. Его основу составляет комплекс жилищных сооружений, в состав которого входит не менее шести построек, поставленных вплотную друг к другу и обнесенных по периметру дренаж-

ной системой в виде вала и рва. В юго-восточном углу рва имеется отвод в сторону моря, куда стекали паводковые воды. В 19 м к югу от основной жилищной площадки расположена одиночная постройка, также окруженная аналогичной дренажной оградой.

В 60 м к юго-западу от жилищных сооружений на краю второго уступа морской террасы находится могильник. Визуально здесь прослеживается девять захоронений, расположенных в два ряда. По более ранним сведениям (экспедиция В.А. Русанова 1912 года), здесь находилось около двадцати погребений. Большинство могил имеют следы водного эрозионного воздействия. На этой же площадке сохранились основания трех больших приметных крестов.

Третий объект памятника – остатки судна. Они представлены полным обводом с заостренным носом и прямо срезанной транцевой кормой. Длина корпуса – 10 м, ширина в кормовой части – 6 м. Подобная находка обнаружена на Шпицбергене впервые.

На противоположной стороне Ис-фиорда были раскопаны три становища – Трюгхамна, Имербукта и Фарнхамна.

Поселение Трюгхамна расположено на западном берегу одноименного залива (исследовано в 1960 году входившим в состав Скандинавской экспедиции отрядом финских археологов из Шведской академии г. Турку под руководством Х. Тегенгрена). Оно включало в себя шесть жилищно-хозяйственных построек, погребения, расположенные двумя группами, основание креста и большую мусорную кучу диаметром 6 м. Дополнительный осмотр памятника, произведенный в 1983 году экспедицией Института археологии, позволил сделать предположение, что одна из построек могла иметь сложную конструкцию с подклетом, характерную для материковых сооружений Поморья. Среди находок, полученных при раскопках, особый интерес представляет медная монета, датируемая 1751 годом. Эта находка подтверждает, что памятник относится к середине XVIII века.

В непосредственной близости от поселения Трюгхамна располагалось становище Имербукта. Оно расположено на поверхности моренного холма ледника Эсмарна. Это обстоятельство оказало решающее влияние на современное состояние памятника, который оказался совершенно разрушенным вследствие интенсивных мерзлотных процессов. Поселение состояло не менее чем из трех построек, а также кладбища, от которого сохранились остатки двух костяков. На одном из береговых участков лагуны были обнаружены остатки большого количества бочек. По-видимому, это было место причала судов.

Поселение Фарнхамна относится к разряду относительно небольших становищ. В его состав входили две постройки и крест. Один из домов представлял собой большое трехчастное сооружение, состоящее из жилой избы, сеней и бани с предбанником. Вторая постройка, плохой сохранности, состояла, по всей вероятности, из двух помещений.

Севернее этого района на острове Западный Шпицберген подобная скученность поселений не зафиксирована. Что касается отдельных становищ, то наиболее заметным из них является поселение Гамбургбукта, расположенное на Земле Альберта I к югу от залива Магдалена-фиорд. Раскопки памятника не производились, и представления о нем были составлены на основе визуальных исследований. В состав поселения входили четыре жилищные постройки, три креста и не менее восьми захоронений.

Несомненно, что возникновение и расширение практики возведения на Шпицбергене поселков было обусловлено общим развитием промыслового дела поморов и, как следствие, стремительного освоения архипелага. В сферу промысловых артелей поморов вошли новые, в том числе удаленные и труднодоступные территории, такие как острова Земля Принца Карла, Северо-Восточная Земля, Эдж, северные района острова Западный Шпицберген.

В этот период у поморов становится обычной практика многолетнего пребывания на Шпицбергене, о чем, в частности, свидетельствует то, что упоминавшийся выше Иван Старостин прожил на поселении Руссекейла 15 лет без перерыва, а в одном из домов становища Гравшён был найден текст о тридцатилетней зимовке промысловика «...тикова» (см. ниже).

Среди зимующих на Шпицбергене груманланов появляются женщины и дети. Это видно по

найденным в поселениях характерным предметам быта, таких как женские и детские сапожные колодки и обувь, стеклянные бусы и веретена. Среди погребений присутствуют женские костяки.

Об устойчивом характере поморского быта во время годового промыслового цикла говорит и такой факт, как возникновение разнообразных домашних ремесел, которые были направлены не только на обеспечение местных потребностей, но и для поставки товаров на общепоморский рынок. Во многих становищах появляются специализированные мастерские по изготовлению костяных изделий из местного сырья и металлообработке. К числу таких мастерских относится кузница, остатки которой были обнаружены на поселении Руссекейла, токарная мастерская в Хабенихтбукте («длинная комната, где стоял токарный станок» [Keilhau 1831]. Особый интерес представляет специализированная мастерская по изготовлению гребней из местного сырья – китовой кости, зафиксированная при раскопках поселения Экролхамна на острове Эдж.

Все приведенные факты, несомненно, свидетельствуют о том, что XVIII век был периодом наивысшего подъема поморской деятельности на Шпицбергене. Вместе с тем у нас нет никаких данных, которые свидетельствовали бы о том, что прибывающие на Шпицберген промысловики переходили к постоянному обитанию на архипелаге.

3. Кризис русского промыслового дела на Шпицбергене

Упадок поморских промыслов на Шпицбергене приходится на первую половину XIX века. К середине столетия поморы ушли с архипелага. В источниках этого времени в изобилии встречаются упоминания об оставленных русских поселениях. Вырезанные на различных предметах даты не оставляют сомнений в том, что речь идет о середине XIX столетия.

В 1838 году французская экспедиция на судне «Решёрж» обнаружила в заливе Бельсунн заброшенное становище, рядом с которым стояло 12 крестов. На некоторых из них сохранилась дата «1836» [Ставницер 1948]. Нечто подобное изображено на гравюре, помещенной к книге Д. Ламона «Яхты в северных морях», где среди оставленных небольших построек, сколоченных из досок, стоят большие кресты с обозначением года сооружения: «1813» [Lamont 1876].

Большое количество брошенных поселений упоминается в книге Кейльхау, который в 1827 и 1829 годах зафиксировал в различных районах Шпицбергена (Земля Сёркаппланд, заливы Хорнсунн, Бельсунн, Ис-фиорд, Грён-фиорд – на острове Западный Шпицберген, а также на островах Сёркапп, Земля Принца Карла, Эдж, Амстердам) множество необитаемых русских поселений, но не нашел ни одной действующей промысловой экспедиции [Keilhau 1831].

К выводу о прекращении русской деятельности на Шпицбергене после 1840 года пришел и шведский исследователь В. Карлхайм-Гюлленшельд [Carlheim-Gyllensköld 1900].

Количество памятников XIX века, зафиксированных археологами, очень невелико. В основном это капитально обустроенные поселения, которые, вероятно, сохранились от предыдущего периода поморской деятельности на Шпицбергене. Постройка такого типа была раскопана в северной части острова Сёркапп на поселении Скольтнесет. Комплекс XIX века датируется надписью «1837 года», процарапанной на костяном гребне.

Остатки сооружений, построенных в XIX веке, археологически не зафиксированы. Безрезультатным оказался даже целенаправленный поиск изображенного Ламоном русского поселения на южном берегу острова Эдж.

Необходимо отметить, что, согласно историческим и археологическим источникам, в этот период произошло большое количество убийств и ограблений. Так, в записках Кейльхау описано ограбленное судно, которое должно было отправиться на материк с поселения Пальфюодден (расположено «у входа в залив» Хорнсунн) [Keilhau 1831]. Судно было найдено в 1820 году. Судя по описаниям, там было десять трупов, сложенных в ящик на корабле, еще два трупа завернуты в циновку, еще один находился в доме.

Археологические исследования также привели к открытию целого ряда фактов, связанных с целенаправленным убийством людей. Одно из них связано с поселением Скольнесет, где на полу дома лежали два костяка. Более двадцати останков, захороненных в одной могиле, были

найдены при раскопках поселения Руссекейла. Кроме того, захоронения тел с явными признаками насильственной смерти были обнаружены на памятниках Имербукта, Кингхамна, Гамбургбукта, Скольтнесет. Экспертиза произведена В.Н. Звягиным, руководителем медико-антропологических работ Российского федерального центра судебно-медицинской экспертизы. Результаты анализов изложены в коллективной монографии «Материальная культура русских поморов по данным исследований на архипелаге Шпицберген. Поселения и погребения» [Старков и др. 2005].

1. Имербукта. Тупая травма головы с повреждением лобной кости (удар обухом топора?). Возраст – 35–40 лет.

2. Кингхамна. Рубленая рана головы с повреждением правой теменной кости, проникающая в полость черепа (рубящее орудие типа топора). Возраст – 40±5 лет.

3. Гамбургбукта. Колото-резаная рана правой височной области головы, проникающая в полость черепа (орудие типа ножа). Возраст – 25±5 лет.

4. Скольтнесет, у подножья креста. Рубленая рана левой половины лица с механическим разрушением скулового отростка верхней челюсти и прилегающих частей скуловой и клиновидной костей (острорубящее орудие типа топора). Возраст – 30–35 лет.

Подобные происшествия и прекращение русских промыслов на Шпицбергене были связаны с общим процессом деградации поморского промыслового хозяйства и, прежде всего, с упадком дальних промыслов, центрами которых являлись архипелаги Шпицберген и Новая Земля. Формирование промысловых артелей в XIX веке зачастую носило случайный характер, и попадали туда люди, далекие от принципов поморской солидарности.

Основные категории предметов материальной культуры

Многолетние исследования остатков русских промысловых поселений на Шпицбергене, проводившиеся как российскими, так и зарубежными археологическими экспедициями, позволили сформировать обширный фонд предметов материальной культуры, включающий не менее шестнадцати тысяч наименований. Невозможно переоценить значение этого собрания, особенно той его части, которая относится к раннему периоду освоения архипелага. Дело в том, что на материке находки этого времени отсутствуют. Немногим лучше обстоит дело и с материалами XVIII века, которые неспособны в достаточной мере отразить оснащение промысловых экспедиций, в том числе характер орудий зверобойных промыслов (гарпунов, спиц, рогатин), наземных транспортных средств (нарты, лыжи), многих элементов устройства быта, отдельных категорий духовной культуры. Не случайно в недавно вышедшей монографии «Культура русских поморов» [Базарова и др. 2005], совершенно отсутствует раздел о материальной культуре.

Шпицбергенские материалы, полученные главным образом из однослойных закрытых комплексов с хорошо сохранившимися предметами органического характера и обеспеченных абсолютными датами, в значительной мере восполняют этот пробел.

Общая коллекция предметов материальной и духовной культуры из раскопок на Шпицбергене может быть подразделена на несколько основных категорий: орудия промыслов и сопутствующие изделия, предметы быта; изделия, связанные с домашними ремеслами; детали судов и предметы судового обеспечения; предметы духовной культуры.

1. Орудия промыслов

Предметы, связанные с ведением морских зверобойных промыслов, представлены двумя основными видами: гарпунами и копьями (спицами).

Гарпуны и копья. Пять гарпунов с поселения Гравшён и из зимовочного лагеря экспедиции В.Я. Чичагова совершенно однотипны. Это довольно массивные орудия длиной 25,5–29 см с тщательно заостренным концом, от которого отходит боковой шип длиной 4–5 см. Снизу орудие завершается конической втулкой длиной от 7 до 11 см и диаметром 5–5 см (*рис. 9*).

Промысловые копья, которые служили для добивания загарпуненных животных или при охоте на берегу, довольно часто встречаются при раскоп-

ках. Они были найдены на поселениях Гравшён, Ван-Мюйденбукта, Руссекейла, Трюгхамна, Бёрнбайнфлюене, в зимовочном лагере экспедиции В.Я. Чичагова. Это орудия длиной от 30 до 50 см, листовидной формы, с вытянутым черешком. Черешок копья вставлялся в продольный паз древка и закреплялся в нем при помощи просмоленной бечевы или ремня. Для удержания обмотки угловые выступы в основании стержня отгибались наружу, выходя за пределы рукояти. Подобный способ фиксации крепежной обмотки применялся на Руси с древних времен [Колчин 1953]. Судя по полностью сохранившемуся копью с поселения Трюгхамна, копья снабжались короткими древками длиной менее 1 м.

Для предохранения лезвий от повреждения наконечники копий снабжались деревянными футлярами. Это были довольно массивные изделия, изготовленные, как правило, из цельного куска дерева. Овальные в разрезе, футляры имели закругленную конусовидную форму и оканчивались внизу фигурным вырезом. В верхней части некоторые футляры были снабжены сквозным отверстием прямоугольной формы, через который пропускался крепежный ремень. Один из футляров, найденный на поселении Трюгхамна, является разъемным. Он состоит из двух половин, которые стягивались друг с другом при помощи двух эластичных бандажей.

Рогатина. Рогатины, предназначавшиеся для охоты на белого медведя, были обнаружены на двух памятниках – в Руссекейле и зимовочном лагере экспедиции В.Я. Чичагова. Это массивные втульчатые орудия с тяжелым четырехгранным пером. Боковые грани пера несколько вогнуты внутрь, передний конец рогатины тщательно заострен.

Размеры рогатины со стоянки экспедиции В.Я. Чичагова: длина пера 30 см, ширина граней в средней части 3 см. В нижней части к перу приварена конусовидная втулка длиной 20 см. Диаметр входного отверстия 5,5 см. В нижней части втулки имеется круглое отверстие для гвоздя.

Топор для разделки туш. На поселении Мосватнет был найден массивный железный топор, значительно отличающийся от известных плотницких топоров и топоров-колунов. Для него характерно изогнутое лезвие, ширина которого (18,5 см) значительно превышает длину топора (15,3 см) и высоту обуха (7 см), что придает орудию секировидную форму. Топор снабжен бородкой длиной 2 см и оттянутой вниз пяткой длиной 1,2 см. Судя по сохранившейся части топорища, оно было насажено на обух с применением берестяной прокладки и расклинено при помощи металлической пластинки.

Рис. 9. Гарпуны

Ножи. Встреченные на большинстве раскопанных поселений, ножи относятся к числу наиболее распространенных индивидуальных находок на Шпицбергене. Они были важным профессиональным орудием промышленника и в то же время играли важную роль в быту. Все найденные экземпляры принадлежат к одному виду однолезвийного ножа с закругленным лезвием, поэтому их типологические особенности связаны лишь со способом оформления тупья (верхний край ножа) (*рис. 10*). Выделяется три типа клинков: с прямым тупьем; с тупьем, слегка приостренным к концу; с тупьем с выемкой у острия. Длина ножей колеблется от 19 до 27 см, длина клинков лежит соответственно в пределах от 13 до 17,4 см. Рукояти ножей изготовлены из дерева и рога оленя.

В комплект ножей входили ножны, которые подразделяются на три типа. 1. Кожаные ножны, украшенные тисненым орнаментом и кистями. 2. Кожаные ножны с деревянным каркасом (предназначались для массивных клинков). 3. Роговые ножны. Встречены в одном экземпляре в виде заготовки из рога оленя. Длина ножен – 21,3 см. Сверху и снизу они снабжены сквозными отвер-

стиями, предназначенными для прикрепления их к поясу и ноге.

Предметы, связанные с пушным промыслом. Большое количество деревянных изделий, найденных при раскопках, связаны с пушным промыслом – добычей песцов. Среди них – различные детали ловушек, самострелов, распялок для сушки шкурок. Последние представлены двумя видами: растяжка шкурок при помощи колышков и заостренных планок и распялки пружинящего типа.

С зимним промыслом песца связано применение сухопутных транспортных средств – ручных нарт и лыж. Находки остатков нарт в памятниках, связанных с освоением северных территорий, позволяют более полно представить облик русского землепроходца XVI–XVIII веков и уточнить детали его основного снаряжения. Археологические исследования на северо-востоке Таймырского полуострова и в Мангазее показали, что нарты являлись необходимым элементом снаряжения русского промышленника и землепроходца этого времени.

Детали нарт встречены на большинстве исследованных памятников на Шпицбергене. Типологически они совершенно аналогичны таймырским и мангазейским находкам XVII века. Детали нарт, найденные при раскопках, представлены всеми основными элементами: полозьями, вязками и копыльями.

Несмотря на известную фрагментарность, имеющийся материал позволяет получить довольно полное представление о шпицбергенских нартах XVI–XVIII веков. Они относятся к типу легких прямокопыльных нарт, снабженных двумя парами копыльев. Длина нарт не превышала 1,5 м, высота колебалась в пределах 30–32 см, а ширина достигала 31–35 см. Нарты обладали очень низкой посадкой – 6–6,5 см. Более крупные нарты составляли исключение. Так, нарта из поселения Ван-Мюйденбукта имела высоту 37,7 см, а высоту посадки – 10,7 см.

Ближайшие аналогии шпицбергенских нарт – ручные нарты Мангазеи. Совпадает форма копыльев, полозьев, способ крепления деталей и т. п., но мангазейские нарты отличаются гораздо большими размерами: их длина достигает 1,7–1,8 м, ширина – 40 см, а высота посадки – 14 см [Белов и др. 1981].

Фрагменты трех лыж были обнаружены при раскопках поселений Гравшён и Имербукта. Первая является фрагментом охотничьей лыжи-голицы. Она сохранилась на длину 94 см, ее ширина – 10,4 см. В средней части лыжи находилась ступательная площадка высотой 2,1 см, ниже которой имеется сквозное отверстие прямоугольной формы. На поверхности площадки видны частые мелкие отверстия с деревянными нагельками, которые служили для крепления берестяной накладки.

Такая накладка, по форме напоминающая ступательную площадку, была найдена на поселении Имербукта. Там же обнаружен фрагмент лыжи другого типа, длиной 71 см. Ее особенностью является относительно небольшая ширина в задней части (7,2 см) и наличие продольного желобка на скользящей поверхности.

Еще один фрагмент относится к типу промысловых лыж. Их особенностью является наличие парных отверстий по контуру, которые на нижней стороне соединены продольными желобками. Они служили для подшивки на скользящую поверхность камуса (меха с ноги оленя) или шкурки песца, которые обеспечивали лучшее скольжение и затрудняли заднюю отдачу, что было особенно важно при подъеме на снежные холмы.

Предметы рыболовства. Добыча рыбы на Шпицбергене не входила в разряд промыслов, рассчитанных на вывоз продукции на материк.

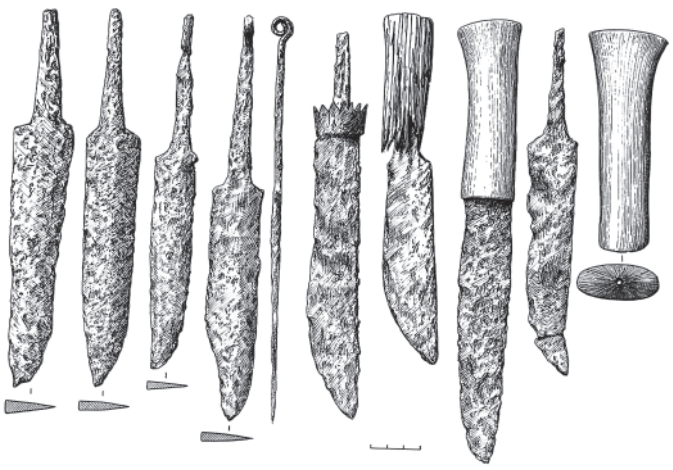


Рис. 10. Охотничьи ножи

Лов рыбы был ориентирован на внутреннее потребление, что было особенно важно в условиях круглогодичного пребывания на этом удаленном архипелаге. В процессе раскопок было обнаружено довольно много предметов, связанных с добычей морской и пресноводной рыбы, причем относительно большое количество сетевого снаряда было найдено на поселении Руссекейла. Это объясняется близостью поселения к озерам Линнея, Конгресс и Стемме, богатым рыбой семества лососевых. Предметы, связанные с рыболовством, подразделяются на две категории – рыболовные крючки и сети.

Железные рыболовные крючки были найдены на целом ряде памятников XVIII века. Все они отличаются большими размерами, особенно крючок с поселения Гравшён, длина которого достигает 10 см. Крючки изготовлены из круглой проволоки, концы их тщательно заострены и снабжены довольно длинными жальцами, верхние концы уплощены расклепкой. В целом эти изделия аналогичны как более ранним типам русских рыболовных крючков [Колчин 1953], так и близким по времени крючкам из центральной России и северной Сибири [Никитин 1971; Суворов 1951].

Основное количество атрибутов, связанных с добычей рыбы, относится к атрибутам сетевого рыболовства. Среди них имеются остатки сетей, связанных из двойного крученого шнура (размер ячейки – 7 см). Большинство сетевого снаряда привозилось на Шпицберген с материка, однако в XVIII веке на архипелаг начинает завозиться прядено для вязания сетей на месте. На ряде поселений этого времени были обнаружены иглы для вязания сетей (поморское название – «клещица»), а также шаблоны. Имеются также костяные иглы, которыми ремонтировались порванные сети.

Остатки сетевого снаряда представлены в находках одним грузилом-кибасом в виде камня, оплетенного полосками бересты. В отличие от других кибасов этого времени, у шпицбергенского грузила отсутствует дужка – возможно, она была утрачена в более позднее время.

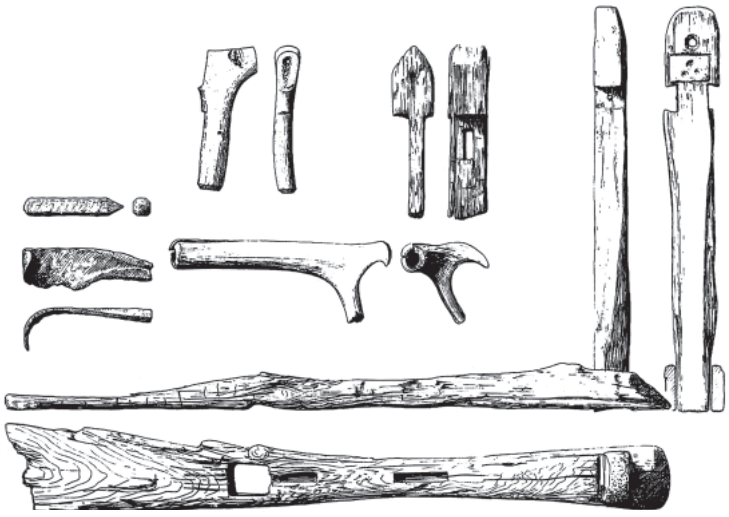


Рис. 11. Токарный станок и его атрибуты

2. Орудия труда

До начала широких археологических исследований специалисты, изучающие поморскую культуру, практически не располагали данными о быте зимовщиков-груманланов. Многим авторам он представлялся как беспрерывное превозмогание психологического давления и череда различных заболеваний, обусловленных вынужденным бездельем во время полярной ночи. Разумеется, был и психологический груз, и заболевания, но так называемые «периоды безделья» поморы старались сводить к нулю. Время зимовщиков было заполнено постоянным трудом. Помимо мелких работ по ремонту одежды, обуви, орудий промыслов и т. п., в период зимовки поморы осуществляли весьма значительную и разнообразную производственную деятельность.

Выше уже говорилось о том, что практически на всех поселениях были обнаружены следы существования домашних ремесел. В XVIII веке крупные становища имели специализированные производственные мастерские.

Кузнечное дело. Остатки кузницы были обнаружены на поселении Руссекейла. Она занимала отдельное помещение с собственным входом с улицы. Посреди боковой наружной стены находился горн; здесь же был найден различный инструментарий в виде кузнечного зубила, клещей, щипцов.

Токарное производство. На целом ряде памятников – Стаббэльва, Слеттнесет, Вилкинсбукта, Кингхамна и других – были найдены различные предметы, связанные с токарным производством:

фрагменты станков, резцы, ручки от резцов, заготовки и отходы производства, мелкие поделки (*рис. 11*). Среди последних – шахматные фигурки, фигурное навершие мебели и другие предметы.

Особый интерес представляют несколько фрагментов токарных станков, один из которых (из поселения Слеттнесет) сохранился почти полностью. Конструктивно это станок с лучковым приводом длиной 74 см.

Точильные камни. Большинство точильных камней, часто встречающихся при раскопках, изготовлено на месте. Они имеют прямоугольную форму и в отдельных случаях снабжены сквозными отверстиями или желобками, которые служили для прикрепления их к поясу.

На ряде памятников (Гравшён, Руссекейла) были найдены остатки стационарных точильных станков, состоящих из деревянного крепления и точильных кругов диаметром до 30 см.

Сапожный инструментарий. Остатки сапожного производства обнаружены практически на всех исследованных памятниках. Особенно многочисленны обрезки кожи и сапожные колодки. Были найдены также сапожные молотки, шилья изогнутой формы и ручки от них. На поселениях Фарнхамна и Хабенихтбукта были найдены колодки для детской обуви длиной 14,5 см.

Деревообрабатывающие инструменты. Орудия для обработки дерева представлены богатой и разнообразной серией. Особенно велика коллекция топоров, среди которых выделяются столярные и плотницкие. Наиболее многочисленны плотницкие топоры, которые имеют клиновидную форму с прямым или слегка закругленным лезвием. Их длина лежит в пределах от 15 до 17 см. На поселении Дундербукта найден топор укороченных пропорций – его длина составляет всего 11 см при ширине лезвия 10 см. Можно допустить, что он относится к типу столярных топоров.

Сверла. Среди шпицбергенских сверел наиболее частотны сверла перовидного типа с плоской головкой ромбической формы. Они имеют слабо выраженную коническую форму стержня, который завершается желобчатым участком (пером), который составляет не менее 1/3 длины всего инструмента. Подобные сверла использовались, как правило, в сочетании с лучковым приводом, но иногда ими работали и вручную. К числу единичных находок относятся буравы и коловороты.

Мерные линейки. Среди рабочих инструментов обращают на себя внимание две мерные линейки с поселений Гравшён и Имербукта. Эти предметы однотипны и представляют собой деревянные планки с нанесенными на них делениями. Концы планок приострены двусторонними срезами, что предохраняло их от разрушения.

Одна из линеек сохранилась фрагментарно – на длину 20,3 см. В центральной части на линейку нанесено центральное деление в виде трехлучевого знака. От него к концу линейки через равные интервалы нанесены три поперечные насечки, делящие все пространство на интервалы, равные 4,5 см. Эта длина соответствует вершку XVII века, а четыре деления, его составляющие, равны четверти аршина, или 71,12 см. Таким образом, вся линейка представляла собой полуаршин.

Аналогичный размер имеет и вторая линейка, однако деления на ней не соответствуют стандартам древнерусских мер длины. По всей вероятности, они связаны с какими-то производственными операциями.

3. Предметы бытового обихода

Предметы быта составляют наиболее массовую категорию находок на Шпицбергене. Они включают практически все виды изделий, необходимых для полноценного обитания в экстремальных условиях многомесячной изоляции: керамическую и деревянную посуду, кухонную и столовую утварь, бондарные изделия, светильники, приспособления для шитья и многое другое.

Особенно богатую коллекцию домашней утвари составляют изделия из керамики – посуда, сковороды и светильники. Нужно отметить, что, хотя русская керамика периода феодализма изучена в целом неплохо, изделия более позднего этапа этого периода (XVI–XVII века) исследована намного хуже. Помимо обобщающего труда Р.Л. Розенфельда [Розенфельд 1968], ей посвящены лишь небольшие разделы в нескольких общих работах [Белов и др. 1981; Грач 1957]. Что же касается керамики Русского Поморья, то она вообще оказывается белым пятном. Шпицбергенские материалы в значительной мере восполняют этот пробел.

Сероглиняная керамика. Сероглиняная (и однородная с ней красноглиняная) керамика представлена несколькими основными типами изделий, широко использовавшимися в жизни поморов. Среди них – горшки, корчаги, миски, сковороды, тарелки и разнообразные крышки. Наиболее многочисленную группу керамических изделий составляют горшки. Они представлены фрагментами примерно 300 сосудов.

Более восьмидесяти из них – миски, то есть высокие сосуды с наклонными прямыми стенками, выполнявшие функции столовой посуды. Высота мисок колеблется в пределах от 5,5 до 5,8 см. Количество фрагментов тарелок невелико – девять.

При раскопках шпицбергенских памятников было обнаружено шесть сковород, одна из которых (с поселения Вилкинсбукта) представлена почти целым экземпляром. Столь незначительное количество этих предметов в какой-то мере объясняется тем, что в XVIII веке широкое распространение получают металлические сковороды, остатки которых были найдены на целом ряде шпицбергенских памятников.

К разряду сероглиняной керамики относятся жировые светильники, повсеместно встречаемые при раскопках. Освещение жилищ при помощи лучин, по-видимому, не практиковалось: ни письменные, ни археологические источники не содержат об этом никакой информации. Применение жировых светильников отражено даже в северорусском фольклоре. В одной из старинных поморских песен рассказывается:

Я-то добрый молодец, помор же,
Я на Грумант-от ходил не год, не два же
И не три годочка –
Я ходил-плавал двенадцать-то годочков,
Зимовал-то двенадцать зим-то на пустом местечке.
На пустом-то местечке жил я в пустой избушке,
Хорошо-то было мне, весело провожати,
Когда сало-то есть у меня зажигати,
Вот во сальничек его засветити,
Тогда поздны-ти поздни-ти вечерочки
Я из оленьих-то шкур я шил да одежду.

[Липец 1950]

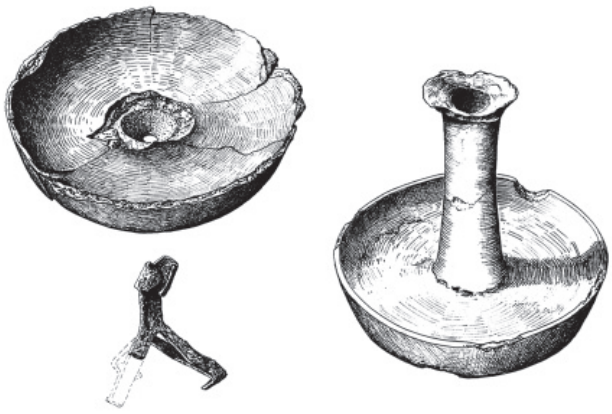


Рис. 12. Жировые светильники

Жировые светильники (сальники) подразделялись на два типа. Одни имели вид широкой плоскодонной плошки овальной или круглой формы. В одном или двух местах они снабжались носиками, куда помещались фитили. Фрагменты подобных светильников были найдены на пяти поселениях XVIII века.

Большее распространение имели светильники второго типа. Их основу составлял круглый поддон, на котором устанавливался стоян цилиндрической формы высотой 8–12 см. В его верхней части крепилась глубокая плошка, куда заливался жир и крепился фитиль (*рис. 12*).

Чернолощеная керамика. Керамика этого типа представлена большой группой сосудов, хотя количественно она уступает сероглиняной керамике. Чернолощеная керамика в основном тонкостенная, отличается плотным тестом, серого цвета в изломе. Керамика залощена сплошь, орнамент отсутствует. Основная масса этой керамики этого типа присутствует на памятниках конца XVII – первой половины XVIII века. Она представлена горшками, мисками, ладками, небольшими по размеру плошками и жаровнями. Горшки довольно малочисленны. Их характерной особенностью является миниатюрность. Высота одного относительно хорошо сохранившегося горшка составляет всего 9 см, а диаметр венчика – 10 см.

Чернолощеные миски количественно также уступают сероглиняным, хотя по форме они довольно близки.

Ладки – кухонная посуда, предназначавшаяся для приготовления тушеных блюд. От сковород

их отличает довольно большая высота и наличие крышки и боковой трубчатой ручки, куда вставлялась деревянная рукоять.

Керамические изделия позднего периода промыслов (последней четверти XVIII – первой половины XIX века) встречены на поселениях Сёркаппватнет, Трюгхамна и Скольтнесет. Ассортимент изделий исчерпывается горшками, мисками и кувшинами. На поселении Скольтнесет обнаружен сложнопрофилированный сосуд с фигурной боковой ручкой.

Вся керамика изготовлена из тонкого светло-серого, белого или красного теста и покрыта с наружной стороны красноватым ангобом или поливой зеленого или коричневого цвета.

Деревянная и металлическая хозяйственная утварь. Деревянные ковши относятся к разряду редких археологических находок. Единственный классический резной ковш был обнаружен на поселении XVII века Мосватнет. Он имеет овальную чашу ладьевидной формы длиной 15 см.

Типологически близкий ковш, изготовленный из железа, найден на поселении Дундербукта. Круглая в плане чаша диаметром 12 см довольно низкая (высота стенок 3 см), на передней стенке имеется небольшой носик. Дно чаши плоское.

Уполовники – ложки для разливания пищи – встречены на многих памятниках XVI–XVIII веков. Часть из них изготовлена на месте. В отличие от привезенных с материка, они довольно грубо обработаны; чаши изготовлены методом выжигания огнем.

Ложки составляют довольно обширную коллекцию, в которой преобладают привозные рыночные экземпляры. Ложки имеют традиционную русскую форму. У некоторых из них довольно короткие ручки (длиной 7 см), богато украшенные резными кольцевыми канавками и шаровидным навершием на конце (*рис. 13-1*). Одна из ложек, датируемая XVII веком, относится к разряду простых ложек с укороченной ручкой. На конце ручки имеется орнамент в виде кольцевой канавки. Все привозные ложки являются, по всей вероятности, продуктом производства одного из северорусских центров деревообделочного ремесла – Кирилло-Белозерского или Соловецкого монастырей.

Из других видов деревянной утвари отметим фрагмент резного блюда диаметром 25 см, кухонные корыта, бондарные изделия (бочки, бочонки, баклаги, кадки, ведра, шайки, лохани, берестяные туеса (*рис. 14*), кухонные доски, скалки, мутовки).

Металлические предметы этого круга вещей представлены сковородами, чапельниками, ухватами,

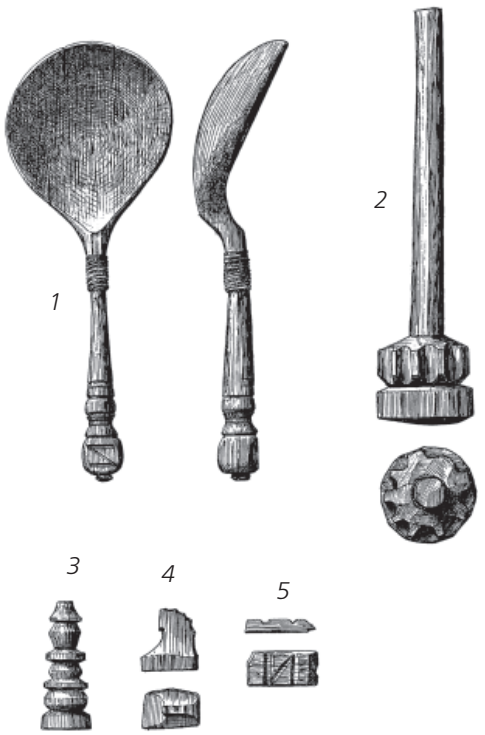


Рис. 13. Предметы быта и духовной культуры

1 – ложка деревянная, 2 – деталь часового механизма, 3, 4 – шахматные фигуры, 5 – фишка игральная

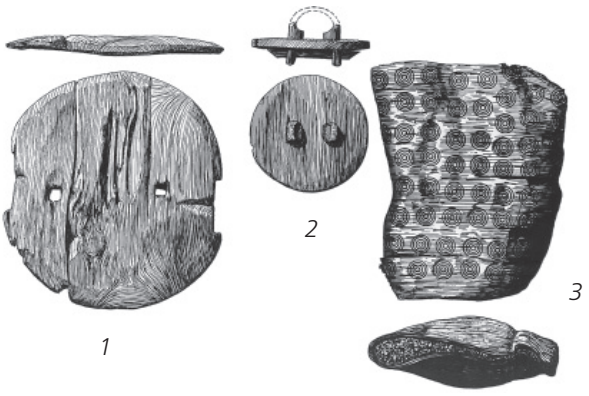


Рис. 14. Детали туесов

1, 2 – крышки деревянные, 3 – корпус берестяной

кочергами, а также служившими для подвески туш подвесными крюками, среди которых имеются крюки с заостренным концом.

Приспособления для шитья. При раскопках на Шпицбергене найдено два целых и три незаконченных костяных наперстка. Подобные находки представляют большую редкость в русской археологии, в отличие от металлических наперстков, хорошо известных по раскопкам в Москве [Розенфельд 1971: 264].

Наперстки изготовлены из трубчатой кости и имеют форму усеченного конуса. Вся боковая поверхность изделий покрыта рядами мелких углублений, которые сверху и снизу ограничены поясками в виде двойных тонких кольцевых линий. Передняя стенка отсутствует. Высота наперстков – 1,8 см, диаметр отверстий – 1,8 и 0,8 см (*рис. 15-1*).

Металлические иглы пока на Шпицбергене не обнаружены, известна лишь одна костяная игла длиной 6 см. Для хранения игл применялись игольники. Нам известны четыре игольника, которые датируются XVIII веком. Они изготовлены из трубчатой кости и имеют 7,3 см в длину. В верхней части игольников есть сквозное отверстие или круговой желобок для крепления тесьмы, в которую втыкались иглы. О широком применении русскими землепроходцами подобных предметов говорят многочисленные находки в Мангазее [Белов и др. 1981], на северо-востоке Таймыра [Станкевич 1951] и в других местах.

На поселении Мосватнет была обнаружена небольшая по размерам костяная катушка с остатками ниток-жилок. Ее высота – 2,2 см, диаметр бортиков – 2,5 см (*рис. 15-2*).

При шитье одежды из шкур животных требовалось тщательно заглаживать швы, что производилось специальным инструментов – лощилом. На поселении Гравшён было найдено хорошо сохранившееся лощило, изготовленное из китовой кости. Оно представляет собой пластину длиной 23 см и шириной 4,8 см с закругленными концами. Все края лощила сильно окатаны. Еще одно аналогичное лощило было изготовлено из ребра белого медведя.

Почти все гребни, найденные при раскопках, – мужские, предназначенные для расчесывания бород и усов. Часть гребней привозные, но

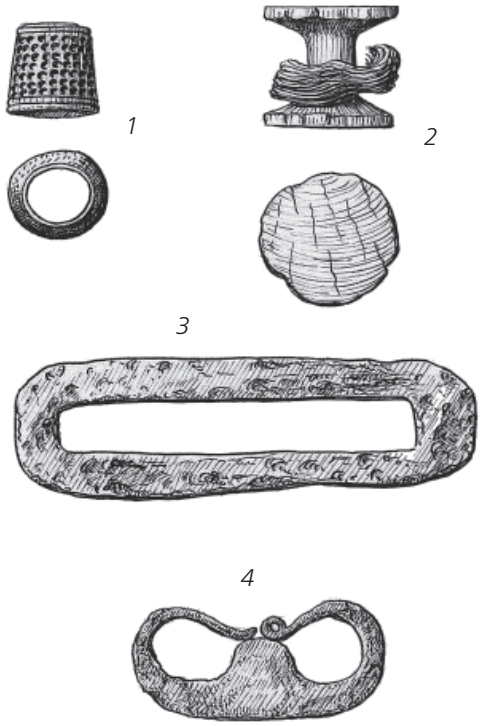


Рис. 15. Предметы быта
1 – наперсток костяной,
2 – деревянная игрушка с нитками, 3,4 – кресала

большинство изготовлено на месте из китовой кости. Типологически они совершенно однородны. Все они двурядные и имеют трапециевидную, или (реже) прямоугольную форму. На поселении Гравшён была обнаружена заготовка большого женского гребня трапециевидной формы.

Шарнирные ножницы обнаружены на двух поздних памятниках XVIII (поселение Гравшён) и XIX (поселение Скольтнесет) века. Разнице в датировке соответствует и форма изделий: ножницы из Гравшёна имеют более архаичный вид, их кольца разомкнуты. У более поздних ножниц – большими сомкнутыми кольцами диаметром 6,8 см.

Первые шпицбергенские веретена были известны по раскопкам В. Карлхайм-Гюлленшельда на Северном Русском острове в 1898 году. Сегодня коллекция этих изделий довольно велика: они обнаружены на многих русских поселениях. Многие из них выточены на токарных станках. Точеные веретена снабжены изящными удлиненными головками и украшены кольцевым орнаментом.

Особенно богато орнаментировано веретено из поселения Руссекейла: мелкие кольцевые узоры дополняются высоким рельефным пояском. Веретена имеют местное происхождение. Они предназначались для того, чтобы быть подарком, который готовился к времени возвращения на родину.

Все шпицбергенские кресала (металлические огнива для высекания огня) типологические разделяются на две группы: овальные (*рис. 15-3*) и калачевидные (*рис. 15-4*). Находка кресал калачевидной формы в памятниках позднего времени (вторая половина XVIII века) представляет интерес, поскольку существовало мнение о том, что кресала этого типа доживают лишь до середины XIII или даже лишь до XII века, после чего сменяются на кресала овальной формы [Колчин 1953; Хомутова 1982]. Не исключено, что здесь мы имеем дело с какими-то локальными особенностями материальной культуры населения северной России.

Берестяные табакерки для нюхательного табака неоднократно встречены при раскопках. Сохранилось четыре почти целых табакерки с крышками. Все они связаны с памятниками XVIII века. Табакерки изготовлены из бересты и представляют собой овальные в плане коробочки высотой 3,5–5 см и длиной 7,2–12 см. Они закрывались плоскими деревянными крышками с ременными петельками в средней части. Тулово табакерок украшено орнаментом из прорезных или тисненых узоров.

Заканчивая описание бытовой утвари, отметим некоторые единичные предметы: кожаные снеговые очки с узкими прорезями, двусторонний ланцет, разнообразные крышки, деревянные лопаты, вальки, скалки, деревянные детали настенных часов (*рис. 13-2*).

4. Одежда и обувь

Сведения об одежде русских промышленников на Шпицбергене крайне малочисленны. До нас дошли лишь небольшие фрагменты ткани, которые не позволяют судить о виде и покрое одежды, а также пуговицы, рукавицы и шерстяной вязаный чулок. В своей публикации о раскопках на Северном Русском острове В. Карлхайм-Гюлленшельд пишет о находке там вязаной шапочки.

Пуговицы, найденные при раскопках, весьма разнообразны. Они изготовлены из меди, дерева, кожи и кости. Наиболее многочисленны дутые медные пуговицы с петельками, припаянными к внутренней стороне. Деревянные и костяные пуговицы более просты по изготовлению. В частности, деревянные пуговицы, предназначенные для верхней одежды, имеют форму короткого круглого стержня с желобком в средней части.

Шерстяной чулок из поселения Скольтнесет связан крупной плотной вязкой из толстой крученой пряжи серого цвета. Чулок прямой, без пятки; его длина 58 см. Такого рода чулки были предназначена для ношения под башмаками.

Башмаки при раскопках не были обнаружены, а вся кожаная обувь представлена остатками сапог. Судя по ним, в употреблении были сапоги с прямыми голенищами высотой до 50 см.

Помимо сапог, на всех поселениях было обнаружено большое количество кожаных обрезков и десятки деревянных колодок, что свидетельствует о широком производстве обуви на местах промыслов. Кроме сапог, в качестве зимней обуви употреблялись валенки.

Гораздо меньше были распространены лапти. Известно всего три косоплетеных берестяных лаптя из поселений XVIII века, которые употреблялись в качестве домашней обуви.

Интересную серию предметов кожаной одежды составляют рукавицы. Найдено шесть рукавиц от пяти пар. Все они относятся к так называемым «рукавицам-голицам», которые не имели теплых подкладок, а надевались поверх вязаных варежек. Все рукавицы – цельнокроеные с подкроенным большим пальцем, сшиты внутренним швом. Раструбы рукавиц украшены тисненым орнаментом.

5. Предметы духовной культуры

Жители Русского Севера – поморы – составляли в описываемое время среду, в которой прочно укоренились традиции национального культурного традиционализма. Являясь одним из центров внутренней и внешней торговли России, архангельский Север и Кольская земля не могли считаться обособленной окраиной страны. Отсутствие крепостного права и особенности хозяйственной деятельности поморов, основанной на длительных

морских походах, в значительной мере предопределили развитие грамотности и общий высокий уровень культуры.

Жители Поморья в XVI–XVII веках были в большинстве своем грамотными людьми. По данным Д.С. Лихачева, более 60% землевладельцев Русского Севера умели читать и писать [Лихачев 1946]. Как и повсюду на Руси, на Севере в описываемое время существовали школы. Известна школа в Кирилло-Белозерском монастыре, а также во многих селах, причем подчас весьма удаленных: в Обонежье, на берегу Белого моря, в районе Кириллова монастыря и других местах [Лихачев 1946]. Кроме того, в Поморье существовала традиция домашнего обучения детей: грамотный родитель «считал своим долгом иметь грамотного сына» [Ушаков 1972]. Эти традиции сохранились и в более позднее время. Так, по ревизским сведениям за 1788 год, «в Варзужской и Умбской волостях практически в каждой семье насчитывалось 1–2 грамотных мужчин» [Бернштам 1983].

Деятельность поморов как мореплавателей, освоивших огромные просторы Северного Ледовитого океана от архипелага Шпицберген до полуострова Таймыр, была бы невозможной без высокого уровня интеллектуальной подготовки. Они должны были уметь читать морские лоции, пользоваться путевыми картами, работать с навигационными приборами: градштоками, магнитными компасами, компасными солнечными и лунными часами, которые были известны в Поморье уже в начале XVII века [Данилевский 1951; Белов и др. 1980].

Предметы духовной культуры русских поморов, обнаруженные на архипелаге Шпицберген, поражают своей многочисленностью и разнообразием. В их число входят надписи (в том числе тексты), предметы культа, элементы изобразительного искусства, шахматы, музыкальные инструменты, календари. В этот же список можно включить навигационные приборы (градшток и магнитные компасы), а также мерные линейки-полуаршины.

Надписи. Коллекция шпицбергенских надписей включает в себя более тридцати наименований – это тексты, отдельные имена, инициалы и даты. Все они вырезаны на различных деревянных предметах, за исключением двух, нанесенных на

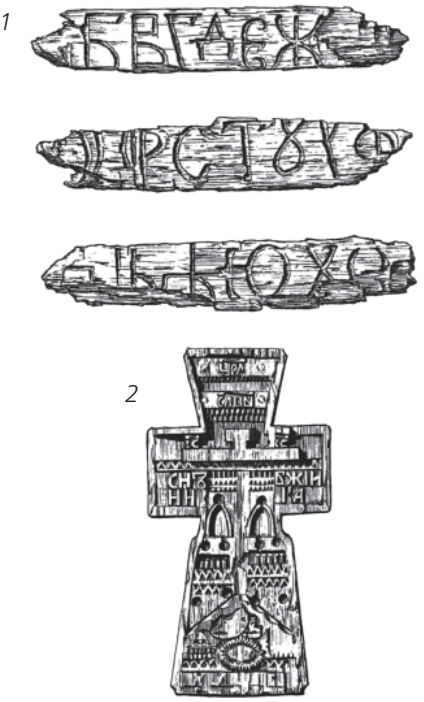


Рис. 16. Предметы духовной культуры
1 – алфавит, 2 – крест-мощевик

поверхности точильного камня и китового позвонка. Наиболее ранние из них (семь надписей) датируются XVI веком.

К категории наиболее редких и неординарных предметов духовной культуры относится алфавит, найденный на поселении Сёркаппватнет на острове Сёркапп – самом южном в системе архипелага. Постройка, где был обнаружен алфавит, является плохо дифференцируемым двухкомпонентным комплексом, один из которых датируется второй половиной XVI века, а второй – XVIII веком.

Буквы древнерусского алфавита вырезаны на трехгранной планке длиной 10 см (*рис. 16-1*). Планка изготовлена тщательно, ее ровные грани имеют одинаковую ширину (2 см), их поверхность аккуратно заглажена. Буквы вырезаны крупным, четким русским полууставом, несколько искусственным по начертанию. Это явно не случайная прорисовка алфавита, а специально изготовленное учебное пособие, имеющее, вероятно, рыночное происхождение. К сожалению, концы планки сохранились плохо, и часть букв (А, З, Х, Я) не читаются.

Аналогии этому предмету отсутствуют; вероятная дата его изготовления – конец XVI века. Т.В. Николаева, один из ведущих специалистов в области древнерусской палеографии, допускала возможность его создания и в более раннее время – в конце XV века. Сотрудник Государственного исторического музея Л.И. Костюхина видит в начертаниях букв известную нарочитость, вызванную подражанием более ранним образцам, в силу чего допускает возможность существования аналогичного письма у старообрядцев даже в XVIII веке. Таким образом, по ее мнению, дата изготовления этого предмета может быть расплывчатой, однако, принимая во внимание его залегание вне комплекса XVIII века, убедительнее более ранняя его датировка (конец XVI века).

Большой и интересный по содержанию текст был найден на поселении Ван-Мюйденбукта в 1975 году В.С. Корякиным, сотрудником экспедиции Института географии РАН. Текст был обнаружен в сборах на разрушенном участке двухслойного поселения, нижний горизонт которого датируется концом XVI века, а верхний – XVIII столетием. Однако содержание текста уверенно связывает эту находку с ранним комплексом памятника. К сожалению, залегание ее на поверхности почвы нанесло значительный ущерб предмету: его поверхность выветрена и покрыта трещинами. Это привело к утрате значительной части текста.

Надпись была вырезана ножом на внешней плоскости непонятного корытообразного изделия размером 30 × 8 см, сохранившегося в виде двух фрагментов. Она выполнена крупным русским полууставом естественного, живого рисунка, строка не делится на слова. Палеографический анализ текста, выполненный в Государственном историческом музее (Л.М. Костюхина), показал, что по своему начертанию буквы более всего соответствуют периоду последней четверти XVI – первой четверти XVII века.[1] Это подтверждается имеющимися в тексте датами (буквенное изображение с титлами) – 1593 и 1594. Приблизительный, неполный перевод текста выглядит следующим образом: *«Богу 1594 тут во зали(ве)... 1593... во 1594 г... у Мирешн и кто де(лал)»*.

[1] Изображение подлинных надписей см. в [Старков 1988: 50–54].

Рис. 17-1. Деревянные изделия с надписями. Ковш

На этом же памятнике была найдена еще одна надпись-автограф, вырезанная на поверхности китового позвонка: *«Андрей...ов»*.

Целая группа надписей была обнаружена при раскопках одиночной постройки в районе реки Стаббэльва на острове Западный Шпицберген. Дендродата памятника – 1589 год. Это был довольно большой двухчастный дом (теплая изба и сени), рассчитанный на проживание примерно четырех человек. Столько же имен, вырезанных на деревянных предметах, было обнаружено при раскопках этого сооружения. Одно из них, вероятно, повторяется дважды: в виде полного имени – *«Галаха Кабачев» («Галактион Кабачев»)* и инициалов – *«ГНК»*. Второе имя также представлено инициалами *«ЛТ»*.

Еще два имени входили в состав поминального текста, вырезанного на поверхности деревянного ковша, который был изготовлен на месте и, вероятно, использовался в поминальном обряде (*рис. 17-1*). Перевод текста следующий: *«Иван Петро Вапе Панова сорочено дело» (Иван Петров справлял сороковой день по Вапе Панову»)*.

Еще один текст поминального характера был найден в подстилающем слое (в слое со щепой ниже уровня пола) дома № 1 поселения Гравшён. По данным дендрохронологии время существования этой постройки определяется двумя абсолютными датами: 1548 и 1592 годы [Черных 1990]. В более позднее время на территории поселения были сооружены еще две постройки.

В современной транскрипции текст читается следующим образом: *«Преставися миринининъ от города» («Умер мирской житель города»)*. Надпись выполнена полууставом и не разделена на слова. Она весьма интересна и наполнена довольно большим содержанием. Во-первых, в ней сообщается, что умер житель «города», т. е. Архангельска, – именно этот населенный пункт именовался в Поморье городом. Во-вторых, сказано, что этот промысловик был мирским человеком – так мог выразиться только не «мирянин», то есть монах. Отсюда можно сделать вывод, что на поселении Гравшён проживала промысловая артель одного из беломорских монастырей, в которой в качестве «морских и промышленных знатцев» находились жители Архангельска. Сложно говорить о хронологии событий, отразившихся в тексте, но известно, что еще в конце XVII века церковные власти поморского Севера заказывали к постройке большие суда для ведения зверобойных промыслов [Белов и др. 1980].

В верхнем слое (слой заполнения жилища) был найден еще один текст, вырезанный на поверхности толстой доски. К сожалению, доска была расколота еще в древности, и текст сохранился не полностью. Его перевод: *«30...мова ...тиков»* (*рис. 17-2*). Расшифровка содержания надписи не очень сложна, но весьма неожиданна: *«30 лет зимовал ...тиков»*. Судя по месту нахождения, указанный предмет относится к XVIII веку, однако, по мнению Т.В. Николаевой и Л.М. Костюхиной, палеографические признаки текста позволяют датировать его XVII столетием. Отнесение подобной информации к раннему периоду освоения Шпицбергена, то есть к XVI или XVII веку, представляется довольно проблематичным. Скорее всего, многолетняя зимовка «...тикова» проходила в XVIII столетии, в период расцвета поморского промыслового дела на архипелаге, когда на берегах лагуны Гравшён существовал поселок, состоящий из трех домов. В любом случае важность этой находки неоспорима: это первое известие о многолетнем проживании человека на этих удаленных арктических островах. Другое известие на эту тему относится уже к первой половине XIX века и связано с именем известного помора Ивана Старостина, который прожил на Шпицбергене 32 года, 15 из которых безвыездно, и похоронен там в 1826 году.

Рис. 17-2. Деревянные изделия с надписями. Доска

Интересная надпись была обнаружена на поселении XVIII века Имербукта. Она вырезана на наружной стороне дна деревянной тарелки. В верхней части дна крупным русским полууставом нанесено: *«сия т...»*. Не закончив букву «Т», автор обнаружил, что предполагаемый текст не помещается в одну строку, и повторил надпись еще раз: *«сия тарелка»*. К сожалению, эта мемориальная надпись так и осталось неоконченной, поскольку не указан владелец тарелки.

Большое количество надписей связано с поселением Руссекейла, которое было раскопано скандинавскими археологами в 1956–1960 годах (материал хранится в музее города Тромсё). Это один из самых крупных и популярных русских памятников на Шпицбергене; именно здесь провел большую часть своей жизни упомянутый выше И. Старостин. К сожалению, найденные там тексты практически нечитаемы. Один из них нанесен на богато орнаментированной прялке, которая еще в древности была расщеплена по длине. Скол прошел по верхней строке текста, так что сохранились лишь верхние окончания букв.

Вторая надпись покрывала поверхность точильного бруска прямоугольной формы, который также сильно фрагментирован. Кроме того, текст был испорчен вторичной штриховкой. Удалось прочесть только его небольшую часть: *«по тебе»*. На памятнике были обнаружены также два деревянных предмета с вырезанными на них датами: кухонная доска (*«1786 году»*) и потолочная балка (*«1778»*), а также футляры для копий с инициалами владельцев. Для поморов XVIII века вообще было характерно помечать инициалами или собственными именами промысловый инвентарь. Предметы с такого рода маркировкой – *«КК», «ПИК», «КГК», «Павла»* и др. – хорошо известны на Шпицбергене.

Грамотность поморов, ходивших на Шпицберген, подтверждается также находкой фрагмента книги: бронзовой застежкой, украшенной рельефными узорами.

Предметы культа. Прекрасным образцом русской деревянной пластики конца XVI века является резной деревянный крест, найденный на поселении Сёркаппватнет вместе с упоминавшемся выше алфавитом (*рис. 16-2*). Крест изготовлен из ценной породы дерева, скорее всего кипариса. Его обработка несет на себе несомненные признаки мастерства и филигранной техники исполнения.

Крест четырехконечный, его верхний и нижний концы заметно расширяются, отходя от средокрестия. Высота креста 14 см, ширина 7,3 см, толщина 1,5 см. Среднюю часть композиции занимает голгофный крест, стойка которого не сохранилась. Перекладина поднята к самому верху стойки. Крест опирается на вершину Голгофы, внутри которой изображен череп Адама в обрамлении венка. В районе средокрестия по обе стороны голгофного креста помещены два киотца с овальным верхом, которые служили для помещения мощей или резных костяных вставок – прием, известный в русском прикладном искусстве XVI века [Николаева 1971]. Здесь же имеется 10 круглых глухих отверстий, которые могли служить для крепления оклада или крышек киотцев. Пространство в районе Голгофы заполнено горизонтальными рядами мелких ломаных линий, изображающих стены Иерусалима. В верхней части креста нанесены ряды вертикальных насечек в виде бахромы; они формируют горизонтальное членение композиции. С ними, как и с верхним краем распяльного креста и основанием Голгофы, связаны ряды канонических надписей: *«царь славы», «Иисус Христос», «сын божий», «ника», «место лобное раб божий»*. По краям лицевая часть креста окантована рельефным бортиком шириной 2 мм. Все это придает изделию чрезвычайно насыщенный, нарядный вид и ставит его в ряд заметных произведений русской резной деревянной пластики XVI века.

Крест из Сёркаппватнет принадлежит к редким образцам русского декоративно-прикладного искусства этого времени: подобных изделий «украшенных орнаментально-сюжетной резьбой, от XVI века сохранилось сравнительно мало» [Николаева 1976], а в XVII веке резные кресты и иконки из кости и дерева были вытеснены металлическими литыми, и количество их в обиходе значительно сократилось.

Ближайшей аналогией шпицбергенскому кресту является обетный крест из деревни Лахмокурье Вологодской области, изготовленный из известняка [Николаева 1971]. Не исключено, что шпицбергенский крест является продуктом вологодского производства, где в XVI–XVII веках находился один из центров изготовления мелкой резной пластики из дерева, кости и камня.

Еще одно изображение голгофного креста было обнаружено в 1882 году шведским геологом Г. де Геером при раскопках русского поселения XVIII века в заливе Адвент-фиорд [Carlheim-Gullensköld 1900]. Крест вырезан на деревянной доске размером 12,5 × 7,5 см. Изображение довольно примитивно и лишено многих аксессуаров, отличающих древнюю традицию орнаментальной резьбы.

Представляет интерес икона-киот с поселения Руссекейла-2. Ее основу составляет рельефно вырезанное изображение трехкупольной церкви, в центральной части которой помещен киот для образка, перекрытый слюдяной вставкой.

Из других предметов культовой утвари отметим серебряные и бронзовые нательные крестики, иконы и деревянные складни с утраченным письмом, деревянный оклад с глухим узорным киотом под металлический образок.

Особо нужно остановиться на так называемых «приметных крестах». Являясь типичной состав-

ляющей поморской духовной и материальной культуры, кресты играли важную роль в жизни обитателей Русского Севера. По своей сути кресты полифункциональны. Они ставились на месте промыслов и являлись своего рода заявочным знаком на данный промысловый участок. Выполняли они и роль оберегов. Как писал в своих записках о путешествии на Шпицберген норвежский геолог Б.М. Кейльхау «Стоит ему <русскому помору. – *В.С.*> поставить свой крест, он уповает на особое покровительство всевышнего и смеется над бурным полярным морем» [Keilhau 1831]. Кресты выполняли функции также и обетных знаков и ставились вблизи дома в исполнение какого-либо обета или в память об избавлении от опасности. К этой функции близка другая – мемориальных сооружений, когда они воздвигались в память о каком-то неординарном событии. Являлись они и культовыми сооружениями: перед ними совершались соответствующие обряды, у их подножья поморы хоронили погибших товарищей (*рис. 18*).

Основное назначение крестов состоит в том, чтобы служить навигационными знаками. Без них поморские кормщики не могли бы совершать свои продолжительные морские походы. Кресты обозначали приметные места, указывая места волоков, морских опасностей, путевых меток, являлись береговыми створными знаками, давали ориентировку по сторонам света.

Рис. 18. Поморские приметные кресты (по [Atlas 1852])

Большую роль играли кресты и в создании благоприятного психологического пространства в местах обитания. Поморы не случайно выбирали для строительства становищ наиболее живописные места, где на возвышенных участках побережий выделялись рубленые постройки, дополненные высокими изящными крестами. Все это на фоне полярной тишины придавало комплексу торжественный храмовый оттенок и способствовало преодолению зимовщиками полярного экстремума.

Судя по изображениям крестов, представленных на гравюрах середины XIX века, многие из них были подлинными произведениями искусства [Atlas 1852]. Один из них, установленный в заливе Бельсунн, выделяется своим изяществом и пропорциональностью форм. Он покоится на нарочито массивном рубленом цоколе, с которым контрастирует высокая и тонкая стойка, увенчанная наверху двумя короткими перекладинами, покрытыми полотенцем, украшена бахромой и небольшим фигурным коньком. Все это усиливает изящество креста и подчеркивает его устремленность вверх. С наружной стороны крест покрыт резными иконками овальной формы и каноническими надписями.

Говоря о значении приметных крестов в навигационной практике поморов, нельзя не остановиться на нескольких штурманских приборах, найденных на Шпицбергене. Среди них обращает на себя внимание магнитный компас с поселения Шённингхолмане. Компас сохранился относительно хорошо, на картушке видны изображения розы ветров (восемь основных румбов). Детали двух компасов обнаружены на поселениях Имербукта и Руссекейла-2. Одна из них представлена деревянной основой компаса, а вторая – не полностью сохранившейся свинцовой картушкой. На поселении Руссекейла была найдена деревянная крышка от компаса. К числу редких навигационных приборов относится градшток («палка» в поморском лексиконе), который служил для определения широты, а также времени суток. Изделие сохранилось на длину 47 см. Оно представляет собой планку с продольным ребром, конец палки оформлен в виде рельефной ручки. Об использовании поморами морских карт и лоций свидетельствует находка на поселении

Трюгхамна штурманского пропорционального измерителя с сектором для измерения угловых величин.

Шахматы. Находки шахмат в культурных слоях древнерусских городов не являются редкостью. Эта игра была чрезвычайно популярна на Руси, что отмечали многие западноевропейские путешественники, посещавшие Московское государство в интересующий нас период XVI–XVIII веков. [Горсей 1990]. Не являлось исключением и Русское Поморье. Более того, отправляясь в дальние походы, оставаясь на длительную зимовку в отдаленных районах Сибири или на арктических островах, они ощущали настоятельную потребность в заполнении свободного времени – и шахматы играли здесь не последнюю роль. Не случайно богатые коллекции шахмат и шахматных досок были обнаружены в местах деятельности поморов на территории Крайнего Севера: в Мангазее [Белов и др. 1981], на полуострове Таймыр [Замятнин 1951], на острове Большой Бегичев в Хатангском заливе [Белов 1973], на архипелаге Шпицберген.

На Шпицбергене находки шахмат связаны со всеми основными хронологическими группами поморских поселений: XVI, XVII и XVIII века. Они составляют довольно богатую коллекцию, в состав которой входят более сорока фигурок и 7 досок.

Большинство фигурок вырезано на месте из дерева (*рис. 13-3, 13-4*). Почти все они выполнены в стиле абстрактно-геометрических фигур, за исключением коней и ладей. Кони изображены реалистически, в виде головы животного с круто изогнутой шеей, а ладьи изготовлены из заготовок цилиндрической формы, верх которых имеет двустороннее заострение и торцевую выемку. Основная масса фигурок имеет коническую форму. Они снабжены поясками, перехватами, утолщениями, характерными для традиционных фигурок XVI–XVIII веков. Исключение составляют три фигурки, входившие в состав одной партии с поселения Руссекейла (вторая половина XVIII века) и имевшие пирамидальную форму. В верхней части они завершаются шлемовидным навершием, отделенным от корпуса кольцевидным ободком.

Типологически близкую к резным конусовидным фигуркам форму имеют точеные фигурки рыночного происхождения, однако, в отличие от первых, они более изощренно украшены. Среди них выделяется фигурка высокого ранга (ферзь или король) с поселения Руссекейла. Фигурка массивна: ее высота 7,5 см, диметр основания 3 см. Средняя часть тулова имеет шаровидную форму диаметром 3,2 см и отделена от цилиндрического основания тремя приостренными поясками. Выше идет зона аналогичных поясков, которая завершается шаровидным навершием диаметром 1,5 см.

Особое место среди деревянных шахматных фигурок занимает резная фигурка короля (хранится в музее университета города Тромсё, Норвегия). Ее основу составляет конусовидный стержень высотой 8,2 см, диаметр основания – 4,2 см. На расстоянии 2,7 см на тулово нанесены косые заостряющие срезы, которые завершаются изображением человеческой головы высотой 4 см.

Это не единственная шахматная фигурка, увенчанная изображением человеческой головы. Большая художественная фигурка, изготовленная из моржовой кости, была обнаружена на поселении Руссекейла (хранится в музее университета г. Тромсё). Основание изделия составляет массивный цилиндр, выточенный на токарном станке. Его высота 4 см, диаметр 4,1 см. Поверхность украшена четырьмя рельефными поясками и нанесенными на них узкими кольцевыми канавками. Переход к голове оформлен в виде покатых плеч и шеи диаметром 1,7 см. Голова имеет объемные очертания, с четко выраженными элементами лица и ниспадающими назад волосами. Высота головы – 2,4 см.

Близкую аналогию этому изделию имеет фигурка из поселения Имербукта, от которой сохранилось лишь основание. Оно представляет собой довольно массивный костяной цилиндр высотой 3 см и диаметром 2,3 см. Верхняя часть изделия не сохранилась. Судя по негативу изображения, она было несколько смещена к одному из краев основания.

Две точеные костяные фигурки были найдены на поселении Логнедален. Одна из них, вероятно слон, довольно проста. Она состоит из массивного тулова, увенчанного шлемовидным навершием, и низкого дисковидного основания. Высота фигурки – 3,3 см, диаметр основания – 1,5 см. Вторая фигурка – король или ферзь – более сложна по

конструкции. Ее основу составляет украшенное рельефным кольцевым пояском конусовидное тулово, которое завершает шлемовидное навершие. Высота фигурки – 3,8 см, диаметр основания – 1,1 см.

На поселении Слеттнесет найдена незаконченная точеная костяная фигурка. О том, что это продукт местного производства, свидетельствует наличие в комплексе находок лучкового токарного станка.

Все шахматные доски, обнаруженные при раскопках, изготовлены на месте. Типологически они делятся на три вида: 1) с клетками, разграниченными узкими желобками (черные поля имели окраску); 2) с разновысоким делением (черные клетки имеют бóльшую высоту); 3) черные клетки выделены штриховкой в виде косого креста.

Шахматные доски относятся к категории редких находок в русских памятниках периода средневековья. Наибольшее их количество было найдено в Мангазее, где имеются доски, сходные со шпицбергенскими, за исключением досок третьего типа. Единственной аналогией последних является самодельная доска конца XVII века, которая была найдена при раскопках в Московском Кремле [Векслер 1971].

В заключение отметим, что до находки фрагмента доски на поселении Стаббэльва самыми древними русскими шахматными досками считались найденные в Мангазее (XVII век). Доска из Стаббэльвы датируется второй половиной XVI века.

Помимо шахмат, при раскопках были найдены и другие элементы настольных игр: костяные игральные кости и деревянные шашки (*рис. 13-5*).

Календари. Деревянные календари были обнаружены на целом ряде русских поселений XVIII века: Руссекейла, Руссекейла-2, Имербукта, Северный Русский остров, Дирксодден, Экролхамна. Почти все они относятся к разряду «недельных» и отличаются друг от друга лишь количеством нанесенных дней и условными обозначениями воскресений. Приведем описания некоторых из них.

Календарь из Руссекейла-2 изготовлен в виде треугольной в сечении деревянной планки длиной 15 см. Передний конец планки прямо обрезан, а задний уплощен и оформлен в виде ручки длиной 2,9 см. Деления нанесены по всей длине календаря на одной из его сторон. Они начинаются со знака в виде косого креста, после чего следуют прямые вертикальные насечки, причем каждые шесть насечек отделены друг от друга более сложным шестилучевым знаком. Таким образом, каждая группа делений содержит шесть простых и один особый знак, что соответствует числу дней в неделе. Интересно отметить, что, по данным В. Срезневского, знак, подобный шестилучевому, употреблялся в северорусских и скандинавских календарях для обозначения воскресений [Срезневский 1874]. Вполне вероятно, что данная находка является частью сборного годового календаря, на которой нанесены дни неполного месяца (три недели). На одной из плоскостей календаря нанесен знак в виде римской цифры IV или VI.

Аналогичный календарь был обнаружен при раскопках русской постройки на самом севере архипелага – острове Северный Русский. Он изготовлен в виде деревянной планки длиной 28 см, на поверхности которой нанесена разметка, рассчитанная на 30 дней. Будничные дни обозначены прямыми насечками, а воскресные – крестовидным знаком. Здесь же было найдено еще два календаря, на одном из которых было нанесено 38, а на другом – 96 дней [Carlheim-Gyllensköld 1900].

Календарь с делениями на недели был найден в 1861 году Г. де Геером (шведская полярная экспедиция) при раскопках в заливе Дирксодден. Он включал в себя 26 недель; будничные дни обозначены наклонными линиями, а воскресенья – вертикальными насечками [Carlheim-Gyllensköld 1900].

Несмотря на то что манера нанесения знаков на указанных календарях близка общерусской традиции, они существенно отличаются от обычных русских календарей: 1) количество дней нанесено произвольно и не составляет год; 2) основной принцип деления – по неделям; 3) отсутствуют обозначения праздничных дней.

В то же время нужно отметить, что «недельные» календари не являются чем-то необычным. В Национальном музее Финляндии хранится наборный годовой календарь, состоявший из 16 пластинок (сохранилось восемь из них), соединенных друг с другом. При изготовлении такого календаря

было безразлично, сколько недель поместится на одной из его частей – важно было иметь в сумме полный календарный год. Не исключено, что метка «IV» на календаре из Руссекейлы-2 обозначала его порядковый номер.

По своему назначению эти календари, по всей вероятности, должны быть отнесены к типу промысловых, основная цель которых – выделить какой-то промежуток времени. В России подобные календари использовались вплоть до XX века.

Особняком стоит календарь из поселения Экролхамна. Он представляет собой деревянную пластинку, по одному из краев которой вырезано 12 зубцов (что соответствует двенадцати месяцам года), а на боковой поверхности – 14 сквозных отверстий прямоугольной формы – половина четырехнедельного месяца. Методика пользования календарем проста: ежедневно в отверстие вставляется деревянный шпенек, а когда все отверстия заполнены, начинается ежедневная выемка. После извлечения последнего шпенька у месячного знака ставится метка.

Музыкальные инструменты. Среди предметов быта, которые поморы везли с собой на зимовку, имелись и музыкальные инструменты. Два из них, сохранившихся, к сожалению, в виде небольших фрагментов, были найдены на поселении Имербукта. Первый – головка гудка.

Гудок, струнный смычковый инструмент, который иногда называют «русской виолой», хорошо известен по раскопкам русских средневековых городов. Найденный на Шпицбергене фрагмент является так называемой головкой – верхней частью инструмента. Он плоский, заметно сужающийся к верху; торцевой край оформлен в виде волнистой линии. В нижней части заметен плавный изгиб к деке. С наружной стороны головка украшена орнаментом в виде чередующихся приостренных желобков и рельефных валиков. В верхней части изделия имеется сквозное отверстие, служившее для подвешивания его к стене. На расстоянии 5,5 см от верхнего края на внутренней стороне головки видны следы ремонта: отверстия от прошивки и паз под бандаж. Длина головки 11 см, толщина 1,2 см, ширина в нижней части 7 см, а в верхней 4,3 см.

Второй фрагмент принадлежал духовому музыкальному инструменту – рожку. Он представляет собой деревянную трубку, имеющую форму усеченного конуса. Узкий конец диаметром 2,5 см снабжен небольшим кольцевым утолщением, что способствовало его лучшему прижиманию к губам. Длина рожка составляла 29,2 см, диаметр выходного отверстия примерно 5 см.

Предметы духовной культуры русских поморов на Шпицбергене не исчерпываются, конечно, приведенным списком. Они представлены также многочисленными изделиями как местного производства, так и привозными, входившими в систему быта обитателей промысловых поселений. Среди них имеются фрагменты мебели, прялки, украшенные розетковидным орнаментом, заполненным лепестковыми или геометрическими узорами, изящные точеные веретена, костяные стержни, выточенные на токарных станках и украшенные нарядными поясками, а также различные кожаные изделия с оттисками сложного геометрического узора, заключенного в границы квадратного ромба. Большим изяществом отличается деревянная курительная трубка, увитая растительным орнаментом, аналогии которой не известны.

В заключение отметим три деревянных предмета, связанных с творчеством местных художников (*рис. 10*). Один из них был найден на поселении Руссекейла (хранится в музее города Тромсё). Это плоское изделие овальной формы с проушиной в верхней части длиной 17 см и шириной 9 см, на поверхности которого нанесено изображение северного оленя с утрированно густыми и ветвистыми рогами.

Второй рисунок помещен на доске. Лаконично и четко, одной изогнутой линией, художник изобразил контур коня, дополнив его прорезью треугольной формы, обозначив нижнюю часть тулова и ноги животного.

Третья находка – объемная резная фигурка какого-то фантастического животного (химеры). У изображенного существа маленькая заостренная головка, которая посажена на массивное туловище, покрытое волосами, в том числе гривой. Художник с большим мастерством изобразил мелкие детали объекта: маленькие стоячие уши, глаза, гриву. Последняя прямыми прядями простирается по туловищу, а на гребне изделия показана в виде рельефных зубцов.

О высоком уровне духовной культуры русских поморов говорится и пишется довольно много. На материке она выражена прекрасными образцами жилой и церковной архитектуры, рукописными лоциями и картами, сакральной живописью, художественной резьбой. Это так. Но только шпицбергенские материалы, с их многочисленными предметами материальной культуры, которые заключены в строго очерченные, локальные, хорошо датированные комплексы, позволяют с большой полнотой оценить тот уровень внутренних запросов, который был характерен для этих людей. Особенно это касается слабо изученного периода XVI–XVII веков.

Глава 2
Русские экспедиции на Шпицбергене в XVIII – первой половине XX века

Высокая активность поморов в освоении архипелага Шпицберген и связанное с ней развитие специфического полярного мореплавания оказали существенное влияние на реализацию государственных проектов по освоению арктического региона. В XVIII веке основным направлением российской активности в северных морях являлось освоение так называемого Северо-восточного прохода – от Белого моря до Берингова пролива.

Первые попытки реализации этой навязчивой идеи человечества были предприняты еще в XVI веке. В то время передовые страны Европы, прежде всего Англия, Голландия и Италия, делали настойчивые попытки отыскать внутренние речные пути в «страны пряностей» – Индию и Китай – для проведения колониальной и торговой политики. Известные морские пути на восток, минующие южную оконечность Африки, были закрыты испанцами и португальцами. Оставался север.

В 1525 году идею о возможности достижения морем восточной оконечности Азии высказал русский дипломат Д. Герасимов. Она была изложена в книге Паоло Иовия (Джовия) «О Московитском посольстве»: «Двина, увлекая бесчисленные реки, несется в стремительном течении к северу, и <...> море там имеет там такое огромное протяжение, что по весьма вероятному предположению, держась правого берега, оттуда можно добраться на кораблях до страны Китая» [Джовио 1987].

В 1527 году английский купец и мореплаватель Р. Торн предложил конкретные варианты поиска этого пути. Одним из них был проход через околополюсное пространство. Аналогичной точки зрения придерживался и один из авторитетных специалистов в области географии и картографии голландец П. Плансиус. По его мнению, «путь вблизи полюса, то есть севернее Новой Земли, безусловно, вполне доступен и несомненно удобен» [Jacob 1983]. В основе этого взгляда Плансиуса лежала ошибочная теория о происхождении арктических морских льдов, которые якобы формируются исключительно вблизи побережий, на участках, опресненных водами впадающих рек, с наступлением тепла лед выносится в открытое пространство. Из этого следовало, что в начале лета высокоширотные районы Северного Ледовитого океана практически свободны ото льда.

Начавшиеся вслед за этим походы английских и голландских мореплавателей не увенчались успехом. Большинство из них проходили вдоль кромки морских побережий, но два похода В. Баренца, который был сторонником теории

Плансиуса, были направлены в сторону Северного полюса. Первое из них проходило вдоль западного побережья Новой Земли, а в 1596 году – по западному берегу архипелага Шпицберген. В обоих случаях искомая трасса оказалась перекрытой непроходимой кромкой паковых льдов. В 1607 году безуспешную попытку войти в околополюсное пространство, двигаясь вдоль западного побережья Шпицбергена, предприняла английская экспедиция во главе с Генри Гудзоном. Она достигла отметки 80°23' с. ш. Последняя попытка использовать так называемый «северный вариант Северо-восточного прохода» в походах XVI–XVII века принадлежит английской экспедиции 1614 года, которой руководили Я.Я. Май и Я. де Гувенер. Штурманом на судне Гувенера был известный навигатор Й. Каролус, который составил карту Шпицбергена и опубликовал данные об этом путешествии. Из них следует, что суда достигли рекордной по тем временам широтной отметки 83° с. ш. Более поздние авторы выразили весьма убедительные сомнения относительно достоверности этих сведений [Conway 1901].

Интересно отметить, что и в России в XVII веке высказывалась мысль о том, что наиболее вероятным способом достижения Тихого океана является плавание по трассе высокоширотного плавания. Об этом говорится в документе «Описание чего ради невозможно от Архангельского города морем пройти в Китайское государство и оттоле к берегам Восточной Индии». Указав на невозможность прохождения на восток вдоль северного побережья России, его автор нацеливает мореплавателей на другой – околополюсный – вариант: «Есть же и пролива морская, именуемая акиан, которую есть ли б могли проплывати, можно бы им было в Китай и во Индию пройти... Пишут же землеписатели, что будет кто не близ берега морем, но далеко в акиане плавати будет, может пройти в Китай» [Белокурос 1893].

Во второй половине XVII века в связи с наступившим похолоданием, когда морские льды блокировали многие районы восточного побережья Шпицбергена, плавания в этом районе Арктики практически прекратились. Ушли западноевропейские китобои и, вероятно, русские промышленники. Во всяком случае, археологи не зафиксировали там ни одной промысловой постройки в промежутке от 60-х годов XVII века до 1717 года.

Экспедиция В.Я. Чичагова

Новый этап поиска прохода к северному полюсу и далее к берегам Америки связан со второй половиной XVII века. Его инициатором и автором программы по отысканию прохода явился М.В. Ломоносов. Анализируя итоги Камчатских экспедиций Беринга, М.В. Ломоносов, отдав должное сделанным географическим открытиям, скептически оценил возможность использования восточного варианта Северо-восточного прохода с точки зрения свободного плавания к Берингову проливу вдоль заблокированного льдом северного побережья Азии. «Не тою отправлены были дорогою», – констатировал он, предлагая новый вариант морского пути к тихоокеанскому проливу.

В 1763–1764 годах им был подготовлен пакет соответствующих документов: «Краткое описание разных путешествий по северным морям и показание возможного проходу Сибирским океаном в Восточную Индию», «Прибавление о северном мореплавании на восток по Сибирскому океану», «Прибавление второе, сочиненное по новым известиям промышленников из островов американских и по выспросу компанейщиков, тобольского купца Ильи Снегирева и вологодского купца Ивана Буренина», «Заметки о снаряжении экспедиции», «Примерная инструкция морским командующим офицерам, отправляющимся к поисканию пути на восток северным сибирским океаном» [Ломоносов 1952].

Среди этих материалов «Краткое описание...» является теоретическим обоснованием проблемы, а остальные представляют собой практические инструкции и разработку конкретных вопросов по ее реализации.

Говоря о возможности прохода из Северного Ледовитого океана в Тихий, Ломоносов, учтя опыт похода Семена Дежнева и Второй Камчатской экспедиции, делает вывод, что эти океаны вместе с Атлантическим составляют единую систему. Это определяет характер морских течений и перемещение морских льдов. «Уже довольно показано, что северный Сибирский океан с Атлантическим

и с Тихим беспрерывное соединение имеет и что Азия от Северной Америки отделена водами» [Ломоносов 1952]. Ломоносов считал, что Северный Ледовитый океан вполне пригоден для свободного плавания. Основная проблема заключается в выборе оптимального пути: восточного, северо-восточного или северного. При этом свои рассуждения он строит, опираясь на две главные составляющие полярной навигации: ледовую обстановку и морские течения.

Что касается состояния ледовой обстановки в центральной части арктического бассейна, то точка зрения Ломоносова, в общем, совпадала с той теорией, которая существовала еще в XVI веке: в летнее время она не препятствует судоходству. Аналогично его мнение и о природе арктических льдов, которые формируются в прибрежном пространстве материка, а летом выносятся в центрально-арктический бассейн и «по силе общего закона» движутся с востока на запад. Рассчитав примерную площадь океанских льдов и скорость их выноса, Ломоносов пришел к выводу, что «в половине и в конце июля месяца должно Северному океану между Новой Землею и Шпицбергеном быть чисту и безледну, и оному чистому океану простираться далее на восток безо льду по малой мере на тысячу верст» [Ломоносов 1952].

На основе этого анализа Ломоносов пришел к выводу о целесообразности использования северо-восточного варианта пути к проливу между Азией и Америкой: Белое море – северная оконечность Новой Земли – полуостров Чукотка – Берингов пролив. Позднее он отказался от этого плана, считая более удобным прямой, северный вариант пути: Белое море – западное побережье Шпицбергена – околополюсное пространство – Берингов пролив. В значительной мере изменение позиции Ломоносова было связано с теми сведениями о плавании у берегов Шпицбергена, которые были получены от поморских кормщиков Комиссией российских флотов и адмиралтейского управления, ведавшей делами подготовки экспедиции.

В феврале 1764 года в Комиссию были вызваны четыре помора, в разные годы бывавшие с промысловыми целями на Шпицбергене и Новой Земле: Амос Корнилов, Федор Рогачев, Павел Мясников и Василий Серков. Наиболее ценная информация была получена от государственного крестьянина Олонецкого уезда Амоса Кондратьевича Корнилова, который пользовался большим уважением среди поморов и которого Ломоносов считал своим другом. Он десять раз ходил на Шпицберген и три раза там зимовал. Особый интерес представили его описания западного побережья острова Западный Шпицберген, характеристика благоприятной ледовой обстановки и наличия там идущего к северу морского течения: «У Шпицбергена воды ходят по западной стороне от зюйдова носа к норду, а течение имеет все одну сторону» [Перевалов 1949].

Большое значение для организации экспедиции имели сообщенные им сведения о животном мире и природе Шпицбергена (он, в частности, указал на отсутствие там топлива), а также характеристика мест, удобных для стоянок судов. Одно из них, под названием «Клонбай» (современная бухта Решёрж), было выбрано для устройства зимовочного лагеря экспедиции.

Итогом бесед со шпицбергенскими и новоземельскими промысловиками явилась новая записка М.В. Ломоносова «Прибавление о северном мореплавании на восток по сибирскому океану». В ней обосновывалась целесообразность использования для этой цели северного варианта Северо-восточного прохода – в направлении Северного полюса.

В пользу этого варианта Ломоносов приводит следующие доводы: более мягкий, чем на Новой Земле, климат, малое количество льда у западного побережья, относительно небольшое количество туманов, попутное течение и благоприятные ветры, наличие удобных гаваней для отстоя судов. Что касается выбора места для так называемого «зимовочного лагеря» в заливе Решёрж, то важным обстоятельством явилось наличие в этом районе Шпицбергена нескольких действующих русских промысловых становищ. Это оказалось очень важным обстоятельством для зимовщиков: поморы оказывали им разнообразную необходимую помощь.

Расспросы поморских кормщиков имели важное значение для решения многих важных задач по организации экспедиции. Так, в протоколе заседания Адмиралтейств-коллегии в мае 1764 года было записано: «Для предписанной экспедиции,

во-первых, весьма потребно на Шпицберген взять, ради зимовья, избы с сенями и чуланами от города Архангельского <...>, купить от города Архангельского или вблизь лежащих деревнях готовые, об одном жилье, без подклетей, около трех сажен 10 изб, да одну баню с сеньми, и с кровлями; и на дело печей – кирпича, моху и прочее... выгрузить сперва к зимовью избы и амбары построить на удобном месте, куда бы зимние высокие воды не досегали и где бы глубокие снега зимовья не заносили. И чтоб изба от избы была реже. Дабы одна другой не сделала пожару» [Перевалов 1949].

Это же касалось и обустройства судов. Было предложено «для предохранения от льдов обшить сосновыми досками кругом все корпусы от бархоута по ватерлинию – трёхдюймовыми, а от ватерлинии до киля – дюймовыми, форштевни обшить железными полосами» [Перевалов 1949].

Разумеется, в настоящем тексте приведены далеко не все данные по организации экспедиции. Она была тщательно подготовлена, были досконально разработаны маршруты движения судов и время их выхода из Архангельска, указана необходимость зимовки экспедиции для экономии времени следующего похода и так далее.

Начальником этой первой русской экспедиции в район Северного полюса был назначен капитан первого ранга В.Я. Чичагов, впоследствии адмирал, прославившийся в морских сражениях на Балтийском море во время русско-шведской войны 1788–1790 годов. В состав экспедиции входили два отряда: основной и вспомогательный.

Основной отряд, состоящий из 182 человек, входил в состав экипажей трех судов, названных именами их капитанов: «Чичагов», «Панов» и «Бабаев». Суда были построены в Архангельске специально для экспедиции. Они имели двойную бортовую обшивку для защиты от льда. По своему типу относились к разряду «шкунар» (шхун). Это двухмачтовое судно с почти горизонтальным бушпритом и довольно сложным такелажем относилось к типу скоростных судов. В российском военном флоте они получили развитие лишь в начале XIX века. Помимо скоростных качеств, важным преимуществом этих судов в экспедиции В.Я. Чичагова было то, что они не выглядели как корабли военного типа и не привлекали к себе внимания: экспедиция носила секретный характер.

Второй, вспомогательный, отряд, которым руководил лейтенант М.С. Немтинов, состоял из пинка «Слон», четырех наемных гукеров – «Св. Дионисий», «Св. Иоанн», «Св. Наталья», «Св. Архангел Михаил» – и галиота «Св. Николай» [Перевалов 1949]. Капитаном «Св. Архангела Михаила» был унтер-лейтенант М.Т. Рындин, который был оставлен на базовом лагере в качестве начальника. Там он провел две трудных зимовки. На суда были погружены материалы для строительства домов, продовольствие и различное снаряжение, предназначенное для использования основным отрядом экспедиции.

5 августа суда вспомогательного отряда вошли в покрытый льдом залив Бельсунн. После осмотра местности была выбрана площадка для строительства базового лагеря на одном из участков западного берега «Южного Кломбайского залива» – современная бухта Решёрж.

8 августа началась разгрузка судов, и через двенадцать дней уже было закончено строительство базы: «работа происходила денно и нощно». Было построено пять изб, «анбар» и баня. Одна из изб была приспособлена для хранения провианта. Оставшийся лес пошел на строительство дополнительных сеней для жилых помещений.

На базе был оставлен «вспомогательный отряд» в составе 16 человек. К сожалению, в его составе не оказалось опытных зимовщиков-поморов, хотя по настоянию М.В. Ломоносова в экспедицию было включено 23 помора, в том числе 6 кормщиков. Все они были причислены к судам основного отряда и во время походов не могли проявить свои качества «северных знатцев» ни в чем, за исключением скалывания торосов. В то же время их опыт и навыки преодоления полярного экстремума мог бы оказать неоценимую помощь зимовщикам и помог бы избежать трагических последствий двухлетнего пребывания на Шпицбергене, ведь уже после первой зимовки у многих обитателей лагеря появились признаки цинги и восемь человек умерло.

Говоря о причине их гибели, М.Т. Рындин указал на гиподинамию: «В минувшую зиму служители по большей части находились больны, а особливо которые не столько находились в движении».

Во вторую зимовку к гиподинамии добавился недостаток свежей пищи. Все эти причины заболевания цингой были хорошо известны поморам, которые знали способы борьбы с этой болезнью. В этой связи следует заметить, что положение зимовщиков было бы еще более трагичным, если бы не помощь русских промысловиков, поселение которых находилось в заливе Бельсунн.

Плавание М.С. Немтинова 1764 года оказало большую помощь в подготовке основного похода экспедиции. В своей записке, представленной вице-президенту Адмиралтейств-коллегии И.Г. Чернышеву, он подтвердил сведения об отсутствии льда у западных берегов Шпицбергена: лед держался «поблизости от земли», а западнее его не было. Им же были составлены две карты залива Бельсунн с указанием глубин, морских опасностей и высоты прилива. На карте также было показано место ближайшего к лагерю места зимовки поморов. Все это имело большое значение для подхода больших судов основного отряда к «зимовочной базе».

В 1765 и 1766 годах состоялись запланированные походы основной экспедиции, руководимой В.Я. Чичаговым. Суда экспедиции продвигались на север вблизи берегов Шпицбергена и были остановлены льдами у его северной оконечности. Попытки подойти вплотную к ледовой кромке и отыскать в ней разводья не проводились. При этом экспедиция постоянно использовала принцип эхолота: совершались выстрелы из судовых орудий и фиксировались их звуковые отражения.

Это позволило руководству экспедиций значительно сократить время плаваний и по причине ледовой преграды вернуться в Архангельск 29 июля в 1765 году и 19 июля в 1766 году, то есть в самый разгар навигации. В 1765 году суда достигли 80°26' с. ш., а в 1766 году – 80°30' с. ш.

Все это делает оценку работы экспедиции В.Я. Чичагова крайне неоднозначной. Хотя Адмиралтейств-коллегия и резюмировала выполнение экспедицией поставленных задач, но не могла скрыть своего неудовлетворения, которое и было высказано В.Я. Чичагову вице-президентом коллегии И.Г. Чернышевым. Было, в частности, указано на необоснованное отклонение от предписанного курса (ближе к берегам Гренландии), непродолжительность походов, отсутствие стремления к достижению цели и др.

В монографической работе, посвященной экспедиции Чичагова, В.А. Перевалов заострил вопрос о формальном, не поисковом характере экспедиции. Он, в частности, отметил: «Весь комплекс физико-географических идей Ломоносова об Арктике и горячая его убежденность в политической необходимости для России открытия полярного мореплавания не были поняты Чичаговым, превратившим плавания экспедиции в обычный рейс морских судов, искавших свободной ото льда воды в высоких широтах Арктики [Перевалов 1949].

Действительно, результаты работы экспедиции никак нельзя назвать положительными в отношении ответа на основной вопрос о проходи-

Рис. 1. Место расположения лагеря экспедиции В.Я. Чичагова (2) и поморского поселения (1)

мости в район Северного полюса. Экспедиция не выполнила свою задачу не потому, что проход через полюс был невозможен, а потому, что она не приложила достаточных усилий для его поиска. Плавания носили в значительной мере формальный характер. В Архангельск возвращались с такой поспешностью, что в первое плавание суда даже не вошли в залив Решёрж на базу экспедиции, хотя ее руководству было известно, что большинство ее обитателей больны цингой и нуждаются в эвакуации.

В свое время известный специалист в области истории Арктики М.И. Белов высказал иной взгляд на проблему. Отметив положительные аспекты в деятельности экспедиции В.Я. Чичагова, он сконцентрировал внимание на невыполнимости самой задачи, которая была поставлена перед экспедицией, – деревянные парусные суда не в состоянии преодолеть сплоченные льды. Рассматривать экспедицию В.Я. Чичагова следует в рамках общего процесса освоения Арктики [Белов 1956]. Примерно такой же позиции придерживался другой исследователь Арктики – Н.Н. Зубов, который отметил, что «винить Чичагова в неудаче было несправедливо: поставленная ему задача – пройти через Северный Ледовитый океан на парусном судне – невыполнима» [Зубов 1953].

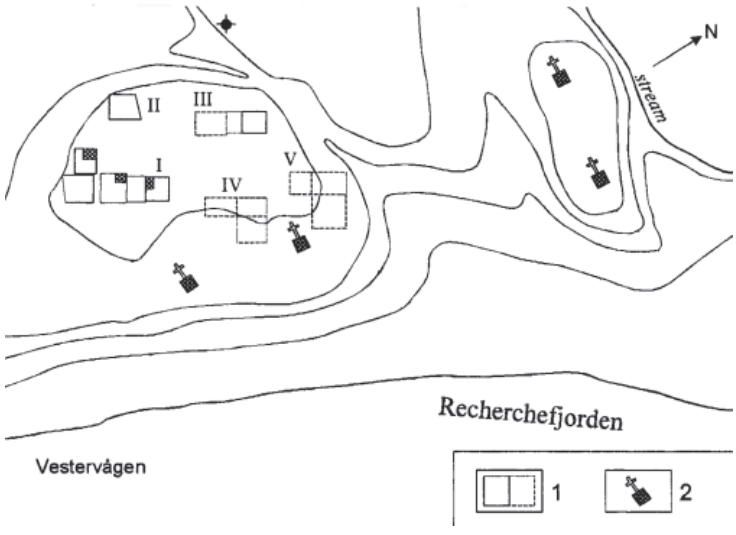


Рис. 2. План зимовочного лагеря экспедиции В.Я. Чичагова

Это действительно так, но в таком случае винить нужно М.В. Ломоносова, который организовал дорогостоящую экспедицию и поставил перед ней нереальные задачи. И все-таки прав был Ломоносов, а не Чигагов. Дело было не в том, чтобы констатировать наличие льда у северной оконечности Шпицбергена, а в том, чтобы выяснить возможность его преодоления, как поступали предшественники Чичагова – В. Баренц, Г. Гудзон, Й. Каролус, его современники – герои камчатских экспедиций, английская экспедиция К.Дж. Фипса и более поздние путешественники – Н.А.Э. Норденшёльд, Ф. Нансен, Р. Амундсен, Г.Я. Седов, В.А. Русанов.

Вместе с тем нельзя не видеть и положительных аспектов походов В.Я. Чичагова: была испытана на практике новая судовая аппаратура и проверена возможность плавания деревянных судов в арктических условиях, были получены новые данные о природе этого района Арктики, изготовлены карты одного из его регионов, Шпицбергена; приобретался опыт высокоширотного плавания. Это была экспедиция, открывшая новый этап в освоении и научном изучении арктического региона.

Все это позволяет отнестись к сохранившимся до нашего времени остаткам зимовочного лагеря экспедиции как к выдающемуся историческому памятнику русского арктического мореплавания.

Его открытие и первое визуальное описание связано с именем норвежского исследователя Х.Л. Норберга, который в 1918 году издал статью «О древних поселениях на Шпицбергене», в которой дал описание обнаруженных им остатков старых поселений в заливе Бельсунн. Среди них присутствуют остатки деревянных сооружений на западном берегу залива Решёрж. Автор был поражен размерами как самого поселения, так и входивших в его состав построек, которые он назвал огромными [Norberg 1918]. В силу этого он решил, что перед ним остатки русского православного монастыря. Схематический чертеж, сделанный Х.Л. Норбергом, в общих чертах отражает вид того поселения, которое увидели археологи 70 лет спустя.

В 1974 году памятник был повторно открыт участником гляциологической экспедиции Инсти-

тута географии РАН Л.С. Троицким, а в 1979 году к его раскопкам приступила экспедиция Института археологии РАН.

Остатки базового лагеря экспедиции В.Я. Чичагова находятся на западном берегу залива Решёрж в 3 км от его устья. Они располагаются на относительно ровной поверхности первой морской террасы высотой около 4 м, покрытой невысоким моховым покровом. С севера и юга жилищная площадка ограничена глубокими промоинами пересыхающих паводковых рек, которые упоминаются в докладе о строительстве лагеря: «...и водой пресной довольствоваться можно» [Перевалов 1949]. Площадь, занимаемая постройками, составляет примерно 2,5 тысячи кв. м.

Помимо комплекса сооружений, связанных с экспедицией В.Я. Чичагова, на его восточной и северной периферии находятся остатки четырех поморских приметных крестов, от которых сохранились лишь основания. Два из них были заключены в бревенчатые срубы, а остальные укреплены каменной закладкой. Судя по рисункам, которые были сделаны в 1838 году участниками французской экспедиции на судне «Решёрж» (ими же дано современное название залива), аналогичные кресты помещались также к северу и к югу от базового лагеря. Там же находились полуразрушенные остатки домов. По всей видимости, этот залив являлся одним из важных районов поморских промыслов.

Частичные раскопки базового лагеря показали, что на его площади размещались остатки семи сооружений, два из которых во время второго года зимовки были разобраны на топливо. Это полностью совпадает со сведениями о возведении лагеря в 1764 году: пять жилых изб, «анбар» и баня.

Центральное место поселения занимало большое многокамерное сооружение, которое состояло из шести помещений. Оно было вытянуто параллельно береговой линии и было срублено из круглых бревен диаметром около 20 см, за исключением восточной стены боковой пристройки и торцевых стен сеней, которые были сложены по типу каркасно-столбовой конструкции. В состав постройки, помимо двух жилых помещений с сенями, входила холодная клеть и баня. Все постройки, входившие в состав комплекса, были покрыты дощатыми полами, положенными на переводины. Холодная клеть выполняла, по всей вероятности, роль «анбара», в котором хранились запасы продовольствия, одежда и различные материалы. Об этом, в частности, свидетельствуют сохранившиеся остатки полок типа стеллажей.

К западу от этого сооружения находилась рубленая изба размером 2,4 × 2,3 м. По своему типу это было типичное двухчастное сооружение, состоявшее из теплой избы и сеней. К его особенностям можно отнести относительно небольшие размеры жилого помещения и отсутствие полатей. Это позволяет сделать предположение, что перед нами жилой дом, рассчитанный на проживание одного человека, то есть начальника лагеря унтер-лейтенанта М.Т. Рындина. В пределах постройки было обнаружено относительно небольшое количество находок, среди которых имеются фрагменты столового прибора европейского образца.

Третьим сооружением, вскрытым в ходе раскопок, была большая трехчастная постройка, в состав которой входили две теплые избы с печами и холодные сени. Находки, обнаруженные в этом комплексе, немногочисленны. Они представлены фрагментами двух горшков, точильным камнем, крышкой от туеса, бондарным гвоздем.

По всей вероятности, основной постройкой, в которой сконцентрировались оставшиеся в живых зимовщики, было первое сооружение. Остальные, по-видимому, разбирались на топливо. Именно там было обнаружено наибольшее количество разнообразных находок, отражающих быт и хозяйственную деятельность его обитателей. Среди них имеется различная керамическая посуда и кухонная утварь (горшки и миски), многочисленные изделия из железа, среди которых имеются сковороды, лопаты, топор, рыболовный крючок, дверной навес, очажный крюк с тремя подвесами, коловорот, рогатина на белого медведя, промысловое копье, гарпун, столовый набор в виде вилки и ножа с костяными рукоятями и другие предметы. Имеются здесь и изделия, связанные с местным кузнечным ремеслом: железный брус со следами горячей рубки и промысловое копье, перекованное в дверную петлю.

Рис. 3. Адмирал Степан Осипович Макаров (1848–1904)

Говоря о базовом лагере, нельзя не сказать о поморском становище, жители которого оказали большую помощь зимовавшим участникам экспедиции. Они не только делились с ними продуктами питания и противоцинговыми средствами, но по приезде в Архангельск докладывали о трудностях, которые испытывали моряки-зимовщики.

Как отметил в своем рапорте М.Т. Рындин, поморы зимовали «верст за 30» от лагеря экспедиции. Уточнить местоположение их поселения помог рапорт капитан-лейтенанта П. Борноволокова, который 26 июня 1766 года был послан В.Я. Чичаговым для «осмотру русского мужичья зимовья». По возвращении П. Борноволоков сообщил, что зимовщиков 12 человек и «живут они в одной избе. Кормщика зовут Василий Бурков. Они из Даниловой пустыни. В зиму промышляли моржей, песцов, медведей и оленей для пищи. Судно у них повреждено. Вход в оную заливу за мелкостью неспособен» [Перевалов 1949]. Из этих сведений следует, что место, где жили поморы, находится примерно в 30–32 км от лагеря в мелководной части залива Бельсунн. Их дом был довольно большим, способным вместить 10–12 человек. Всем этим условиям удовлетворяет только поселение Слеттнесет, расположенное на северном побережье залива Бельсунн, на берегу мелководной в этом месте бухты Ван-Мюйденбукта.

Раскопки, произведенные там в 1979 году, показали, что здесь находилась крупная постройка, состоявшая из двух поставленных вплотную друг к другу изб и по крайней мере одних сеней, сохранившихся фрагментарно. Общая длина жилых помещений составляла 27 кв. м, что вполне позволяло разместить там 12 человек. В годы работы экспедиции В.Я. Чичагова это была совсем еще новая постройка. По данным дендрохронологии, она была возведена в 60-е годы XVIII века. По соседству с домом стояли два больших приметных креста, частично сохранившиеся до наших дней.

Возвращаясь к экспедиции В.Я. Чичагова, еще раз отметим ее роль в истории исследования Арктики: она открыла новый этап в поисках северного варианта прохода к Северному полюсу и Берингову проливу и научном изучении западного региона арктического бассейна. Последующие экспедиции подтвердили невозможность достижения полюса на деревянных парусных судах.

Экспедиция С.О. Макарова на ледоколе «Ермак» в 1899–1901 годах

В 1897 году выдающийся русский флотоводец адмирал Макаров предложил применить для изучения высоких широт и достижения Северного полюса мощный ледокол. В своем научном сообщении «К Северному полюсу напролом» С.О. Макаров утверждал, что при помощи ледокола можно проникнуть далеко вглубь Арктики и исследовать еще не посещенные человеком районы Северного Ледовитого океана. В подтверждение своей идеи С.О. Макаров приводил подсчеты, по которым получалось, что для прохождения на ледоколе пояса льда от кромки до полюса, общей шириной около 1350 км и состоящего из различных ледовых образований, необходимо около 12 суток [Лактионов 1955: 148] (*рис. 3*).

С помощью ледокола Макаров предполагал произвести научное исследование Ледовитого океана и организовать правильное грузовое пароходное сообщение с Обью и Енисеем. В записке, составленной Макаровым в 1897 году, он

утверждал также, что с ледоколом можно «пройти к Северному полюсу и составить карты всех не описанных еще мест Северного Ледовитого океана». В этой записке Макаров отметил, что «содержание большого ледокола на Ледовитом океане может иметь и стратегическое значение, дав возможность нам при нужде передвинуть флот в Тихий океан кратчайшим и безопаснейшим в военном отношении путем» [Визе 1948: 132].

Вначале проект С.О. Макарова не встретил поддержки. Адмирал Тыртов, который в то время управлял Морским министерством, на докладной записке Макарова поставил следующую резолюцию: «Может быть, идея адмирала Макарова и осуществима, но так как она, по моему мнению, никоим образом не может служить на пользу флота, то Морское министерство никоим образом не может оказать содействие адмиралу ни денежными средствами, ни тем более готовыми судами, которыми русский военный флот не так богат, чтобы жертвовать их для ученых, к тому же проблематических задач». Только много позднее был оценен новаторский характер идеи С.О. Макарова – он первый предложил не пассивный, а активный метод борьбы со льдами, в полной мере использующий силу техники и достижения современного судостроения [Лактионов 1955: 148].

Дело создания ледоколов (пароходов, ломающих лед) зародилось впервые в России. В 1864 году кронштадтский купец Британев срезал у небольшого парохода «Пайлот» носовую часть так, чтобы она могла набегать на лед и обламывать его. «Этот маленький пароход, – отмечал впоследствии С.О. Макаров, – сделал то, что казалось невозможным: он расширил время навигации (от Ленинграда до Кронштадта) осенью и зимой на несколько недель». После этого Британев построил второй ледокольный пароход – «Бой».

Идея Британева стала известна в Европе. Немцы первыми купили у Британева чертежи и построили несколько ледоколов для круглогодичной навигации в Гамбургском порту. После этого ледоколы появились во всех портах Балтийского моря. В России были построены портовые ледоколы для Николаева и Владивостока, а также ледокол с двумя кормовыми и одним носовым винтом для обслуживания переправы через озеро Байкал [Визе 1948].

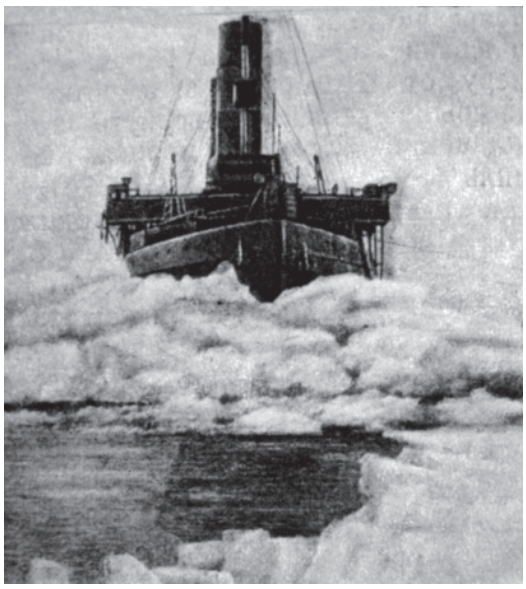


Рис. 4. «Ермак» разбивает торосы. Снимок 1899 года

Горячую поддержку идея адмирала Макарова нашла у великого русского ученого Д.И. Менделеева. Он во многом был согласен с Макаровым, и, когда ледокол уже строился, они вместе представили проект экспедиции для исследования Северного Ледовитого океана, осуществить которую предполагалось летом 1899 года.

К сожалению, впоследствии Менделеев и Макаров разошлись во взглядах, и им не пришлось вместе продолжать начатое им дело.

Адмиралу Макарову все же удалось убедить правительство отпустить средства на постройку опытного ледокола в 10 тысяч индикаторных сил. Этот первый в мире линейный ледокол в течение 13 месяцев был построен по проекту Макарова в Англии на заводе Армстронга в Ньюкастле и получил имя «Ермак» (до 1960-х годов ледокол находился в составе советского ледокольного флота).

Зимой 1898–1899 годов «Ермак» совершил плавание из Англии в Петербург (*рис. 4*). В июле 1899 года он выполнил пробное плавание в полярных льдах в районе Шпицбергена. Во время этого плавания, в котором участвовали полярный геолог Э. Толь и художник Е.И. Столица, «Ермак» доходил на север до 78,5° с. ш. Во льдах ледокол пробыл только одни сутки. В борьбе с полярными льдами были получены повреждения корпуса и винтов.

После первого полярного плавания Макаров пришел к заключению, что для борьбы с полярным льдом корпус ледокола недостаточно крепок. Чтобы сделать необходимые подкрепления «Ермак» был немедленно отправлен в Ньюкастл, откуда через месяц снова вышел к Шпицбергену.

6 августа, пробивая торосистую перемычку, ледокол получил удар в правую скулу, результатом которого стала пробоина. Исправив повреждение, Макаров продолжал плавание на север и 14 августа достиг к северу от Шпицбергена широты 81°28' с. ш., откуда было решено повернуть на юг. За это плавание «Ермак» прошел во льдах 230 миль. Во время экспедиции были проведены весьма важные работы в области океанографии и ледоведения.

Испытания ледокола в полярных водах увеличило число скептиков и противников идеи Макарова. Адмирал Бирилев писал министру финансов С.Ю. Витте, что «Ермак» «совершенно не пригоден не только для продолжения пути к полюсу, но и для научных операций в более низких широтах» [Визе 1948: 133].

«Ермак» был отозван в Балтийское море. Зимой 1899–1900 годов ледокол занимался освобождением судов, застрявших во льдах, и проводкой их в балтийские порты. При его участии был спасен броненосец «Генерал-адмирал Апраксин», выскочивший в тумане на камни вблизи острова Гогланд. Не будь «Ермака», броненосец раздавило бы льдами (*рис. 5*).

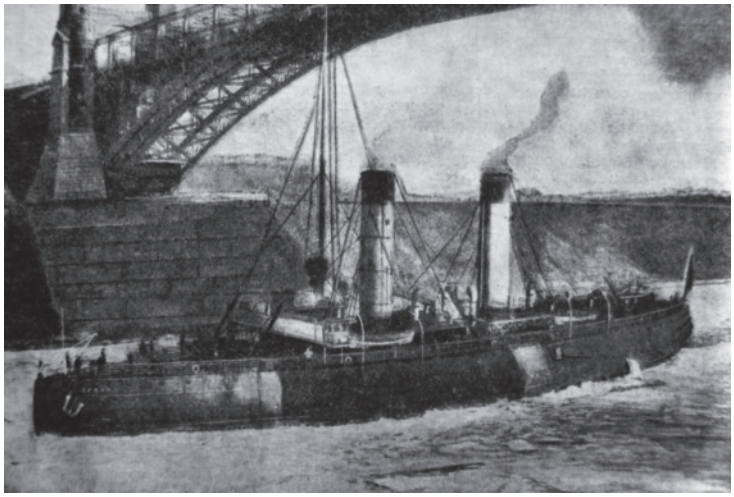


Рис. 5. Ледокол «Ермак» в Кильском канале, 1929 год

Макаров не мог удовлетвориться такой скромной ролью «Ермака». Он предложил ряд изменений, улучшающих его конструкцию. К февралю 1901 года были закончены перестройка носовой части и снятие переднего винта.

Макаров продолжал горячо отстаивать правильность своей мысли об использовании ледокола для полярных плаваний.

Попытки адмирала С.О. Макарова проникнуть далее в высокие широты Арктики окончились неудачей. В этом нет ничего удивительного, если учесть, что свой поход к полюсу С.О. Макаров предполагал осуществить на двух мощных ледоколах. Несмотря на неудачу, Макаров продолжал отстаивать правильность своей идеи. «Говорят, что непоборимы торосы Ледовитого океана. Это ошибка: торосы поборимы – непоборимо лишь людское суеверие», – писал он [Лактионов 1955: 150].

В 1901 году адмирал Макаров, все время упиравший на то, что ледокол выстроен для научных исследований, а не для обслуживания торговли, поднял вопрос об организации новой экспедиции на ледоколе «Ермак» в высокие широты Арктики. Записка Макарова была дана на отзыв председателю Русского географического общества П.П. Семенову-Тянь-Шанскому и адмиралу Н.М. Чихачеву, и оба отнеслись к проекту Макарова отрицательно. Тем не менее министр финансов Витте дал разрешение на экспедицию. Задачей ее ставилось исследование северо-западной части Новой Земли и проход к острову Диксону вокруг мыса Желания. Таким образом, главное желание Макарова – проникнуть на ледоколе в Полярный бассейн – не было одобрено правительством, которое, очевидно, придерживалось точки зрения адмирала Чихачева – «должно быть положительно внушено ледоколу “Ермак” не заходить севернее 78–79° широты» [Визе 1948: 134].

Перед походом к Новой Земле «Ермак» предварительно зашел на Шпицберген, чтобы доставить людей и грузы градусной экспедиции Академии наук.

В сентябре 1900 года в Стокгольме состоялось совещание членов шведской комиссии и Академии наук в лице академика Ф.Н. Чернышева по делам Шпицбергенской градусной экспедиции. Было принято решение продолжить и завершить исследования в 1901 году. Для скорейшей доставки

к месту работ к экспедиции до 15 июня был прикомандирован ледокол «Ермак», который затем должен был отправиться в Ледовитый океан.

2 июня в 9 часов вечера военный транспорт «Бакан» и ледокол «Ермак» вышли из Тромсё на Шпицберген. Судно «Рюрик» задерживалось. Стур-фиорд был забит льдом, и суда не смогли пробиться к месту базы в Уолес-Пойнте. Удалось пройти в бухту Бетти (Земля Сёркапп), и Ф.Н. Чернышев воспользовался этим, чтобы осуществить астрономо-геодезические наблюдения на сигнале горы Кейльхау. 7 июня суда пробились к Уолес-Пойнту, единственному месту в Стурфиорде, пригодному для измерения базисной сети. К вечеру следующего дня была закончена выгрузка, и в этот же день прибыл «Рюрик» [Анисимов, Оноприенко 1985].

Вернувшись со Шпицбергена в Тромсё, «Ермак» 3 июля, выйдя в Баренцево море, взял курс на полуостров Адмиралтейства на Новой Земле. После ледового плена у Новой Земли было решено идти к Земле Франца-Иосифа. 9 августа «Ермак» бросил якорь у мыса Флора и стал первым русским судном, посетившим архипелаг Земля Франца-Иосифа [Визе 1948].

На обратном пути «Ермак» пытался обогнуть Новую Землю и выйти в Карское море, но льды заставили его повернуть обратно. Ледокол возвратился в Кронштадт (*рис. 6*).

Такими результатами последнего плавания Макарова на «Ермаке» воспользовались его недруги. Среди них было немало высокопоставленных морских чиновников, которые пытались опорочить замечательную мысль о широком применении ледоколов для полярных плаваний.

Однако Макаров не признавал себя побежденным. Он вошел в Географическое общество с ходатайством об организации новой полярной экспедиции. Последовал отказ... [Лактионов 1955].

Не оставил мысли об экспедиции к полюсу и Д.И. Менделеев.

В докладной записке от 15 ноября 1901 года, поданной на имя министра финансов С.Ю. Витте, Д.И. Менделеев писал, что «победить полярные льды надобно и особенно желательно для прямой промышленной пользы человечества, такой же, по крайней мере, как и для торжества знаний. Победу можно считать полною, однако, только тогда, когда судно, снаряженное в Европе, скоро и прямо пройдет в Берингов пролив». Причем он указывал, что «это может быть осуществлено двумя путями: во-первых, около берегов Сибири и, во-вторых, в центре неизвестных частей Ледовитого океана, если там мало островов» [Лактионов 1955: 151].

Незадолго до этого Менделеев занимался вопросом применения бездымного пороха и изучал условия разрыва пушек. В результате этих исследований он разработал ряд предложений о приемах, облегчающих кораблям путь среди льдов при помощи взрывов.

На этом основании Менделеев просил разрешения снарядить под его руководством экспедицию на этом же ледоколе для проникновения в высокие широты. Он предполагал пройти в район полюса, изучить там состояние льда и выяснить, имеются ли там острова. Если бы предположение о существовании «свободного моря» оправдалось, Менделеев намеревался пройти до

Рис. 6. Плавание ледокола «Ермак» 1899 и 1901 годов

Берингова пролива, рассчитывая совершить весь путь от Шпицбергена до выхода в Тихий океан за 15 дней [Лактионов 1955: 152].

Предполагая отправиться в экспедицию в 1902 году, Менделеев просил дать ему возможность приспособить «Ермак» к ледовому плаванию, переделать половину топок под нефть, что позволило бы сократить численность команды. Каюты предлагалось переоборудовать для зимовки. Д.И. Менделеев был совершенно уверен в успехе своего предприятия.

Плану великого ученого не суждено было осуществиться. Правящие круги царской России не оказали внимания замечательному проекту.

«Не считаю себя вправе, глубокоуважаемый Дмитрий Иванович, ни оставить эту записку у себя, ни тем более оставить в делах Министерства», – написал на проекте Менделеева директор Департамента мануфактур и торговли [Лактионов 1955: 153].

Широко использовать новую силу – ледокол – для исследования высоких широт стало возможным много позже, уже в советское время, когда для этого был подготовлен хороший «тыл» в виде развитой сети полярных станций, работающих по всей территории советской Арктики (*рис. 7*).

В результате героического труда нашими полярниками был накоплен богатый опыт ледовых плаваний и достаточно хорошо изучены льды арктических морей, о чем в свое время мечтали Макаров и Менделеев. И это лишний раз подчеркивает, насколько далеко впереди своего времени шли замечательные русские ученые С.О. Макаров и Д.И. Менделеев.

Рис. 7. Ледокол «Красин» у берегов Новой Земли, 1933 год

Русско-шведская экспедиция по градусным измерениям

Проблема формы и размеров Земли занимала умы ученых на протяжении многих веков. С совершенствованием методов и средств измерения актуальность решения этих задач не падала, а, наоборот, возрастала. Такая работа велась во многих странах. Согласно данным геодезии, линейная величина градуса меридиана должна возрастать от экватора к полюсам: чем больше сжатие Земли у полюсов, тем быстрее должно быть возрастание линейной величины градуса по направлению к экватору. Имея точные данные о линейной величине дуги меридиана в разных широтах, можно на основе вычислений построить точную модель фигуры земного шара и уточнить его размеры.

Такого рода работы издавна проводились учеными различных стран. В XIX веке русскими и скандинавскими учеными были проведены градусные измерения от Дуная до Ледовитого океана. Но особенно важны были подобные измерения, проведенные в полярных областях, хотя именно здесь их труднее всего выполнить. Проект таких измерений на Шпицбергене был предложен в 1826 году английским капитаном Э. Сэбином, побывавшим на архипелаге. Но только спустя 30 лет по инициативе профессора Шведской академии наук О.М. Торреля на Шпицберген была послана рекогносцировочная экспедиция, в состав которой вошли К. Хидениус, Н.К. Дунер и А.Э. Норденшёльд, которые подтвердили возможность градусных измерений. Однако необходимые средства для снаряжения специальной экспедиции были изысканы лишь в самом конце XIX века.

В 1891 году П.Г. Розен представил в Шведскую академию наук новый проект проведения градусных измерений на островах Шпицбергена. Шведская академия наук обратилась к русским ученым с предложением организовать совместную экспедицию, которое поддержал академик О.А. Баклунд. Швеция ассигновала на проведение работ на Шпицбергене 160 000 крон, Россия –

100 000 руб. Оба государства поручили своим академическим комиссиям разработку плана и программы работ. В состав русской комиссии вошли О.А. Баклунд (председатель), Ф.Б. Шмидт, А.П. Карпинский, М.А. Рыкачев, Б.Б. Голицын и Ф.Н. Чернышев. Участвовали в работе комиссии также начальник военно-топографического отдела главного штаба О.Э. Штубендорф, член-корреспондент А.Р. Бонсдорф, почетный член Академии наук К.И. Михайлов. Организация Шпицбергенской экспедиции стала крупнейшим академическим начинанием в дореволюционный период [Анисимов, Оноприенко 1985] (*рис. 8*).

Ф.Н. Чернышев писал минералогу А.Е. Арцруни: «...В настоящий момент затеваю вместе с Баклундом академическую экспедицию для градусных измерений на Шпицбергене. Работы разделяются пополам со Швецией. Мы проектируем экспедицию широко и, кроме геодезических работ, хотим присоединить геологические исследования в широком масштабе». Мысль о комплексном характере исследований Ф.Н. Чернышев последовательно проводил на заседаниях комиссии [Анисимов, Оноприенко 1985: 77].

1898 год был для Ф.Н. Чернышева годом напряженной работы в комиссии. 16 марта он совместно с представителями Шведской академии наук А.Э. Норденшёльдом, М.Г. Миттаг-Леффлером, А.Э. Едерином участвовал в совещании комиссии, на котором обсуждались общие вопросы организации экспедиции по градусным измерениям на Шпицбергене. К тому времени Ф.Н. Чернышев был избран членом-корреспондентом Геологического общества в Стокгольме. В марте 1898 года директор Геологического комитета А.П. Карпинский обращается в Горный департамент с просьбой разрешить Ф.Н. Чернышеву осмотреть в академических музеях Стокгольма и Христиании шпицбергенские коллекции барона Норденшёльда, академика Натхорста и барона де Геера, а также образцы, собранные Нансеном на Земле Франца Иосифа. Ф.Н. Чернышев получает разрешение на командировку и выезжает в Швецию и Норвегию 31 мая. 23 сентября он вместе с академиками О.А. Баклундом, Ф.А. Бредихиным и Б.Б. Голицыным выезжает в Стокгольм для обсуждения с членами Шведской академии наук деталей предстоящей экспедиции на Шпицберген [Анисимов, Оноприенко 1985].

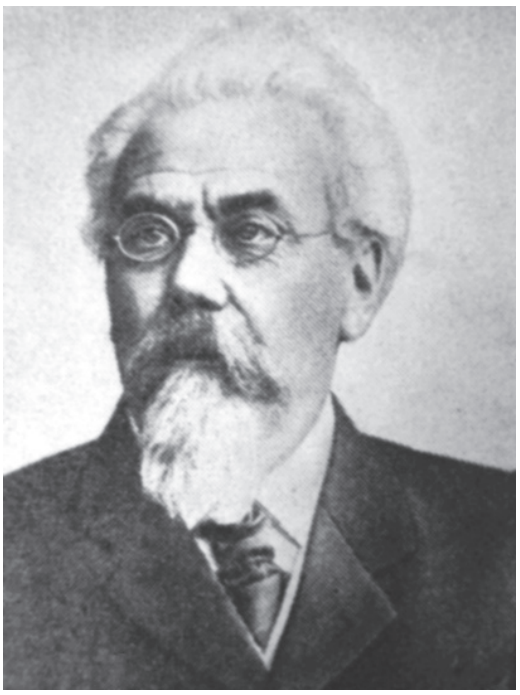


Рис. 8. Феодосий Николаевич Чернышев (1856–1914)

Шпицберген был выбран в качестве полигона для проведения градусных измерений в высоких широтах потому, что группа его островов растянулась по дуге меридиана более чем на четыре с четвертью градуса и на архипелаге имеются достаточно высокие вершины, на которых могут быть установлены сигналы для астрономических и геодезических наблюдений. Трудности предстоящих работ были связаны с малодоступностью многих точек архипелага, а также с его плохой изученностью и суровым климатом. За основу был принят план шведского ученого П.Г. Розена, составленный им при участии А.Э. Норденшёльда. Планом предлагалось измерение дуги меридиана около 4° при помощи 22 треугольников, спроектированных по вершинам архипелага вдоль проливов Гинлопен и Стур-фиорд от мыса Росс на самом северном из семи островов до горы Кейльхау на южной оконечности Шпицбергена. Работы на севере в районе Гинлопена брала на себя шведская сторона экспедиции, на юге в районе Стурфиорда – русская [Анисимов, Оноприенко 1985].

Программа экспедиции включала астрономо-геодозические работы, наблюдения над качанием маятника, магнитные, метеорологические наблюдения (непрерывные в течение года), исследования природы северных сияний, геологические, гидрологические, гидрогеологические, гидрографические, а также некоторые другие исследования.

Весной 1898 года на Шпицберген отправилась шведская рекогносцировочная партия под началом профессора Э. Едерина для расстановки сигналов по спроектированной сети треугольников и выбора мест для измерения базисов. К этой партии был прикомандирован русский топограф генерального штаба полковник Ф.А. Шульц. Работы рекогносцировочной партии охватили только северную часть района архипелага. Кроме того, Э. Едерин считал, что следует ограничиться измерением дуги меридиана лишь около 2° в пределах северной части, поскольку работы в южной части, предназначенной для русской экспедиции, слишком затруднительны. Это усугубляло трудности, стоявшие перед русской экспедицией, особенно в первом сезоне. По плану предполагалось проведение работ экспедицией в течение летних сезонов 1899 и 1900 годов с зимовкой части ее участников [Анисимов, Оноприенко 1985].

В состав Русской экспедиции 1899 года вошли капитан генерального штаба Д.Д. Сергиевский, доктор медицины А.Л. Бунге, астрономы Л.С. Васильев, В.В. Ахматов, И.И. Сикора, А.П. Ганский и А.Д. Педашенко, физики Э.Б. Штеллинг и Л.Р. Бейер, зоолог А.А. Бялыницкий-Бируля, студент-геолог О.О. Баклунд, механик Э.К. Ган. В состав рекогносцировочной партии для координации работ со шведской стороной были прикомандированы профессор Г. де Геер и лейтенант О. Кнорринг. Начальником экспедиции был назначен Ф.Н. Чернышев, руководителем геодезических работ – академик О.А. Баклунд. В распоряжении экспедиции находились военный транспорт «Бакан» и ледокол Либавского порта. Для подвоза угля и других грузов был зафрахтован шведский пароход «Бетти» [Анисимов, Оноприенко 1985].

13 июня 1899 года соединенная русско-шведская эскадра из пяти судов вышла из шведского порта Тромсё, от которого до Шпицбергена около 450 морских миль. По первоначальному плану русские суда должны были сразу идти в Стур-фиорд, а шведские – к северным пунктам сети треугольников и выбрать там место для зимовки. Русские суда были сильно перегружены, а запас угля мал, поэтому какие-либо маневры среди льдов в Стур-фиорде были рискованны. Ф.Н. Чернышев вынужден был пристать в Хорнсунне и основать зимовку в защищенной от ветров бухте Гоес. Выбор оказался удачным, так как это позволило уже в мае 1900 года снять зимовщиков. Стур-фиорд же был почти все лето покрыт сплошным льдом.

Ф.Н. Чернышев так охарактеризовал место базы русской экспедиции в 1899 году: «Горнзунд, едва ли не самый живописный фиорд Шпицбергена, вдается внутрь острова на 15 верст и совершенно открыт с западной стороны. Со всех сторон к Горнзунду подходят высокие альпийские горы, с резко очерченными гребнями, вытянутыми в северо-южном направлении. Между ними спускаются большие ледники с круто обрывающимися в море стенами. Плоский южный берег бухты Гоес покрыт сетью ледниковых ручьев, между которыми возвышаются метра на 3–4 холмы. На одном из таких холмов у юго-восточной оконечности бухты и были раскинуты постройки русского зимовья» [Чернышев 1901а: 261].

По плану, геодезические работы должны были начаться с севера, поэтому ледокол с астрономами на борту отправился к гавани Вирго на встречу со шведами. Однако оказалось, что шведская эскадра затерта льдами. Тогда было решено, что русские начнут геодезические работы в Стур-фиорде, а шведы пока займутся измерением базиса у горы Гекла-Гук. Прежде всего необходимо было установить геодезическую связь между зимовкой и сетью треугольников в Стур-фиорде, поэтому Д.Д. Сергиевский и И.И. Сикора занялись устройством геодезического пункта на высоте 800 м к востоку от бухты Гоес, а В.В. Ахматов и А.П. Ганский – на западной вершине. Инструменты, палатки и прочие грузы перетаскивали по каменным осыпям и льду очень крутых склонов. Через несколько дней разразился жестокий шторм. Разгрузка угля была приостановлена на несколько дней. Трудней всего пришлось геодезистам. Туман

и ветер пронизывал их палатки. Спали не раздеваясь, в мокрой одежде [Анисимов, Оноприенко 1985].

В трудных условиях рекогносцировочная партия Ф.Н. Чернышева (в нее входили профессор Г. де Геер, лейтенант Кнорринг, А.Д. Педашенко и студент О.О. Баклунд), используя две норвежские лодки, закончила установку сигналов и топографическую съемку в южной части градусной сети. Затем партия была разделена, чтобы ускорить установку сигналов в северной части Стур-фиорда, и выполнила это к 8 августа. Не удалось установить знак на горе Белой в северо-восточной части залива Жиневры, его перенесли на плато Гельвальда. С 22 июля успешно провели геодезические работы на мысе Ли и Уолес-Пойнте.

Ф.Н. Чернышев попытался добраться до зимовки шведов, но этому помешал тяжелый лед. Все работы были сосредоточены на северном участке градусной сети в Стур-фиорде, где экспедиция оставалась до 18 августа. Начинать работы на новых пунктах было рискованно. Предстояло еще разгрузить уголь с «Бетти» для зимовки, а геодезистам оформить журналы наблюдений и их копии.

19 августа вся русская эскадра вернулась в Хорнсунн, где уже вырос целый поселок. Были готовы дома, обсерватории и установлены все инструменты на станции. Ф.Н. Чернышев предпринял рейс в Ис-фиорд, где провел серию геологических маршрутов и собрал коллекции.

29 августа на борту «Бакана» в последний раз собрались все участники экспедиции, а вечером того же дня суда двинулись в Тромсё. Зимовать в бухте Гоес до мая будущего года остались начальник зимовки Д.Д. Сергиевский, доктор А.А. Бунге, астрономы А.С. Васильев, И.И. Сикора, В.В. Ахматов, физик А.Р. Бейер, механик Э.К. Ган и 12 матросов [Анисимов, Оноприенко 1985].

Подводя итоги в целом успешной для русских летней экспедиции 1899 года, Ф.Н. Чернышев писал: «По градусным измерениям закончена расстановка сети сигналов в Стур-фиорде, закончены геодезические и астрономические наблюдения на двух пунктах, наиболее трудных в южной сети треугольников, и сделана рекогносцировка базиса у Уолес-Пойнта. На Штеллинга и Бейера легла тяжелая работа по устройству обсерватории метеорологической и магнитной. Благодаря энтузиазму и энергии всех участников экспедиции удалось установить полную метеостанцию 2-го разряда со дня высадки команды, а ко дню ухода судов почти все приборы магнитной и метеообсерватории 1-го разряда были в действии. Установлен впервые на Шпицбергене и приведен в действие фотографический магнитограф. Кроме того, произведены были работы геологические, топографические и гидрографические, значительно восполнившие скудные сведения о Стур-фиорде, имевшиеся со времени путешествия Норденшёльда и Дунера» [Чернышев, 1901а: 268–269].

К этому следует еще добавить, что сам Ф.Н. Чернышев собрал богатые материалы из верхнекаменноугольных отложений, имеющих сходство и коррелируемых с соответствующими отложениями Севера России [Анисимов, Оноприенко 1985].

После ухода судов работы зимовщиков сосредоточились вначале на хозяйственных нуждах: подвозке угля, постройке двух астрономических обсерваторий и одной для наблюдений северных сияний и качаний маятника. Была также построена небольшая кузница и помещение для собак.

С 5 ноября установились регулярные наблюдения по всем пунктам программы. Астрофизик И.И. Сикора сделал фотографии северного сияния и его спектров. Была установлена связь сияний с магнитными возмущениями.

Октябрь и ноябрь были очень холодными, со страшными ветрами и вьюгами. В этих условиях отказывали измерители скорости ветра, до магнитной обсерватории приходилось добираться ползком. Часто повреждались постройки и инструменты. Декабрь и январь, напротив, оказались непривычно теплыми, с оттепелями и дождями. В новогоднюю ночь прошел ливень, принесенный теплым южным ветром, а 7 января заметили возвращение птиц. Настоящая зима началась с конца января, когда Хорнсунн окончательно покрылся льдом. Зимовщиков донимали белые медведи. Всего было замечено 62 зверя [Анисимов, Оноприенко 1985].

10 февраля зимовщики увидели солнце. Доктор А.А. Бунге 20 февраля посеял в деревянном ящике горох, бобы и чечевицу, которые разрослись весной. Со второй половины февраля и до конца

марта из-за сильных ветров и морозов рекогносцировки проводились невдалеке от зимовки.

31 марта в маршрут вышли две рекогносцировочные партии. Д.Д. Сергиевский, И.И. Сикора, матросы Моршнев и Васильев с нартами и упряжкой в девять собак должны были разведать пути на гору Кейльхау. В это время астроном А.С. Васильев с матросами К. Носковым и П. Фридрихсманом, имея нарты с восемью собаками, должны были отыскать дорогу к сигналу на горе Геджехог. Нарты были сильно нагружены, поэтому при подъеме обеих партий на ледник, лежащий к югу от поселка, им помогали все зимовщики.

От подножия Хорнсунн-тинда доктор Бунге с матросами вернулись на зимовку. Дальше шел крутой спуск, очень утомительный для собак. Вскоре обе партии стали на ночевку и из-за сильного ветра только 2 апреля стали раздельно искать проходы через цепь Хорнсунн-тинда: Васильев двинулся на северо-восток, Сергиевский – на юго-восток [Анисимов, Оноприенко 1985].

Партия Сергиевского и Сикоры хотя и не смогла отыскать гору Кейльхау (имелись фотографии только ее восточного склона), но собрала материал, облегчивший достижение этого пункта наблюдений при последующих маршрутах. Поход партии Васильева по льду Хорнсунна в глубь залива Адриа оказался очень тяжелым. При выходе на ледник участники похода много раз срывались в глубокие трещины, и только лямки, которыми они тянули нарты, спасали их. С трудом вырубая ступени во льду, они преодолели последний перевал перед зимовкой и весь груз и собак втащили наверх с помощью веревок.

11 апреля партия вернулась на зимовку, так и не достигнув Геджехога. Сергиевский отмечал в своем дневнике, что вечером приехал Васильев с двумя матросами, они были в ужасном виде, с больными глазами. Но в результате этой тяжелой рекогносцировки сигнал на Геджехоге был все-таки зафиксирован, только путь к нему был определен не по берегу, а через неисследованную центральную часть острова [Анисимов, Оноприенко 1985].

17 апреля с месячным запасом провизии группа Сергиевского и Сикоры вновь выступила на Кейльхау. Были взяты двое груженных нарт. Их сопровождали шесть матросов, из которых четверо должны были вернуться с упряжками на зимовку, чтобы передать их партии Васильева. Сергиевский и Сикора также тянули небольшие сани с исследовательскими приборами и инструментами. В пути они несколько раз пережидали бурю. Сигнал на Кейльхау был повален и занесен снегом. Палатку поставили в вырытой траншее, по которой можно было ходить, не рискуя свалиться с горы. 30 апреля Сергиевский начал наблюдения, которые прерывались из-за густого тумана и шторма, продолжавшегося до 19 мая, а затем в течение нескольких дней была выполнена почти вся программа наблюдений [Анисимов, Оноприенко 1985].

26 мая на Кейльхау пришел Ахматов и сменил наблюдателей. Поход группы Васильева был сопряжен с опасностями и неудачами. Лишь на девятый день партия была в 5–6 км от Геджехога, и Васильев с матросом Носковым отправился на одну из вершин на розыски сигнала, но его там не оказалось. Переход на другую вершину чуть не стоил жизни Васильеву, сорвавшемуся в трещину глубиной 20 м. Сигнал оказался недостижим – он был покрыт слоем снега и льда, так что партия не смогла осуществить здесь программу наблюдений. На этом период весенних работ зимовщиков закончился [Анисимов, Оноприенко 1985].

План работ 1900 года обсуждался на совместных заседаниях русской и шведской комиссий с расчетом на самые неблагоприятные обстоятельства и с тем, чтобы градусные измерения были закончены в течение летнего сезона. Однако ледовая обстановка в проливах Шпицбергена оказалась самой тяжелой за последние 50 лет, и шведская флотилия смогла подойти к району работ лишь 8 августа.

Чернышев очень волновался за судьбу русской зимовки и приложил большие усилия, чтобы как можно раньше ее достигнуть. Он сформировал вспомогательную экспедицию, в составе которой были адъюнкт-астроном Пулковской обсерватории С.К. Костинский, астрономы А.Д. Педашенко и Н.И. Осташенко-Кудрявцев, помощник директора Главной физической обсерватории Э.В. Штеллинг, инспектор метеостанций А.М. Шенрок, топограф капитан М.М. Зигель и студент О.О. Баклунд. Вместо норвежских рабочих Чернышев нанял 16 мезенских поморов [Анисимов, Оноприенко 1985] (*рис. 9*).

Рис. 9. Ф.Н. Чернышев (в центре) с участниками экспедиции, членами Комиссии и командой судна, направляющегося на Шпицберген, 1900 год

23 мая русская эскадра вышла из Тромсё и 26 мая достигла бухты Гоес. С судов был дан салют в 21 выстрел, и вскоре на «Бакан» прибыла шлюпка с Васильевым и Бейером, а вечером 28 мая из домика зимовщиков заметили возвращавшихся с Кейльхау Сергиевского и Сикору. Они сообщили, что весь Стур-фиорд, за исключением небольшой полыньи у западного берега, покрыт льдом. Был выработан подробный план работ и распределены силы экспедиции.

1 июня группа Васильева, включая шесть поморов и двух матросов с 18 собаками и двумя санями, отправилась к Геджехогу на баркасе и экспедиционной шестерке. В бухте Адриа пришлось раздвигать лед в течение шести часов. В подъеме на ледник партии помогли матросы с «Бакана». Затем с большими трудностями была заброшена партия Костинского и Педашенко на Уолес-Хед.

«Бакан» передвинулся в бухту Бетти. Чернышев, Кудрявцев, Сергиевский и студент Баклунд отправились сопровождать партию Шенрока на вершину Кейльхау для проведения магнитных наблюдений и партию Зигеля к подножию для топографических работ на юге Шпицбергена. Несмотря на начинавшийся шторм, пирамида была установлена, но на следующий день во время шторма она рухнула. Чернышеву с рабочими пришлось заново проделать всю работу.

Совершив еще несколько переброс партий, Чернышев на «Бакане» отправился к Датским островам и в Айс-фиорд к Земле Принца Карла. Здесь были обнаружены затертые льдами суда шведской экспедиции «Свенскзунд» и парусная шхуна «Геа». Шведы обещали взять на себя сигнал на мысе Агарда, но «Свенскзунд» не смог добраться ни до этого мыса, ни до Уолес-Хеда, блокированных льдом. Не увенчались успехом и попытки «Бакана» пройти в Уолес-Бай [Анисимов, Оноприенко 1985].

24 июня все суда опять собрались и бухте Гоес. Оказалось, что удалось высадить в Уолес-Бай только Шенрока для магнитных наблюдений и забрать с Геджехога Васильева, закончившего всю серию астрономических и геодезических работ. Ледовая обстановка не позволила пробраться к мысу Агарда, а сигнал на мысе был снесен штормом. Пришлось пересмотреть план работ и перенести их во внутренние районы островов. Весь июль суда не могли подойти к намеченным планом пунктам. Только в начале августа уда-

лось снять в Уолес-Бай партию Костинского и Педашенко, уже давно закончивших всю серию астрономо-геодезических наблюдений. Ими же была сделана топографическая съемка окрестностей Уолес-Бай в масштабе 1:50 000 и проведены метеорологические наблюдения. Ахматов завершил исследования на Кейльхау, а Зигель – топографическую съемку всего западного берега к югу от Горнзунда.

В связи с переориентацией работ самым крупным успехом лета 1900 года стало проникновение Васильева в глубь Шпицбергена, в район горных цепей Сванберга и Хиндениуса. С большим риском эта партия поднялась по леднику Норденшёльда и, перейдя ледяное плато, устроила у подножия гор Сванберга склад. Часть груза была поднята на вершину, и здесь же установлен универсальный прибор Бамберга. После этого члены экспедиции, забрав часть продуктов на складе, стали подниматься на гору Хиндениуса. Люди шли, срываясь в трещины и утопая в мокром снегу, под проливными дождями и в густом тумане. В пути чуть не погибли Васильев и студент Баклунд. В этих условиях удалось распознать южную вершину цепи Хиндениуса – гору Ньютон (1658 м), высшую точку архипелага. Позже астроном А.С. Васильев первым из людей поднялся на эту вершину и водрузил на ней русский флаг. Гора была образована тремя вершинами, но они не годились для сигнала. Его поставили на отрогах одной из соседних вершин, и измученные люди возвратились на ледник Норденшёльда к складу, который наполовину провалился в трещину [Анисимов, Оноприенко 1985].

29 июля три человека во главе со студентом Баклундом в сильный шторм доставили с побережья запас керосина, а Васильев с остальными людьми поднял из трещины с глубины 10 сажен провалившийся провиант.

31 июля партия в метель и при резком ветре снова поднялась на гору Сванберг, но удобного места для сигнала не было найдено. Васильев отрядил студента Баклунда с пятью поморами и 18 собаками на северную вершину для установки там сигнала, а сам остался, боясь пропустить удобный для наблюдений момент.

6 августа был установлен вспомогательный сигнал, а 17-го закончены все астрономические и геодезические наблюдения на основном сигнале. Васильев сразу перебазировался на северную вершину, которую он назвал в честь академика О.А. Баклунда, директора Пулковской обсерватории, работавшего на Шпицбергене. С горы Баклунда был обзор всех сигналов (за исключением мыса Агарда). Планы работ этой партии были выполнены, и после 20-часового перехода она достигла берега и была переправлена на «Бакан». Чернышев, описывая этот поход, отмечает, что он впишет одну из блестящих страниц в историю полярных исследований и что русские должны гордиться тем, что нашим соотечественникам удалось разрешить те задачи, которыми обусловливался успех всего предприятия по градусным измерениям на Шпицбергене. Действительно, партия Васильева вместо шведов взяла на себя сверхплановую работу в центральной части Шпицбергена и с честью ее выполнила [Анисимов, Оноприенко 1985].

22 августа «Рюрик» пришел с грузом угля, но уже на следующий день залив был забит льдом. Нужно было срочно снимать станцию, и 26 августа русские исследователи распростились с поселком, который в течение 17 месяцев был центром работ русской экспедиции. Сам Чернышев выехал со Шпицбергена еще в июне для участия в заседаниях сессии МГК в Париже. Однако ему удалось в очень сложных условиях и в сжатые сроки успешно организовать работы с получением значительных результатов.

Правильно разработанная стратегия исследований, увеличение топографических работ, своевременное восстановление геодезических сигналов позволило выполнить почти всю программу исследований за исключением трех пунктов триангуляционной сети, не охваченных наблюдениями (мыс Агарда, мыс Недоразумения и плато Гельвальда). Совсем немного удалось сделать в этом году участникам шведской экспедиции. В связи с этим Чернышев выражал надежду, что работы экспедиции на Шпицбергене будут продолжены и поддержаны Академией наук. Он писал: «...Академия наук, желала бы, чтобы научный памятник, создаваемый при ее участии на пороге двух столетий был довершен в ближайшем будущем и чтобы история этого памятника, над созданием которого равно потрудились и наши ученые,

и русские моряки, и простые мезенские поморы, осталась бы навсегда символом лучших, симпатичных качеств русского человека» [Чернышев, 1901б: 245].

Он обратился с письменным ходатайством о продолжении работ к министру иностранных дел России [Анисимов, Оноприенко 1985].

20 сентября 1900 года Чернышев выехал в Стокгольм в месячную командировку для совещания с членами шведской комиссии по делам Шпицбергенской экспедиции. Было принято решение продолжить и завершить исследования в 1901 году. Русскую экспедицию решено было направить в том же составе, но увеличив количество собак. Чернышев настоял на увеличении количества геодезических инструментов, чтобы можно было вести наблюдения сразу на четырех пунктах. В Потсдаме был приобретен новый усовершенствованный прибор для изучения качании маятника, учитывавший колебания штатива. Основываясь на опыте предыдущих лет и стремясь значительно расширить объем и качество работ, Ф.Н. Чернышев обратился к военному министру с просьбой прикомандировать к экспедиции трех топографов военно-топографического отделения главного штаба. В состав экспедиции 1901 года были включены астрономы В.В. Ахматов, А.С. Васильев. А.П. Ганский, А.А. Кондратьев и А.Д. Педашенко; топографы главного штаба П.П. Емельянов, М.М. Зигель и А.В. Клементьев; зоолог М.Н. Михайловский и художник В.А. Щуко. Руководил экспедицией по-прежнему Ф.Н. Чернышев.

По просьбе комиссии согласился отправиться на Шпицберген академик О.А. Баклунд, которому предложили руководить работами по базисному намерению. Экспедиция располагала транспортом «Бакан» и ледоколом Либавского порта. Для подвоза угля, свежей провизии и почты был зафрахтован шведский пароход «Рюрик» [Анисимов, Оноприенко 1985].

Для скорейшей доставки к месту работ к экспедиции был прикомандирован до 15 июня ледокол «Ермак», который затем должен был отправиться в Ледовитый океан. Чернышев возложил научные обязанности и на офицеров «Бакана». Так, старшему штурману Н.А. Алексееву предстояло заняться гидрографическими, доктору медицины А. Н. Волковичу – зоологическими и гидрологическими исследованиями, а остальным судовым офицерам – промерами глубин неизвестных бухт Стур-фиорда.

2 июня в 9 часов вечера «Бакан» и «Ермак» вышли из Тромсё на Шпицберген. «Рюрик» должен был дождаться академика О.А. Баклунда. Стур-фиорд был забит льдом, и суда не смогли пробиться к месту базы в Уолес-Пойнте. Удалось пройти в бухту Бетти, и Ф.Н. Чернышев использовал это для расчистки от снега сигнала на горе Кейльхау. 7 июня суда пробились к Уолес-Пойнту, единственному месту в Стур-фиорде, пригодному для измерения базисной сети. К вечеру следующего дня была закончена выгрузка, и Чернышев распределил работу между основными партиями по топографической съемке и геодезическим наблюдениям. В этот же день прибыл «Рюрик» с О.А. Баклундом.

13 июня начались измерения на вспомогательном базисе в Уолес-Пойнте, и были заброшены к месту работ первые партии. Чернышев отправился в бухту Агарда, чтобы восстановить сигнал, повалившийся еще осенью 1899 года. С семью рабочими он поднялся на вершину плато и принялся за сооружение пирамиды, но оказалось, что место сигнала выбрано неудачно: с него не были видны ни мыс Недоразумения, ни плато Гельвальда. Пришлось ставить новый сигнал на северной оконечности плато Агарда, перетаскивая камни при сбивающем с ног ветре. Более суток люди работали без отдыха [Анисимов, Оноприенко 1985].

11 июня была высажена партия Клементьева для топографической съемки окрестностей бухты Агарда, а затем и ледника Негри в заливе Жиневры. В эти же дни были закончены измерения на вспомогательном базисе и начались на основном. Успеху этих работ способствовала погода, поэтому удалось высадить партию геодезистов на опорные пункты наблюдений, доставить к месту работ на мысе Недоразумения партию Педашенко и Ганского. 10 мезенских поморов и 16 матросов с «Бакана» за два с половиной часа доставили к сигналу более 80 пудов груза и инструменты. Высадить же Васильева и студента Баклунда на ледник Негри не удалось даже с двух попыток, поскольку на пути был встречен разбитый лед с полыньями.

Успешно продолжались работы по измерению главного базиса, геодезические наблюдения на Уолес-Пойнте и топографическая съемка. Чернышев не сходил на берег с «Бакана», непрерывно курсируя между различными партиями, оперативно перебазируя их и оказывая необходимую помощь.

29 июня Васильев вторично ушел на ледоколе в залив Жиневры. Ему поручалось, высадившись на ледник Негри, пройти в обход горы Эдлунда на плато Гельвальда и установить там сигнал. Студенту Баклунду с собаками следовало добраться до Сванберга и установить новую пирамиду на пункте, с которого видна гора академика Баклунда. Васильев после наблюдений на Гельвальде должен был закончить прошлогодние наблюдения на Сванберге. Дополнительный запас провизии взялся доставить ему Баклунд на обратном пути.

Чернышева очень беспокоила судьба Клементьева и Зигеля, от которых давно не было вестей, и он вышел на «Бакане» на север к мысу Агарда вдоль западного берега Стур-фиорда, где и были обнаружены палатки Клементьева и Зигеля. Первым была уже закончена съемка до ледника Негри, и его предполагалось перебросить на мыс Недоразумения. Зигель заснял побережье вплоть до залива Тимен [Анисимов, Оноприенко 1985].

7 июля было встречено шведское судно «Антарктик» с экспедицией на борту во главе с профессором Г. де Геером. У шведов работы складывались неудачно: 23 дня «Антарктик» был зажат плотным льдом, и ему едва удалось выбраться из ледового плена. Поскольку не было никаких перспектив пробраться к Гинлопену с севера, Г. де Геер предложил помочь русской экспедиции в ее районе. Однако Чернышев от помощи отказался и посоветовал шведам попытаться пройти в Гинлопен либо обогнув архипелаг Тысяча островов, либо через Гелис-зунд, соединяющий залив Жиневры с Ольга-стрит. «Антарктик» ушел на север.

Студент Баклунд к этому времени уже вернулся со Сванберга, где поставил сигнал, и ушел к Гельвальду с запасом провианта для Васильева. Поход к Сванбергу был очень тяжел: началось усиленное таяние снегов. 24 собаки поранили ноги, а шесть из них погибли. Поскольку Чернышева беспокоили работы во внутренних областях Шпицбергена, где условия были особенно сложными, 14 июля он, подойдя на ледоколе к леднику Негри, отправился к лагерю Васильева. Его и Баклунда Чернышев встретил в бедственном положении на леднике у склада провизии. На помощь этой партии Ф.Н. Чернышев перебросил партию Ганского и Педашенко. К концу июля можно было считать, что установка прибрежных пунктов триангуляционной сети обеспечена. Чернышев писал впоследствии: «Казалось, что работы идут до сих пор успешно, и не исключена вероятность их окончания в лето 1901 года; но я не считал себя вправе предаваться излишнему оптимизму ввиду крайне капризных условий, при которых приходится вести наблюдения в полярных странах. Как увидим ниже, только благодаря крайнему напряжению участников экспедиции и прекрасным условиям второй половины августа задача русской экспедиции была разрешена истекшим летом» [Чернышев, 1902: 151–152].

Чернышев решил помочь шведам и высадить партию в пункте их работ Тумб-Пойнт, но они в нарушение предварительной договоренности начали работы в этом районе, а не на северных точках.

В конце июля наиболее сложное положение оставалось у Васильева, который из-за непогоды не смог провести никаких наблюдений. Чернышев послал ему в помощь еще Ахматова, который 9 августа с упряжкой из 20 наименее пострадавших собак вышел на Сванберг. Нужно было также высадить Ганского па плато Гельвальда для проведения маятниковых исследований. 10 августа 16 матросов с «Бакана» впряглись в двое саней, на которых был перевезен весь груз партии Ганского. Чернышев сам участвовал в этом походе, так как хотел помочь Педашенко и Васильеву. Суда в это время отправились в гавань Андерсона [Анисимов, Оноприенко 1985].

С 12 августа утренние морозы и ясная погода способствовали наблюдениям на геодезических пунктах. С 14 августа начали постепенно свертывать работы и снимать с побережья партии топографов, закончивших съемочные работы. Приходилось по несколько раз подходить на «Бакане» и ледоколе близко к берегу в густом тумане и отыскивать палатки топографов. Так были сняты партии Клементьева и Емельянова, а с

20 августа Зигеля, а также Васильева и Ахматова, закончивших работы во внутренних областях Шпицбергена. На горе, названной в честь Чернышева (78°57'), ими был водружен русский национальный флаг. Эта гора являлась крайним северным пределом русской градусной сети, откуда начиналась уже шведская сеть. Васильев был переброшен на плато Гельвальда для наблюдений сигнала на горе Чернышева, которые им были быстро выполнены. Все триангуляционные работы русской экспедиции были закончены.

Ледокол направился к Уолес-Пойнту для высадки Ахматова, Ганского, Емельянова и Клементьева, которым следовало определить еще раз расстояние между главной и вспомогательной пирамидами. Чернышев предполагал высадиться у Зюд-капа, чтобы собрать дополнительный геологический материал в этом районе. Шторма не позволили это осуществить [Анисимов, Оноприенко 1985].

28 августа все участники экспедиции на ледоколе и «Бакане» вышли в Горнзунд. Ледокол прошел прямо в Тромсё, а «Бакан» прибыл в Гаммерфест, откуда Ф.Н. Чернышев отправил президенту Академии наук телеграмму об окончании работ русской экспедиции. 31 августа все участники экспедиции собрались в Тромсё, туда же прибыл и «Антарктик» со шведской экспедицией. Шведами были завершены работы на сигналах в Гинлопене, а на трех северных треугольниках они так и не работали. В целом работами русской и шведской экспедиций была измерена дуга меридиана в 3,5°, из которых на долю русских исследователей приходилось около 2,5°. Для сравнения Ф.Н. Чернышев приводит затраты времени при других градусных измерениях: подольско-волынская дуга в 5°8' и финляндская в 1°56' потребовали по пять лет работ каждая, лапландская в 3°4' – семь лет [Анисимов, Оноприенко 1985].

Успех русской экспедиции в решающей степени был обусловлен высокими организаторскими способностями Ф.Н. Чернышева, его личным участием во многих исследованиях. Деятельность Ф.Н. Чернышева па Шпицбергене получила международное признание и даже спустя годы высоко оценивалась научной общественностью: «Пятнадцать лет тому назад из Петрограда двинулась экспедиция... по измерению дуги меридиана на отдаленном севере, на архипелаге Шпицбергена с 1899 по 1901 год. Результаты этой экспедиции столь разносторонни и обширны не только по прямым задачам ее, но и по другим отраслям познания земного шара, что обработка всех наблюдений и собранных коллекций не закончена поныне. Расширение первоначальной программы экспедиции в значительной степени, если не исключительно, принадлежит инициативе Феодосия Николаевича, и в выполнении ее он принял самое деятельное участие; он не только интересовался результатами по самым различным специальностям, но и во время полевых работ... заставлял не только наблюдателей, но и всех участников экспедиции... вновь со свежими силами бороться за успех и законченность в работах» [Баклунд 1914: 445]

В результате трех лет работы русской экспедиции на Шпицбергене были достигнуты выдающиеся научные результаты. Кроме геодезических работ, где на долю русской экспедиции выпало две трети всех исследований, большую ценность имели магнитные и метеорологические наблюдения, широкая программа которых была осуществлена на зимовке 1899–1900 годов. Вся береговая линия и значительные части внутренних районов от Горнзунда через весь Стур-фиорд до Уолес-Пойнта были покрыты мензульной съемкой в масштабе две версты и дюйме с горизонталями через 10 сажен. Подобных съемок на таком обширном пространстве в полярных районах в то время еще не проводилось. Они позволили в дальнейшем решить ряд актуальных вопросов географии и геоморфологии полярного архипелага. В Стур-фиорде во многих бухтах делались постоянные промеры глубин залива, в результате чего было получено много новых гидрографических данных. Проводились также гидрологические, гляциологические и биологические исследования. В трех местах маршрутами был пересечен Западный Шпицберген, что дало много новых сведений о неисследованных внутренних его областях. На Международном конгрессе геодезистов и астрономов, который состоялся осенью 1900 года в Париже, шпицбергенские исследования были признаны одним из самых выдающихся научных событий [Анисимов, Оноприенко 1985].

Необходимо особо подчеркнуть значение геологических исследований на Шпицбергене самого Ф.Н. Чернышева, хотя в программу работ экспедиции они не входили. Тем не менее Ф.Н. Чернышев собрал важный материал по геологии, палеонтологии и тектонике Шпицбергена. Основываясь на открытии им в районе Хорнсунна девонских отложений, он установил чешуйчатое геологическое строение Южного Шпицбергена, чем объяснялись и особенности рельефа архипелага. Чисто альпийский ландшафт на западе Шпицбергена в виде параллельно вытянутых горных хребтов с резко очерченными зубчатыми гребнями и отдельными пикообразными вершинами резко отличен от прилегающего с востока плато, от которого складчатые образования, представленные кристаллическими сланцами и осадочными породами нижнесилурийского возраста, отделяются осадочными породами от девонского до третичного возраста, круто приподнятыми по сбросам. Все пространство по обе стороны Стурфиорда и по берегам пролива Хинлопен выполнено почти горизонтально залегающими слоями, круто обрывающимися к морю.

К сожалению, специальная работа по геологии Шпицбергена не была издана, если не считать сведений предварительных отчетов Шпицбергенской экспедиции. Лишь часть материалов была использована Ф.Н. Чернышевым в его стратиграфических и палеонтологических, а также в лекциях по исторической геологии, которые он читал в Горном институте [Анисимов, Оноприенко 1985].

Свой доклад о результатах работы Шпицбергенской экспедиции на заседании Академии наук 17 декабря 1901 года Ф.Н. Чернышев закончил словами: «...Организовав экспедицию 1899–1901 годов, Россия внесла крупную лепту в сокровищницу полярных исследований и восполнила значительный пробел в познании этих островов, а тот смельчак, который дойдет до русского флага, развевающегося над одной из высших точек внутри Шпицбергена, лучше всего оценит трудности, которые преодолела русская экспедиция» [Чернышев 1902: 158–159]. Первым человеком, который поднялся на главную вершину архипелага – гору Ньютона, был астроном А.С. Васильев.

Образованная Академией наук Комиссия по градусным измерениям на Шпицбергене просуществовала до 1919 года. Затем по предложению А.П. Карпинского она была слита с Комиссией по Русской полярной экспедиции Э.В. Толля и образовала Постоянную полярную комиссию Академии наук. В Архиве АН СССР (Ленинградское отделение) имеются огромные материалы, характеризующие деятельность Шпицбергенской экспедиции от 16 марта 1898 года до 21 апреля 1912 года. С 1904 года начались публикации этих материалов экспедиции. Всего вышло 15 томов, часть из них – после Октябрьской революции. Академией наук СССР была также издана новая подробная карта части Шпицбергена, составленная А.С. Васильевым [Визе 1948; Анисимов, Оноприенко 1985].

Экспедиция В.А. Русанова

Первые десятилетия XX века явились для Шпицбергена периодом начала индустриальной деятельности. В эти годы (до начала Первой мировой войны) в различных районах архипелага – от самого южного острова Сёракапп до северной оконечности острова Западный Шпицберген – развернулись поисковые работы угольных месторождений. Развитие промышленности в странах Европы и Северной Америки, прежде всего, парового судоходства и железнодорожного транспорта, вызвало повышенный интерес к поиску новых источников топлива.

Использование каменного угля в качестве топлива на Шпицбергене восходит еще к XVII веку, когда голландские китобои использовали его при вытопке китового жира. К XX веку было известно уже довольно много выходов каменного угля, которые привлекли внимание многих угольных компаний. В 2006 году, на основе приобретенных у норвежской компании из города Тронхейма месторождений в долине Адвентдален, американские предприниматели Ф. Айер и Д. Лонгир основали Арктическую угольную компанию, положив начало добычи каменного угля в поселке Лонгирбюен [Мартин и др. 2006; Хисдаль 2005]. В это же время американская компания ведет поиск месторождений в других районах Адент-фиорда, а также в заливах Колсбей и Грён-фиорд.

В 1916 году рудник Лонгирбюен перешел в руки норвежских бизнесменов, которые организо-

вали ныне действующую «Большую норвежскую шпицбергенскую угольную компанию». Другая норвежская компания «Кингсбей» в 1916 году приступила к освоению месторождения в районе поселка Ню-Олесунн.

Большое количество заявочных знаков на разработку угля на архипелаге Шпицберген установила в 1910 году Швеция. Они были поставлены в Ван-Майенбукте (ныне действующий рудник Свеагрува), Темпель-фиорде (Бунсоу), Норд-фиорде (месторождение Пирамида) и Ис-фиорде (Тундра Эрдмана) [Густафссон 2006].

Большую работу по поиску и разработке каменноугольных месторождений проводили английские компании, в том числе в заливе Ван-Майен-фиорд (Калипсобюен).

В такой ситуации, когда на «ничейной земле», на которую Россия имела наибольшие права, развернули промышленную деятельность многие страны мира, она не могла оставаться сторонним наблюдателем, тем более, что в 1912 году должно было состояться международное совещание по правовому положению Шпицбергена. Помимо этого, Россия нуждалась в обеспечении топливом северных провинций страны.

21 сентября 1911 года туда была направлена экспедиция под руководством В.Ф. Држевецкого. Она закончилась полным провалом: 15 октября, почти не отойдя от берегов Норвегии, она вернулась в Вардё. В литературе приводится много справедливых упреков по поводу этого неудачного похода, указывая на ее плохую подготовку, неверно выбранное судно, поздний выход в плавание и пр. [Шпаро, Шумилов 1992; Михайлов 2004]. Все это верно. Особенно непродуманным было время выхода в плавание. Умудренные многовековым опытом, русские поморы ходили на Шпицберген в июне, причем об этом упоминается даже в документах XVI столетия. Это же касается неприспособленного к полярным походам судна «Жак Картье».

Следующую экспедицию было решено направить на Шпицберген в 1912 году. Ее руководителем был назначен В.А. Русанов (*рис. 10*). В научных и административных кругах того времени он был известен как испытанный руководитель полярных экспедиций, способный выполнить поставленные перед ним задачи.

Рис. 10. Владимир Александрович Русанов (1875–1913)

Об этом красноречиво говорят отзывы о В.А. Русанове, которые были представлены руководством Архангельской губернии. Так, бывший архангельский губернатор И.В. Сосновский характеризовал его «как человека выдающихся нравственных качеств, смелости и увлечения делом, а также большой расчетливости в средствах при снаряжении экспедиций». Еще более определенно в отношении выбора В.А. Русанова в качестве руководителя шпицбергенской экспедиции высказался тогдашний правитель канцелярии Архангельской губернии Б.И. Сосновский: «Если во главе экспедиции будет поставлен геолог Владимир Александрович Русанов, посвятивший себя в последние пять лет полярным исследованиям, то успех экспедиции можно считать обеспеченным» [Шпаро, Шумилов 1992].

Эти высокие отзывы и назначение В.А. Русанова начальником экспедиции были не случайны. К этому времени он был наиболее известным исследователем Арктики, реализовавшим четыре успешных экспедиции на Новой Земле в 1907–1910 годов. Это были очень тяжелые экспедиции, которые сопровождались длинными пешеходными походами.

Уже во время этих работ на Новой Земле Русанова не оставляла мысль о важности прокладки судоходной трассы от Архангельска до Берингова пролива, где Новой Земле отводилась роль одной из опорных баз. Этому вопросу, в частности, была посвящена работа экспедиции 1909–1910 годов, руководителем которой являлся В.А. Русанов.

В ее задачу входило отыскание кратчайшего пути вдоль северного берега Новой Земли в Карское море. С этой целью в бухте Крестовой был создан базовый лагерь, откуда экспедиция последовала в северо-восточном направлении до залива Незнаемого. В этой же связи В.А. Русанов осуществил пеший переход поперек Новой Земли от мыса Незнаемого до бухты Крестовой.

Мысль о необходимости проложить Северный морской путь была отражена В.А. Русановым в целом ряде статей и записок, наиболее ранняя из которых – письмо военному министру В.В. Сахарову – датируется 1904 годом. В ней говорится о необходимости проведения специальных изыскательных работ по изучению условий плавания в водах Северного Ледовитого океана.

В.А. Русанов рассматривал три варианта этого пути: через пролив Югорский Шар, через Маточкин Шар и в обход Карского моря [Корякин 1987]. Последний вариант представлялся ему наиболее целесообразным, поскольку западное побережье Новой Земли свободно ото льда, а Карское море, заполненное льдами, целесообразно обходить с севера. Для решения этих вопросов, по мнению В.А. Русанова, должна быть создана специальная правительственная организация и проведены необходимые исследовательские работы. Этой идее Русанов остался верен до конца.

Получив 28 февраля 1912 года предложение от Министерства внутренних дел возглавить экспедицию «к островам Шпицбергенского архипелага», Русанов немедленно ответил согласием [Шпаро, Шумилов 1992].

С самого начала подготовки экспедиции он, определяя ее задачи, наряду с решением практических вопросов поиска каменноугольных месторождений, поставил вопрос о целой серии научных исследований этого еще мало изученного архипелага. Как и прежде на Новой Земле, на Шпицбергене В.А. Русанов намеревался построить исследования по принципу от общего к частному, полагая, что «экспедиция прежде всего должна будет учитывать на месте положение дел. Было бы преждевременным сосредотачивать все работы в одном пункте. Вначале желательно общее рекогносцировочное ознакомление с разными частями острова» [Корякин 2007].

Согласно разработанному им «Проекту Шпицбергенской экспедиции 1912 года», предстояло провести целую серию исследовательских работ. Во-первых, исследование природных богатств архипелага: каменноугольные месторождения и другие полезные ископаемые, а также объекты морских и зверобойных промыслов. Во-вторых, ознакомление с деятельностью иностранных промышленных предприятий. И в-третьих, проведение целой серии научно-исследовательских работ в области географии, ботаники, океанографии, метеорологии и других направлений [Корякин 2005].

Определяя район работы экспедиции, Русанов исходил из верных соображений о том, что наиболее благоприятным районом архипелага является его западное побережье, омываемое рукавом теплого течения Гольфстрим. Но оно к тому времени уже было в значительной мере занято иностранными компаниями. Исходя из этого, он предполагал сосредоточить основное внимание на южных и центральных районах архипелага, а также на восточном побережье острова Западный Шпицберген и островах, прилегающих к нему. Наиболее перспективными районами западного побережья он считал заливы Хорнсунн, Бельсунн и Ис-фиорд.

Чрезвычайно важно отметить, что в том же «Плане Шпицбергенской экспедиции» было отмечено, что задачи готовящейся экспедиции не должны быть ограничены исключительно территорией этого архипелага. Говоря о выборе подходящего судна, он пишет: «В заключение нахожу необходимым открыто заявить, что, имея в руках судно вышенамеченного типа, я бы смотрел на обследование Шпицбергена как на небольшую первую пробу.

С таким судном можно будет широко осветить, быстро двинуть вперед вопрос о Великом Северном морском пути в Сибирь и пройти Сибирским морем из Атлантического в Тихий океан». С этим же, по всей вероятности, связано предложение

Русанова о продолжительном сроке работы экспедиции: «Желательно выйти возможно раньше и возвратиться возможно позже. Выйдя, например, в середине мая, можно было бы возвратиться в начале или середине октября» [Русанов 1945].

В результате долгих поисков в северонорвежских портовых городах, которые проводили В.А. Русанов и приглашенный им в качестве капитана А.С. Кучин, им удалось в приобрести шхуну «Геркулес», стоимостью 32 тысячи крон (*рис. 11*). Характеризуя качества приобретенного судна, Русанов в письме директору Департамента общих дел сообщает, что «Геркулес» «крепкое зверобойное судно, уже испытанное в Гренландских льдах. Построен «Геркулес в 1908 году, то есть совсем новый» [Корякин 2005]. А.С. Кучин также был доволен приобретением этого судна. «В Олесунде, – писал он отцу, – судно настолько понравилось, что решили купить его. Лучше, пожалуй, и не найти» [Шпаро, Шумилов 1992].

Так же ответственно подошел Русанов к проблеме состава экспедиции. Как уже говорилось выше, исходя из составленной им программы экспедиционных работ, он предполагал провести целую серию практических и научно-исследовательских мероприятий: поиск каменноугольных месторождений, полевые работы в области общей геологии, зоологии и океанологии. Исходя из непродолжительного времени пребывания экспедиции на Шпицбергене, ее участники должны были обладать всеми необходимыми качествами опытных полевиков и квалифицированных специалистов.

Особенно это касалось капитана судна, на которого помимо плавания к Шпицбергену, возлагалась задача преодоления Северного морского пути по нехоженой трассе к северу от Новой Земли. Выбор пал на А.С. Кучина: «С чувством глубокого удовлетворения могу сообщить, что по телеграфу я уже заручился согласием этого молодого и энергичного ученого, готового принять участие в Шпицбергенской экспедиции» [Шпаро, Шумилов 1992].

Русанов в то время не был лично знаком с Кучиным, но, по всей вероятности, ему были хорошо известны его качества как моряка, много раз ходившего в северных морях и принимавшего участие в экспедиции Р. Амундсена к Южному полюсу. Со своей стороны, Кучин также мог хорошо знать о новоземельских экспедициях Русанова и его желании пройти Северном морским путем. Этим, по всей вероятности, объясняется его немедленное согласие принять участие в новой экспедиции. Помимо должности капитана экспедиционного судна на А.С. Кучина возлагались обязанности по океанологическим наблюдениям.

На коллектора З.Ф. Сватоша возлагались обязанности по зоологическим сборам на Шпицбергене, для чего он был специально откомандирован Зоологическим музеем Петербургской академии наук.

Основное направление научно-исследовательских работ экспедиции – геология – было укомплектовано несколькими специалистами: сам В.А. Русанов, его невеста Жюльетта Жан из Парижа и горный инженер Р.Л. Самойлович. В отношении последнего следует сказать, что его основная обязанность в экспедиции заключалась в обследовании горной промышленности, которая зарождалась в то время на архипелаге Шпицберген. Одновременно он занимался поиском каменноугольных месторождений.

Всего в состав экспедиции входило 14 человек, включая экипаж судна.

9 июля 1912 года «Геркулес» вышел из Архангельска-на-Мурмане, взяв курс на остров Медвежий. 14 июля он миновал этот приметный пункт

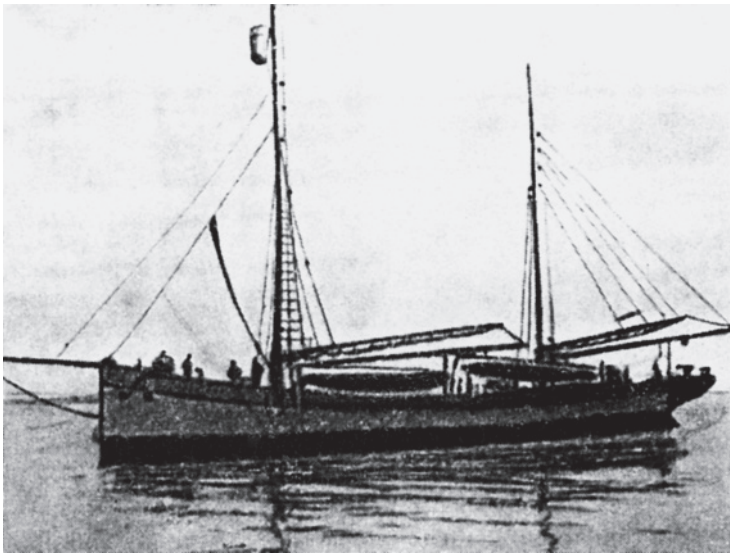


Рис. 11. Экспедиционное судно «Геркулес»

к архипелагу Шпицберген, а утром 17 числа вошел в залив Бельсунн. Здесь экспедиция разделилась. Отряд Самойловича остался производить поисковые работы в заливе Ван-Майен-фиорд, а Русанов с двумя матросами из бухты Риндерс совершил пеший переход на восточный берег острова Западный Шпицберген. Это был наиболее сложный экспедиционный маршрут, который едва не закончился трагически для руководителя экспедиции. Проходя по «чрезвычайно растре-

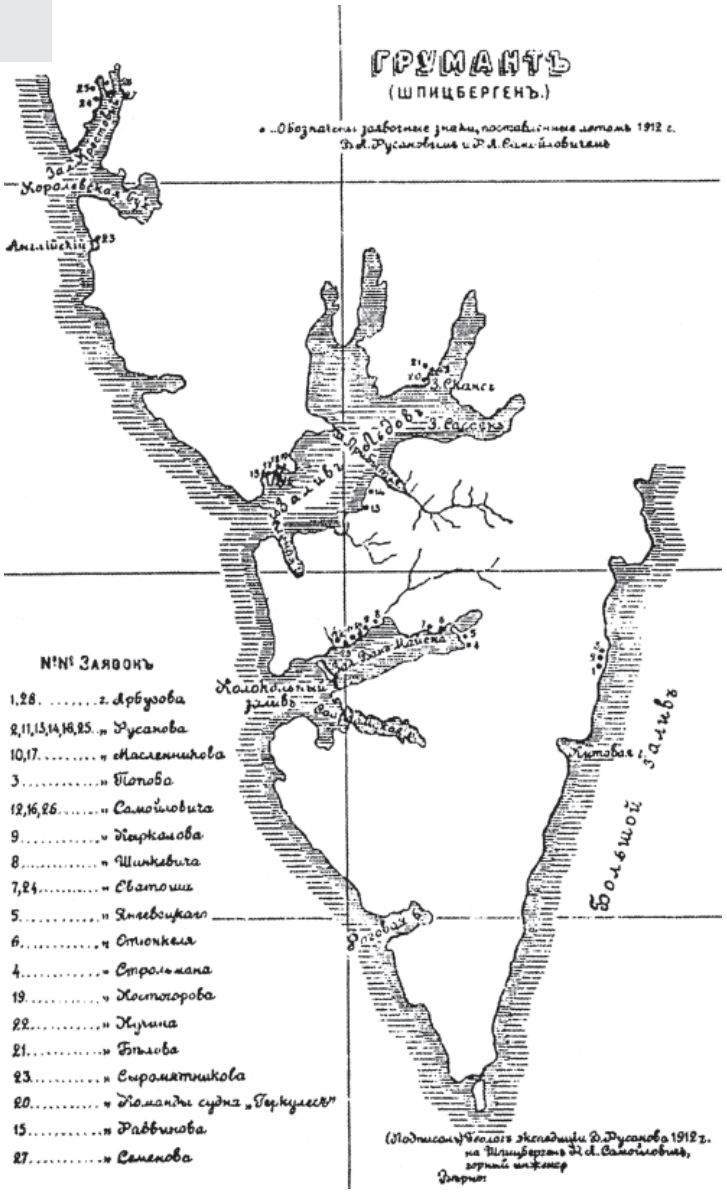


Рис. 12. Карта экспедиции Русанова с обозначением мест заявочных знаков

сканному леднику», Русанов провалился в трещину и едва не погиб. На побережье Стур-фиорда Русановым было поставлено три заявочных столба. В 1925 году они были обнаружены советской экспедицией на судне «Персей».

Отряд Самойловича обнаружил выход угольного пласта у подножья горы Колфьеллет. Всего экспедиция поставила в Ван-Майен-фиорде 10 заявочных знаков.

28 июля «Геркулес» вошел в залив Грён-фиорд, берега которого, по словам Р.Л. Самойловича, были «сплошь уставлены заявочными знаками <...> однако лишь американцы добывают уголь» [Корякин 1987]. Это относилось с восточным берегом залива. На его западном побережье участники экспедиции увидели остатки крупного поморского поселения, которое сопровождалось кладбищем, включавшим в себя 15 захоронений. В современной научной литературе это поселение носит название Кокеринесет и в настоящее время исследуется объединенной международной экспедицией, в которой принимают участие Институт археологии РАН (Россия) и Гронингенский университет (Нидерланды).

Нужно сказать, что поселение Кокеринесет является не единственной археологической находкой экспедиции Русанова. В заливе Трюгхамна на северном берегу залива Ис-фиорд она обнаружила еще одно большое поморское становище XVIII века, которое в 1960 году было раскопано финским отрядом Скандинавской экспедиции.

Покинув Грён-фиорд, экспедиция Русанова перешла в более восточные районы залива Ис-фиорд: в бухту Колсбей и Адвент-фиорд. Работы проводились двумя отрядами. В Адвент-фиорде, на месте современного поселка Лонгирбюен, участники экспедиции ознакомились с развернувшимися там угледобывающими работами, которые проводила американская компания.

Особенно важное значение для становления российского присутствия на Шпицбергене имели исследования в бухте Колсбей, где было открыто крупное месторождение каменного угля, где в следующем году под руководством Р.Л. Самойловича была начата его пробная добыча.

Дальнейшие исследований экспедиции были связаны с северным побережьем залива Ис-фиорд, полуостровом Брёггер в заливах Конгс-фиорд и

Кросс-фиорд, Английской бухте, а также на острове Земля Принца Карла. Почти во всех этих районах, за исключением залива Конгс-фиорд (где уже началась добыча угля) и Земли Принца Карла, были поставлены заявочные знаки. Всего экспедиция поставила на Шпицбергене 28 таких знаков (*рис. 12*).

Экспедиция закончила выполнение своей программы на Шпицбергене, нужно было спешить с началом похода на восток. «Геркулес» вернулся в залив Грён-фиорд, откуда на попутном норвежском пароходе были отправлены на родину три участника экспедиции: Самойлович, Сватош и заболевший боцман Попов. Оттуда же, с норвежской радиостанции «Шпицберген-радио» Русанов отправил в Санкт-Петербург телеграмму: «Исследования на Шпицбергене закончены, вся программа выполнена, поставлено 28 заявок. Собраны палеонтологическая и ботаническая коллекции. Обследована вся горная промышленность Шпицбергена. Много льдов. Иду на восток».

Путь на восток означал: к Новой Земле. По прибытии к проливу Маточкин Шар Русанов оставил ненцам телеграмму, которую они с попутным судном отправили на материк: «Юг Шпицбергена. Остров Надежды. Окружены льдами. Занимались гидрографией. Штормом отнесены южнее Маточкина Шара. Иду северной оконечности Новой Земли, оттуда на восток. Если погибнет судно, направлюсь ближайшим путем к островам Уединения. Новосибирским Врангеля. Запасов на год. Все здоровы. Русанов». На этом все сведения о дальнейшем пути экспедиции на восток обрываются.

В настоящее время мы можем только сказать, что «Геркулес» дошел до полуострова Таймыр, где, возможно, погибли все участники экспедиции. В 1934 году на одном из небольших островов (ныне остров Геркулес), который расположен вблизи побережья Харитона Лаптева, был обнаружен столб с надписью: «Геркулес. 1913». На другом островке в шхерах Минина в том же году были обнаружены различные предметы, в том числе мореходная книжка матроса с судна «Геркулес» А.С. Чукчина и часы с выгравированными инициалами матроса В.Г. Попова.

В 2000 году в северной части полуострова Таймыр побывала экспедиция из Орла – родины В.А.Русанова. Руководителем экспедиции был Н.Я. Сальников. В шхерах Минина, у западной части побережья полуострова, были обнаружены останки человека. Медико-антропологические исследования черепа, проведенные в НИИ судебной медицины В.Н. Звягиным, позволили идентифицировать личность погибшего: Александр Степанович Кучин.

Экспедиция Р.Л. Самойловича

Лето 1913 года Р.Л. Самойлович (*рис. 13*) провел на Шпицбергене, занятый организацией добычи угля в бухте Коле и проявил себя в основном в качестве инженера-горняка. В своей деятельности Самойлович широко использовал полевой опыт, приобретенный им на Шпицбергене в 1912 году под руководством известного полярного исследователя В.А. Русанова. Пригодились также опыт и знания, реализованные Самойловичем при подготовке плана организации горно-рудного дела на архипелаге российской экспедицией 1911 года Известно, что эта экспедиция, руководимая В.Ф. Држевецким, не состоялась. Парусное судно «Жак Картье», не дойдя до острова Медвежий, вернулось в Норвегию и было арестовано вместе с начальником за неоплаченные долги [Державин 2007; Корякин 2007].

В полевой сезон 1913 года с Р.Л. Самойловичем работал еще один выдающийся полярный исследователь, Павел Владимирович Виттенбург, откомандированный по линии Академии наук. Они обследовали триасовые отложения и каменноугольные месторождения Айс-фиорда, Белсунна и острова Акселя. На острове Акселя Виттенбург открыл верфенские (скифский ярус триаса) отложения.

В финансировании предприятия ведущую роль сыграл архангельский предприниматель Агафелов, предоставивший для доставки на Шпицберген собственный пароход «Мария». Капитаном на корабле был Н.С. Власов, вышедший в капитаны из буфетчиков. Помощником по горной части был направлен уральский штейгер Никитин, приглашены около сорока горняков с Урала и из Петербурга [Корякин 2007]. Благополучно доставленные в бухту Кола люди и необходимые стройматериалы с материка были переправле-

ны к месту разработок в 5 км восточнее, – туда, где в советское время будет расположен рудник Грумант. Тем временем в Колсбее мезенские поморы Федор и Иван приступили к строительству дома. Пока производилась разведка на уголь, постройка дома быстро продвигалась, и через неделю он был уже совершенно готов (*рис. 14*). По

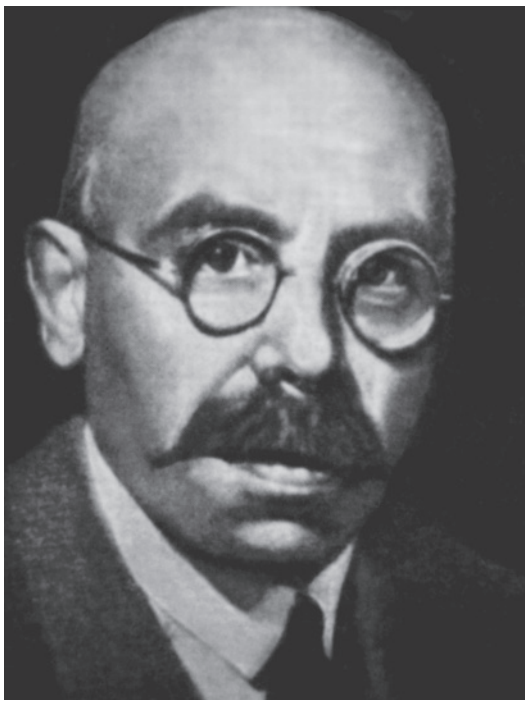


Рис. 13. Рудольф Лазаревич Самойлович (1881–1939)

Рис. 14. Дом, построенный Р.Л. Самойловичем на Шпицбергене

отзывам норвежцев, этот дом оказался самым теплым на Шпицбергене. Согласно русскому обычаю, в единственной комнате дома была поставлена большая русская печь, на которой готовили пищу и пекли хлеб. Печь заменяла баню и имела лежанку. Этот дом стоит в Колесбукте и ныне и до сих пор называется «домом Русанова», хотя был построен спустя год после его гибели.

Разведка на уголь дала ценные результаты. Оказалось, что общий запас угля превышает 4 млрд т и что месторождение вполне заслуживает эксплуатации. За лето было добыто около пятнадцати тысяч пудов угля.

В конце сезона население Колсбея с нетерпением ожидало приход парохода «Мария». В ожидании парохода работа не спорилась, но все были чрезвычайно рады, когда Самойлович получил телеграмму о выходе судна из Барде. Ликованию не было предела, когда на горизонте показалась вытянутая труба парохода «Мария». Погрузка угля с берега на пароход производилась с помощью специально сооруженного плоскодонного плашкоута. Пароход стоял на расстоянии примерно 200–300 м от берега, поэтому погрузка отнимала много времени и была нелегкой, но Самойлович был очень доволен тем, «что мог привезти в Россию шпицбергенский уголь» [Корякин 2007].

Деятельность Самойловича в это время носила, несомненно, более масштабный, чем ранее, характер и требовала ярко выраженных организаторских качеств. Вместе с тем она была дальше от науки, хотя и не исключала полностью научную составляющую [Корякин 2007].

Возвращение парохода «Мария» в Россию было непростым. Во-первых, капитан из буфетчиков вывел судно к Оркнейским островам вместо Балтийских проливов, и его местонахождение удалось установить только с помощью встречных судов. По этой причине возникли проблемы с продовольствием. Выручили встречные рыбаки Северного моря, предлагавшие рыбу. Во-вторых, посещение Копенгагена совпало с морским визитом царствующих особ к датским сородичам в сопровождении военных кораблей. По такому случаю капитан «Марии» ждал официального представления высоким особам, а революционер Самойлович – отнюдь нет. Военные моряки

удивлялись, что судно, подобное «Марии», могло добраться до Шпицбергена и даже вернуться... В-третьих, таможенники и официальные власти в Петербурге требовали документы из порта отбытия с грузом и не могли понять, что существуют архипелаги, еще не имеющие государственной принадлежности. Тем не менее все завершилось благополучно, хотя было потеряно немало времени [Корякин 2007].

Экспедиция на ледоколе «Красин» по спасению дирижабля «Италия»

Спасение участников экспедиции Умберто Нобиле летом 1928 года имело большое гуманитарное значение для всего прогрессивного человечества. Благодаря усилиям полярных моряков и летчиков, наша страна заслужила всемирное признание и благодарность. При этом советские спасатели действовали наиболее успешно по сравнению с представителями других стран, что принесло нашей стране немало друзей независимо от их политических взглядов.

Причиной похода «Красина» стала катастрофа дирижабля «Италия» (командир воздушного корабля У. Нобиле) при возвращении с Северного полюса в последних числах мая 1928 года (*рис. 15*). Если целесообразность полета Р. Амундсена на дирижабле «Норвегия» в 1926 году не вызывает сомнений у историков полярных исследований, то полет «Италии» оставляет немало вопросов, не получивших разрешения и по настоящее время. На организации полета «Италии» отчетливо сказались качества Нобиле – честолюбия на грани тщеславия. Кроме того, в знании арктических условий Нобиле слишком уступал Амундсену [Корякин, 2007].

В 10 часов 33 минуты 25 мая дирижабль «Италия» находился примерно в 100 км от северного побережья Северо-Восточной Земли. Неожиданно он стал терять высоту и, несмотря на попытку Нобиле направить его на снежное поле, ударился о ледяную поверхность. Раздался треск, и девять человек экипажа «оказались выброшенными на лед из разломившейся при ударе рубки управления, и все снаряжение и продовольствие остались на улетевшем дирижабле» [Нобиле 1984: 139].

По свидетельствам участников, сначала их охватило чувство полной безнадежности. Однако на льду оказалось достаточно продовольствия и исправная рация. Еще один человек – механик Памелла позднее был обнаружен мертвым: он разбился при падении.

Газеты не приносили никаких определенных сообщений о судьбе «Италии», и 28 мая состоялся разговор Р.Л. Самойловича (будущего начальника спасательной экспедиции на ледоколе «Красин») с заведующим отделом научных учреждений при Совете народных комиссаров Е.П. Вороновым. Самойловичу было дано разрешение на дальнейшие самостоятельные действия и на встречу с итальянским консулом в Ленинграде синьором Спаде. На этой встрече Самойлович уведомил итальянца, что единственным способом оказать им реальную помощь является отправка спасательной экспедиции на ледоколе или ледокольном пароходе – в зависимости от конкретной ситуации.

Одновременно различные организации в СССР стали создавать свои комиссии, отслеживающие ситуацию с «Италией». Президиум Осоавиахима дал указание нашим радиолюбителям следить за эфиром и одновременно выступил с инициативой создания Комитета помощи дирижаблю «Италия»

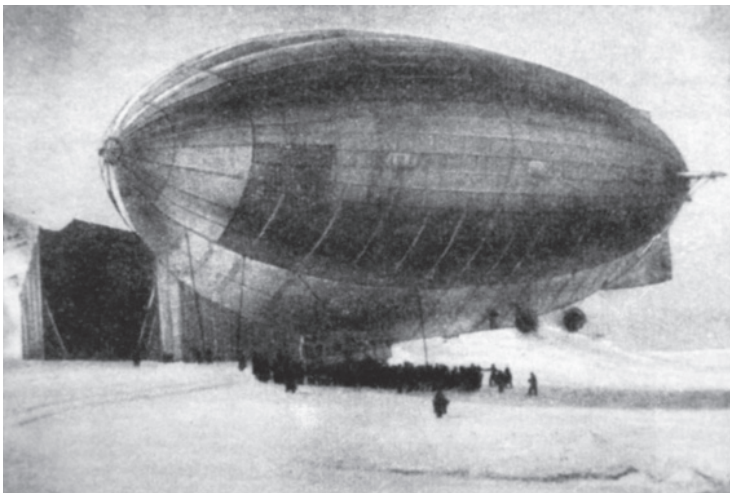


Рис. 15. Дирижабль «Италия» выведен из ангара перед полетом к Северному полюсу

во главе с И.С. Уншлихтом, заместителем председателя Реввоенсовета и замнаркомвоенмора. 3 июня в российской глубинке северного края радиолюбитель Шмидт принял небольшой текст о нахождении экспедиции Нобиле в районе Земли Франца-Иосифа [Корякин 2007].

5 июля Комитет помощи вынес решение об организации спасательной летно-морской экспедиции для поисков в районе Земли Франца-Иосифа, а 11 июня Самойловича известили о том, что итальянцы официально запросили о присылке ледокола на помощь погибающим. Обсудив положение дел, ленинградская комиссия Комитета помощи пришла к выводу, что таким ледоколом может быть «Красин», подготовку которого возможно осуществить за трое суток (*рис. 16*). Пилот Чухновский высказался за то, чтобы самолет «Дорнье-Валь» (такой же самолет Амундсен использовал в 1925 году для полетов к 88° с. ш.) летел на Шпицберген из Мурманска. Комиссия направила свои предложения в Москву, практически одновременно получив указания относительно того, чтобы «Красин» был готов выйти в море на 13 июня [Корякин 2007].

Вечером 11 июня за подписью Уншлихта поступила длинная телеграмма из 10 пунктов, содержащая следующие указания:

1. Организовать две спасательные экспедиции – к западу и востоку от Шпицбергена. Помимо этого, задания были даны научно-исследовательскому судну «Персей».

2. Второй экспедиции на ледокольном пароходе «Малыгин» с руководящей тройкой в составе В.Ю. Визе, А.М. Лаврова и представителя местных властей выйти в море из Архангельска 12 июня.

3. Связь с центром судам вести через столичную радиостанцию в Сокольниках.

4. Установить связь с плавучей базой итальянской экспедиции «Читта ди Милано» в Кингсбее (современный Конгс-фиорд на Шпицбергене).

5. Обе экспедиции на пути к цели действуют самостоятельно.

Остальные пункты телеграммы содержали конкретные распоряжения и текущую информацию, из которой следовало, что положение экипажа «Италии» тяжелое и дирижабль, очевидно, потерпел аварию [Корякин 2007].

12 июня в адрес Р.Л. Самойловича поступила телеграмма, в которой, во-первых, сообщалось о назначении его начальником экспедиции, а во-вторых, подтверждалось указание относительно направления на Кингсбей. В это время Визе из Архангельска запросил Москву о возможности обхода «Малыгиным» архипелага Шпицберген с запада на пути к лагерю уцелевших с «Италии». Для решения этого вопроса потребовалось мнение Государственного гидрологического института и Главного гидрографического управления. Тем временем на «Красине» сформировалась руководящая тройка – Р.Л. Самойлович, морской летчик Б.Г. Чухновский и морской уполномоченный в Швеции П.К. Орас.

Было решено, что ледокол поведет Карл Павлович Эгги, имевший опыт хождения через льды в качестве капитана ледокола «Ленин». Снаряжение и запасы продовольствия закупались для 136 участников экспедиции на год вперед. Сама же подготовка ледокола «Красин» (в прошлом – «Святогор») происходила в Угольной гавани Ленинграда. К исходу 14 июня поток грузов с берега закончился. В угольные ямы к тому времени засыпали 2350 т топлива [Корякин 2007].

Проводы экспедиции пришлись на ленинградские белые ночи и ознаменовались появлением важного гостя. Одним из первых на «Кра-

Рис. 16. Ледокол «Красин» в арктических льдах

син» прибыл президент Всесоюзной академии наук и председатель ученого совета Института по изучению Севера Александр Петрович Карпинский.

Несмотря на все усилия, погрузку закончили лишь к полудню 15 июня. Приказ был получен Самойловичем 11 июня в 15 часов, а выход в море состоялся 16 июня в 7 часов 13 минут. Таким образом, на организацию экспедиции, набор команды, подготовку корабля и погрузку угля и всех грузов ушло четыре дня, семь часов и сорок семь минут [Корякин 2007].

По радио о положении потерпевших катастрофу поступали настолько разноречивые новости, что они часто требовали проверки. Однажды в эфире прошла информация о спасении трех итальянцев экипажем норвежской шхуны «Хобби» в районе мыса Нордкапп на Северо-Восточной Земле – примерно в 100 км от лагеря бедствия. Радио с плавбазы экспедиции Нобиле «Читта ди Милано» сообщало о сильном шторме в районе лагеря Нобиле. Затем последовали сообщения летчиков Рисер Ларсена и Лютцов Хольма об отсутствии в указанных координатах лагеря Нобиле, тогда как сам Нобиле уверял, что видел самолет норвежцев.

18 июня «Красин» вошел в Датские проливы. В это время стало известно, что Амундсен с экипажем французского самолета «Латам» вылетел из Тромсё по направлению к лагерю бедствия. С «Малыгина» на «Красин» поступала информация, из которой следовало, что, продвигаясь по меридиану 30° в. д., судно надеется достичь кромки льда примерно на 75° с. ш., что едва ли даст пилоту Бабушкину возможность вылететь в лагерь Нобиле. В этом случае, по мнению Самойловича, начальник экспедиции на «Малыгине» В.Ю. Визе должен был срочно идти к западному побережью Шпицбергена, опережая «Красина» на несколько суток. Этот срок мог оказаться решающим для спасения итальянской экспедиции, тем более что «Красину» предстоял заход в Берген для пополнения запасов и угля.

В Берген ледокол вошел днем 21 июня и стал под погрузку топлива. «Красина» грузили с обоих бортов – норвежцы старались не задерживать судно, поставляли даже высококалорийный английский уголь кардифф. Пребывание нашей спасательной экспедиции в Бергене совпало с днями тревоги всех норвежцев за судьбу своего национального героя – пропавшего без вести Руаля Амундсена (*рис. 17*). Газеты много писали о нем, так как никто еще не верил в его гибель. Много толков вызывал вопрос, куда именно полетели Амундсен, Гильбо и их спутники [Корякин 2007].

В Бергене экспедиция пополнилась двумя новыми участниками. Одним из них стал корреспондент итальянской газеты «Карьера делла Сера» Давид Джудичи, не слишком компетентный в полярных делах. Доцент университета в Осло Адольф Хуль оказался на «Красине» по рекомендации советского полпреда в Норвегии А.М. Коллонтай. Хуль возглавлял в Норвегии организацию, по задачам и направлению деятельности сходную с Институтом по изучению Севера.

Среди многочисленных посетителей ледокола в Бергене оказались американские авиаторы Уилкинс и Эйлсон, совершившие весной дальний арктический перелет. Самойловичу было очень важно узнать подробности о ледовых условиях, которые наблюдали американцы во время полета от мыса Барроу на Шпицберген. Согласно наблюдениям Уилкинса с воздуха, как севернее, так и восточнее Шпицбергена

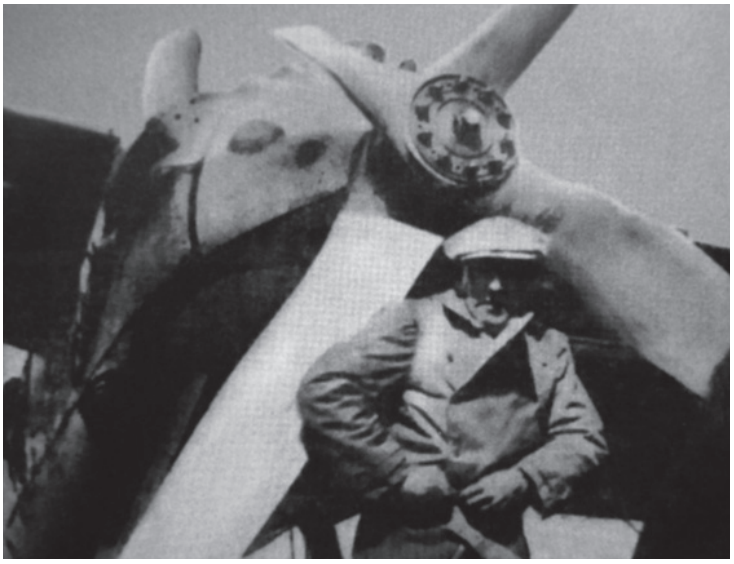


Рис. 17. Последний снимок Р. Амундсена

лед еще представлял собой сплошную массу, без заметных разводий, – явление, которое для апреля или мая было вполне нормальным. Обыкновенно в июне и июле ледовые условия очень быстро меняются в лучшую сторону, и Самойлович выразил твердую уверенность, что «Красин» сумеет пробиться первым на помощь к потерпевшим крушение итальянцам. Среди других посетителей был глава Бергенской школы метеорологии Бьеркнес, у которого сложились плодотворные контакты с геофизиком Н.А. Березкиным из состава экспедиции.

Выход из Бергена сопровождался сенсацией в эфире: генерал Нобиле спасен! Эта новость поразила многих. Как мог начальник экспедиции первым покинуть ее?

Ситуация стала более или менее проясняться лишь к 26 июня. По отрывочным сведениям, мотивы Нобиле были следующими: во-первых, он хотел взять на себя организацию спасения остававшихся на льдине, во-вторых, он лучше других итальянцев был знаком с условиями Арктики, в-третьих, только он мог судить о том, в каком направлении и на какое расстояние после катастрофы был унесен дирижабль с оставшимися на нем людьми. В связи с этим Джудичи высказал мысль, что Нобиле перейдет на «Красин», чтобы сделать его своей плавучей базой для проведения спасательных работ [Корякин 2007].

Имея определенные инструкции из Москвы, Самойлович принципиально не возражал против нахождения Нобиле на «Красине» в качестве гостя. Но он понимал, что с приближением к Шпицбергену экспедиция попадает под перекрестный огонь разных интересов, комбинаций и престижей, что могло лишь затормозить всю кампанию. В сложившейся ситуации нельзя было идти на поводу у обстоятельств и оставалось только придерживаться собственной программы, тем более что на запросы «Красина» итальянская плавбаза «Читта ди Милано» не реагировала – скорее всего не по техническим причинам. Таким образом, к ожидавшимся природным трудностям добавились национально-организационные, и смысл их был понятен: в глазах политиков и прессы спасение потерпевших бедствие превращалось в международное соревнование, когда в борьбе за победу от участников можно было ожидать все.

В связи с молчанием «Читта ди Милано» Самойлович напрямую обратился к Нобиле и спустя трое суток, каждые из которых могли стать гибельными для его земляков на льдине, получил ответ: «Очень благодарен за Ваш привет. Я счастлив, зная, что Вы стоите во главе русской экспедиции, которая столь великодушно приходит на помощь моим спутникам. Прошу Вас также передать мой привет доктору Хулю. С сего времени Вы будете получать ежедневно сведения о местонахождении пяти моих спутников. В настоящее время они находятся в десяти милях от мыса Ли-Смит. В надежде скоро Вас увидеть... Нобиле» [Корякин 2007: 104].

27 июня стало известно, что шведский пилот Лундборг, вывезший Нобиле, при очередной посадке в лагере бедствия потерпел аварию. Его самолет скапотировал и в положении потерпевшего оказался сам летчик. Практически одновременно Министерство обороны Норвегии дало Хулю полномочия просить руководство экспедиции на «Красине» о помощи в поисках Амундсена. Самойлович при переговорах с Хулем ответил, что руководство в Москве поручило эту работу «Малыгину». Хуль согласился с мотивировкой Самойловича, о чем поставил в известность Осло. Тем не менее по мере приближения к острову Медвежий вахты для наблюдений за морем были усилены, хотя было очевидно, что самолет с Амундсеном не смог бы в аварийном состоянии продержаться на плаву в течение десяти суток. Кроме того, если бы приводнение «Латама» прошло в районе Медвежьего благополучно, его заметили бы многочисленные рыболовецкие суда, но этого не произошло [Корякин 2007].

28 июня Самойлович увидел очертания гор острова Медвежий. Почти одновременно показались и первые признаки дрейфующего льда. К этому времени наладился радиообмен с «Читта ди Милано». Были получены очередные координаты дрейфующего лагеря бедствия; кроме того, итальянцы предложили собачью упряжку для похода. Сообщив о подходе норвежских шхун «Браганца» и «Хобби» к мысу Нордкапп на Северо-Восточной Земле, «Читта ди Милано»

запросила, способен ли «Красин» сделать то же самое. Ответ был дан положительный, но проблема поисков Амундсена оставалась.

29 июня по радио из Москвы была передана ближайшая задача: идти прежним курсом к лагерю бедствия с попутным поиском каких-либо свидетельств катастрофы «Латама» (*рис. 18*). Было разрешено взять на борт Нобиле и одновременно предупредить его о том, что ответственность за руководство лежит на Самойловиче. Между тем телеграммы с «Читта ди Милано» поступали с задержками, что вредило делу и подтверждало, что итальянцы не представляют себе возможностей ледокола. Тем временем «Красин» преодолел полосу льда, располагавшуюся между островами Медвежий и Западный Шпицберген. Как только ледокол вышел на чистую воду, скрежет льда о корпус прекратился и многие выскочили на палубу, чтобы узнать в чем дело: тем, кто был внизу, показалось, что ледокол внезапно остановился [Корякин 2007].

30 июня вахтенный штурман Пономарев смог определить положение «Красина» по горам на Земле Принца Карла, самого западного острова архипелага Шпицберген. С приближением к бухте Вирго, куда перешла из Кингсбея «Читта ди Милано», вновь появились поля тяжелого льда. С итальянской плавбазы последовала целая серия запросов, в том числе – о точном времени подхода «Красина» к лагерю бедствия, который теперь возглавлял Вильери, заменивший Нобиле. Итальянцы также сообщили, что Нобиле готов прибыть на борт «Красина». Самойлович подтвердил готовность принять его на борт при условии, что во избежание ненужной задержки «Читта ди Милано» подойдет к ледоколу. Был получен ответ: подойти невозможно. Встреча судов не состоялась [Корякин 2007].

Между тем в Баренцевом море возникла тревожная ситуация. Пилот Бабушкин, взлетевший на «Юнкерсе-13» с ледяного поля вечером 29 июня, не вернулся к судну спустя сутки, в то время как «Красин», обогнув северо-западный выступ главного острова архипелага, устремился на восток к Семи островам. Утром 1 июля ледокол продолжал идти в сплошном битом льду, местами торосистом и с небольшими полыньями. «Красин» легко раскалывал льдины площадью в 300–400 кв. м и толщиной в метр. От его удара на льдине появлялась едва заметная трещина, которая под напором ледокола делалась все шире.

С утра ясно вырисовался район Нордкапа и появились Семь островов, окруженных льдами. В таком льду за четырехчасовую вахту удавалось пройти от 4 до 8 миль, но не более. Во второй половине дня по курсу обозначился силуэт какого-то судна. Это была «Браганца» под норвежским флагом. Капитан ее по радио поделился информацией о ледовой обстановке,

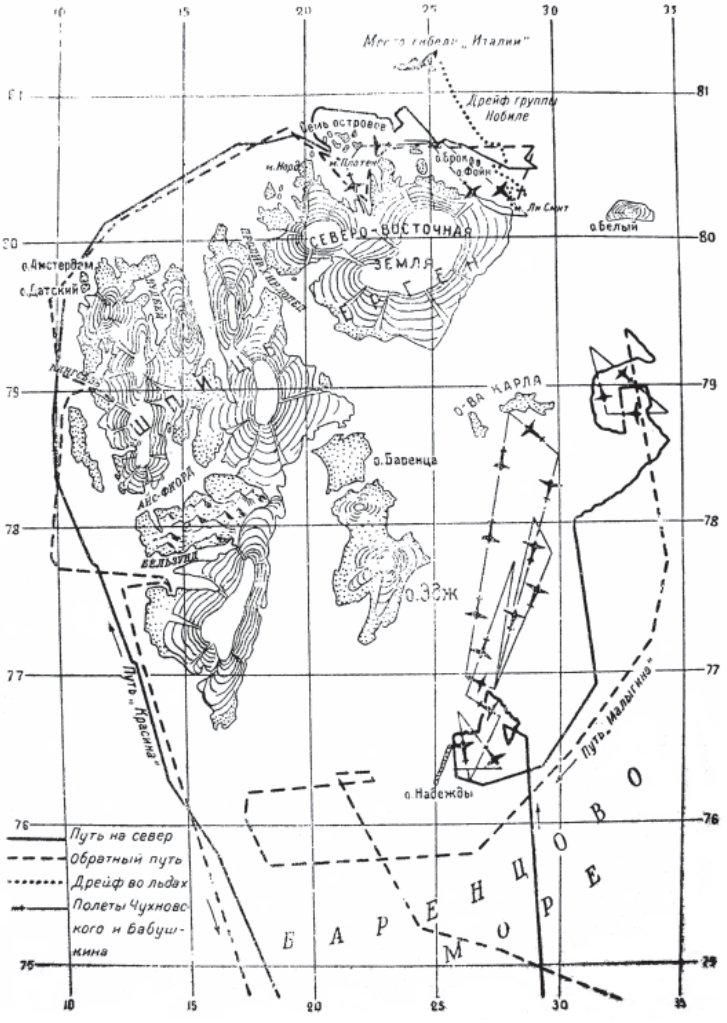


Рис. 18. Маршруты советских экспедиций на поисках дирижабля «Италия»

которую на «Красине» оценили удовлетворительной на участке пути до мыса Платен [Корякин 2007].

В этих местах уже могла оказаться группа Мальмгрена, состоящая из трех человек, оставивших лагерь бедствия еще 25 мая и направившихся к Северо-Восточной Земле в надежде на встречу с промысловыми судами. С тех пор об этой группе не было известно ничего, поскольку в ней не было радиостанции. Самойлович приказал время от времени включать сирену, но никто не отозвался на ее призыв ни выстрелом, ни ракетой.

2 июля на расстоянии 18 миль от мыса Платен ледокол уперся в огромное поле старого льда. На заседании совета экспедиции Самойлович предложил обойти ледовый массив с севера, а Чухновский – войти в него корпусом ледокола, после чего приступить к выгрузке трехмоторного «Юнкерса». Воздушный аппарат необходимо было испытать в арктических условиях, тем более что лагерь потерпевших бедствие находился уже в пределах дальности полета, а затерявшаяся группа Мальмгрена была где-то совсем близко. Однако из лагеря бедствия поступило сообщение о невозможности посадки на лед. Вслед за этим с «Малыгина» радировали об исчезновении самолета Бабушкина и о ледовых сжатиях, задерживающих корабль у острова Надежды. Предстояло сначала найти группу Мальмгрена, затем главный лагерь итальянцев под командой Вильери и, наконец, самолет Бабушкина... Поиск Амундсена также продолжался [Корякин 2007] (*рис. 19*).

Рис. 19. Прилет Б. Чухновского в Беверлисунн 10 сентября 1928 года

3 июля «Красин» по-прежнему находился у Семи островов. До лагеря Вильери оставалось всего 70 миль. Дрейф льдов благоприятствовал экспедиции – лагерь итальянцев несло навстречу ледоколу, так что к исходу суток расстояние сократилось на три мили. Однако после напряженной работы в плотном льду, когда за час после 16 реверсов вперед-назад ледокол продвинулся всего на четыре корпуса, потеряв при этом лопасти винта, все маневры пришлось прекратить. К счастью, Визе радировал с «Малыгина» о благополучном возвращении самолета Бабушкина, отсутствовавшего пять суток. Пилот освоился с непростой обстановкой и вынашивал планы полета к «Красину», продолжая поиски Амундсена и итальянского лагеря... Между тем на самом «Красине» стали выявляться технические неполадки с рулевым устройством в румпельном отделении [Корякин 2007].

6 июля шведский летчик Шиберг вывез из лагеря бедствия Вильери и авиатора Лундборга. На «Красине» Чухновский с помощью итальянца Джудичи при подготовке к вылету в лагерь разработал систему условных знаков для ориентировки пилота в момент приземления. Было подготовлено все необходимое для сброса на парашютах в случае невозможности посадки: теплая одежда, обувь, консервы и так далее.

По-прежнему не было сведений о группе Мальмгрена, покинувшей лагерь 30 мая с запасом продуктов на месяц. О судьбе тех, кто был унесен вместе с оболочкой дирижабля, оставалось строить только самые пессимистические предположения. Неясной оставалась судьба капитана Сора и его спутников, высаженных с борта «Браганцы» для поиска группы Мальмгрена. В целом обстановка складывалась такая, что на завершающей стадии спасательных работ вопросов возникало больше, чем ответов, и это вызывало у организаторов серьезное беспокойство [Корякин 2007].

10 июля в 16 ч 25 мин состоялся вылет Чухновского. По предварительной договоренности,

он должен был возвращаться при первых же признаках тумана, но окончательное решение в конкретной обстановке оставалось за ним. В судовой радиорубке внимательно прослушивали эфир, и в 16 ч 42 мин поступила первая информация: «Подходим к острову Карла...» В 17 ч 15 мин самолет был у острова Эсмарка и, повернув к югу, вскоре оказался над ледниковым покровом Северо-Восточной Земли.

В 17 ч 50 мин поступило сообщение по радио: «Лагерь пока не нашли...» Затем в 18 ч 18 мин: «Возвращаемся обратно...» Это сообщение совпало с первыми признаками тумана, сгущавшегося вблизи «Красина» с каждой минутой. Самойлович приказал развести костры и бросать в пламя все, что способно дать столбы густого дыма для ориентировки авиаторов.

В 18 ч 45 мин радист «Красина» Юдахин снова поймал радиосообщение с самолета: «Группа Мальмгрена», затем в течение 11 мин следовало молчание, а в конце радист уловил единственное слово «Карла». Лишь спустя час Юдахин получил из эфира связный текст: «Не можем подойти к “Красину” из-за тумана. Видели группу Мальмгрена. Ищем посадку в районе Семи островов» [Корякин 2007: 109].

В 19 ч 16 мин с самолета последовал запрос: «Какая у вас видимость?» Дальше молчание... Следующий запрос с самолета поступил только в 23 ч 30 мин: «Почему не отвечаете? Зову второй раз. Отвечайте». Попытки наладить устойчивую связь продолжались более часа, но только в 1 ч 10 мин 11 июля была получена следующая радиограмма: «Мальмгрен обнаружен на 80°42' с. ш., 28°45' в. д. на небольшом высоком остроконечном торосе между весьма разреженным льдом. Двое стояли с флагом, третий лежал навзничь. Сделали над ними пять кругов». Дальше следовало описание ледовой обстановки, помешавшей найти лагерь Вильери. Окончание текста было таким: «...Сели на зюйд-зюйд-вест миле от Капа Вреде или Капа Платена. Туман мешает точно определиться. В конце пробега снесло шасси. Сломано два винта. Самолет годен под морское шасси. Все здоровы. Запасов продовольствия хватит на две недели. Считаю необходимым “Красину” срочно идти спасать Мальмгрена. Чухновский» [Корякин 2007: 109].

С 10 на 11 июля в полночь радио с «Малыгина» сообщило, что в связи с недостатком угля судно возвращается на Большую Землю, а Бабушкин намерен перелететь на «Красин» для участия в дальнейших спасательных операциях (*рис. 20*).

11 июля в самом начале суток «Красин» направился на восток навстречу группе Мальмгрена, ориентируясь на координаты, указанные Чухновским. Подтвердив прием, Самойлович дал оценку действиям авиаторов: «Спасибо. Считаю, что вы своим полетом сделали крупное дело. Вас самолет заберем своевременно. Жму руки». Москва одобрила последние действия экспедиции: «Выход на спасение Мальмгрена Комитет считает правильным» [Корякин 2007: 110].

В 5 ч 20 мин штурман Август Дитрихович Брейнкопф первым заметил людей на горизонте: «Человек! Вижу человека!..» Это означало, что спасательная экспедиция приближалась к кульминации.

В 6 ч 40 мин ледокол приблизился к небольшой льдине с людьми на расстояние 300 м. На льдине были замечены только два человека. Один из них жестами показывал, чтобы «Красин» не подходил ближе к льдине. Второй лежал на льдине лицом вверх. Стоявший на ногах человек крикнул по-итальянски: «Красин»! Добро пожаловать!»

Штурман Брейнкопф, секретарь экспедиции Иванов, доктор Средневский и многие из команды спустились по штормтрапу на лед с досками, лестницей, носилками и веревками. На льдине

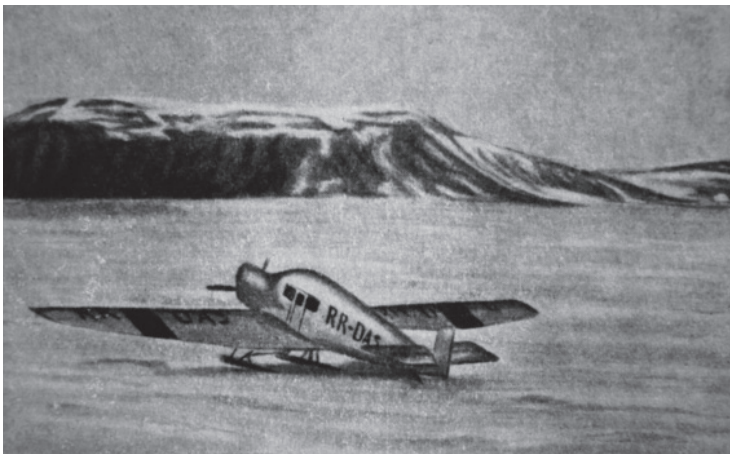


Рис. 20. Самолет М.С. Бабушкина на ледовом аэродроме у острова Надежды

размером всего 10 на 8 м оказались только два человека. И.М. Иванов подбежал первым, бросился к стоявшему на ногах и спросил: «Мальмгрен?» Последовал ответ: «Нет, комендант Цаппи». На вопрос, где Мальмгрен, Цаппи сказал что-то по-итальянски и указал рукою вниз, под льдину.

Стоявший на льдине был высокий человек в засаленном полярном костюме; другой, комендант Мариано, лежал на льдине на рваном одеяле. На соседней льдине, отделенной полосой воды, из лоскутков брезента была сложена фраза: «Help Food Zappy Mariano». Мариано на носилках через торосы и разводья понесли к кораблю. Цаппи шел самостоятельно. Было ясно, что помощь пришла в самый последний момент, когда оба итальянца были на грани гибели [Корякин 2007].

Когда прошли первые волнения и радость от спасения людей, Цаппи и Мариано поместили в лазарет под опеку врача Средневского и санитара Щукина. Для большинства участников и свидетелей спасения итальянцев главный результат экспедиции становился теперь событием личной жизни, причастность к которому им предстояло еще пережить.

По рассказу Цаппи, на двенадцатый день похода Мальмгрен настолько обессилел, что заявил

Рис. 21. Кроки итальянского лагеря по состоянию на 4 июля 1928 года с автографом радиста Джузеппе Бьялджи

своим спутникам: «Идите одни, чтобы спасти оставшихся на льдине. Дайте мне спокойно умереть». При этом Мальмгрен отказывался от пищи. Оба итальянца уверяли, что Мальмгрен был оставлен по его просьбе в укрытии из льда, скрывавшем его от медведей.

Все это производило впечатление недосказанности. Так или иначе, появление «Красина» для оставшихся в живых стало полной неожиданностью, а к гулу самолетов они уже привыкли и не ожидали от них спасения. Переживания и недоумения оставались, но основной задачей был поиск лагеря Вильери.

В 8 ч 40 мин 12 июля «Красин» продолжил движение на восток. Очередное сообщение в Москву так описывало положение дел: «Итальянцев поместили в госпитальную каюту. Под наблюдением врача осторожно дается пища. Цаппи чрезвычайно бодр, возбужден. Мариано более слаб. Посылают много радио о своем спасении. "Красин" продолжает путь к группе Вильери. Проходя остров Фойн, заметили подаваемые сигналы. Возможно, это группа Сора, Нойса, Тандберга, которая на собаках шла на помощь. Дали знать сигналами, что на обратном пути зайдем. Идем разреженным льдом, находимся на 15 ч 80 град. 32 мин с. ш., 28 град. 05 мин в. д. в семи милях от группы, впереди видна чистая вода...» [Корякин 2007: 113].

Несмотря на пасмурную погоду, видимость оставалась удовлетворительной, однако в поле зрения лагеря Вильери не было. Поэтому в 14 ч 45 мин на «Читта ди Милано» ушло радио: «Находимся в трех милях от указанного вами положения группы. Видимость десять миль, однако палатка не видна...»

В 17 ч «Читта ди Милано» сообщила: «Палатка вас видит по пеленгу зюйд-вест в десяти километрах».

Далее, по Самойловичу, события развивались следующим образом: «Ледокол повернул по указанному курсу на норд-вест, и все же не по этому курсу, а влево от него на 45° в 20 ч 15 мин был усмотрен дым на льду. Первым его заметил вахтенный начальник – помощник капитана Я.П. Легдзин. А через несколько минут был уже виден торчавший вверх хвостом "Фокер" летчика Лундборга, палатка и группа людей... Через

небольшие промежутки времени вспыхивали дымовые сигналы...» Сирена умолкла и «Красин» стал приближаться к затертым во льдах людям [Корякин 2007: 113] (*рис. 21*).

Тем временем расстояние между «Красиным» и ледяным полем уменьшалось. Стали различимы отдельные предметы: самодельная радиомачта, резиновая лодка, палатка и другие предметы. Люди на льдине держались кучкой. «Красин» развернулся и подошел к ледяному полю, как к пристани. Машинный телеграф остановился, и медная стрелка показала для всех трех машин: Стоп! «Красин» достиг намеченной цели.

От палатки к борту «Красина» направились трое. Идущий первым остановился шагах в 20 от борта и громко представился: «Вильери». Неподалеку от него стояли профессор Бегоунек и инженер Трояни. У всех были темные, обожженные солнцем лица.

На «Красине» наладили трап, по которому руководители экспедиции во главе с Самойловичем спустились на лед и горячо приветствовали спасенных. Обстановка была очень теплой, и трудно было сказать, кто чувствовал себя более счастливыми – спасенные или спасатели. У палатки стоял на костылях механик Чечиони, больше остальных пострадавший в катастрофе. Внутри палатки радист Бьяджи передавал в эфир радостное послание: «Все закончено. “Красин” подошел, мы спасены...» Многочисленная команда «Красина» заполнила все пространство льдины и все пошли к палатке. У входа в палатку было небольшое изваяние Мадонны ди Лорето – итальянцы тщательно берегли ее, возлагая на нее свои надежды [Корякин 2007] (*рис. 22*).

Оказавшись на ледоколе, спасенные быстро освоились с непривычной обстановкой. Однако порой возникали и непредвиденные ситуации – например, Цаппи потребовал, чтобы нижние чины (Чечиони и Бьяджи) на переполненном судне разместили отдельно от господ офицеров.

Мир, узнавший о выполнении «Красиным» гуманной миссии, тепло поздравлял спасателей. Председатель Комитета спасения Уншлихт телеграфировал: «Крепко жмем руки и сердечно поздравляем с победой над стихией». Итальянский премьер Бенито Муссолини писал Самойловичу: «Вы совершили дело, которое станет достоянием истории. Вы работали в тяжелых условиях Арктики с целью выполнить задачи благородной гуманности. От имени всех итальянцев благодарю вас...» От имени экспедиции на «Малыгине» Визе приветствовал удачу своих товарищей по спасательным работам: «Вы еще раз вписали славную страницу в историю завоевания Арктики». Нобиле с борта «Читта ди Милано» радировал: «Я не знаю, как выразить свои чувства в этот день, когда душа моя полна радости от Вашего замечательного, великодушного и удивительного поступка». Эти телеграммы дают представление о реакции мировой общественности на успех спасательной экспедиции на «Красине», имевшей самое важное значение для будущих исследований и освоения высоких широт Арктики [Корякин 2007: 115].

Но все же оставалась нерешенной проблема дальнейших поисков унесенных на дирижабле, а также возвращения на борт самолета экипажа Чухновского. Если предположить, что Нобиле действительно наблюдал падение дирижабля и взрыв с облаком дыма на востоке, то как с этим согласуется его же утверждение о том, что в момент катастрофы дул встречный южный ветер? При таком противоречии идти дальше на поиски «Италии» означало рисковать собственными авиаторами в Рийп-фиорде. Для получения дополнительной информации Самойлович запросил Нобиле: «Просьба сообщить, намерены ли

Рис. 22. Экипаж «Красина» в лагере итальянцев. На заднем плане – самолет Лундборга

Вы произвести поиски группы дирижабля при помощи гидроплана. В таком случае буду ждать на месте у палатки». С «Читта ди Милано» последовал ответ: «...Не считаю необходимым идти на поиски третьей группы в настоящее время без самолетов и жду Вас, чтобы взять спасенных на борт...» Приходилось возвращаться, тем более что все возможное для спасения оставшихся в живых из экипажа «Италии» было сделано [Корякин 2007: 116] (*рис. 23*).

При отходе «Красина» из всех спасенных на мостике находился один Вильери. Итальянец с интересом наблюдал, как работает ледокол и сказал Самойловичу: «Теперь я понимаю, почему вы выдвинули проект посылки именно “Красина”. Ледокол полностью оправдал возлагавшиеся на него надежды. Даже не зная его мощи, мы инстинктивно верили в то, что только “Красин” может нас спасти». Вильери высказал общую точку зрения всех спасенных [Корякин 2007].

К этому времени шведы сняли с острова Фойн поисковую группу Сора и, таким образом, ближайшая задача «Красина» упрощалась. 14 июля в 16 часов на пути в Рийп-фиорд Самойлович отметил, что ледокол прошел то место, где всего два дня назад подобрали Цаппи и Мариано. На этом месте была уже чистая вода, а значит, итальянцев удалось спасти вовремя.

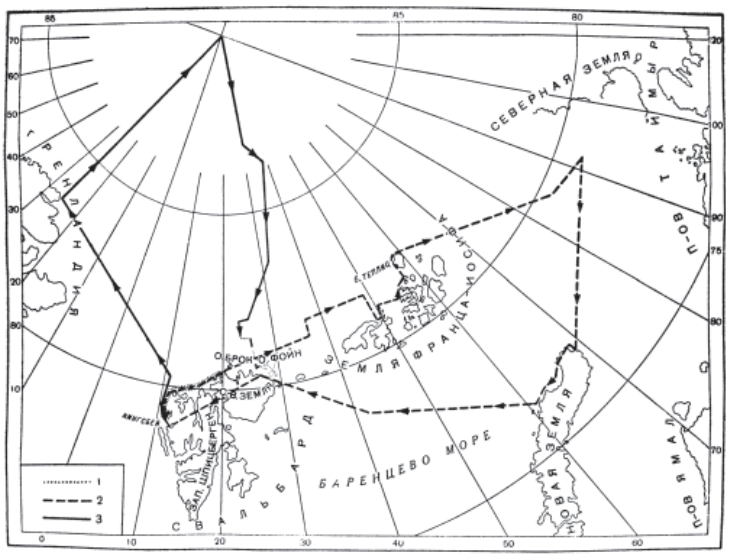


Рис. 23. Карта полетов дирижабля «Италия», составленная У. Нобиле

Утром 15 июля «Красин» находился всего в 12 милях от местопребывания авиаторов в Рийпфиорде. К полудню это расстояние сократилось уже до четырех миль, причем движение ледокола проходило в тяжелом льду. К тому времени экипаж Чухновского вместе с кинооператором пятые сутки дожидался ледокола, испытывая неудобства из-за отсутствия соли и невозможности выспаться в тесной кабине самолета.

Операция с возвращением экипажа Чухновского и погрузка самолета заняли почти сутки. Это время было использовано Самойловичем для разработки геологических маршрутов по малоизученному побережью Северо-Восточной Земли. Теперь можно было идти в Кингсбей для передачи спасенных на «Читта ди Милано», что и было выполнено 19 июля. Поскольку «Красину» требовался ремонт в Норвегии, чтобы затем вернуться на Шпицберген для поисков третьей группы «Италии» и экипажа «Латама», было решено оставить самолет вместе с экипажем в Кингсбее для ремонта, чтобы забрать их при возвращении ледокола [Корякин 2007].

Пребывание в Кингсбее продлилось на пять суток и позволило лучше понять и оценить события, связанные с полетом и крушением «Италии». Сам Нобиле был искренне рад встрече с Самойловичем, позже отмечавшим, что тот был очень взволнован, хотя и старался держать себя сдержанно. Нобиле выразил свое желание принять участие в дальнейших поисках группы Алессандрини и в дальнейшей работе «Красина». Однако этим пожеланиям не суждено было сбыться, поскольку бывший командир «Италии» в это время теперь был скорее на положении арестанта. Нобиле не мог выходить из своей каюты, и над его корреспонденцией была учинена цензура. Теперь он находился во власти ранее подчиненного ему коменданта Романья [Корякин 2007].

Плавание «Красина» в Норвегию пришлось неожиданно прервать в связи с необходимостью оказать срочную помощь немецкому туристскому лайнеру «Монте Сервантес» (водоизмещение 14 тыс. т). Лайнер с 1500 пассажиров на борту получил пробоину в заливе Решёрш. Оказав необходимую помощь пострадавшим, «Красин» только 4 августа покинул берега Шпицбергена и направился для ремонта в Ставангер (Норвегия).

Здесь всему экипажу предстояло убедиться, что его подвиг воспринят прежде всего как народный. На ледоколе выступила полпред А.М. Коллонтай и от имени советского правительства выразила красинцам благодарность. С норвежской стороны выступил губернатор Смедсруд, который отметил, что «великий русский народ может гордиться своими сынами... Мы поднимаем бокалы за русский народ, за "Красина", за его храбрую команду» [Корякин 2007: 118].

В сентябре после ремонта ледокол в арктических водах продолжил поиски унесенных на дирижабле «Италия», а также свидетельств катастрофы «Латама». Работы осуществлялись в акватории вплоть до 81°47' с. ш. Севернее не плавало ни одно судно. Из-за начавшихся штормов невозможно было использовать самолет, поэтому на успех поисков рассчитывать не приходилось.

Пережидая непогоду, Самойлович продолжал береговые геологические маршруты. В результате полевых обследований острова Чермсайд появляются описания его береговой линии, морских террас, рельефа, ледников и геологии.

14 сентября в 18 ч 20 мин (счислимое место «Красина» было 81°40' с. ш. и 36°00' в. д. от Гринвича) ледокол был на том месте, где на карте пунктиром положена Земля Джиллеса. Измерения глубины показали 200 м. При видимости не менее 20 миль суши не было видно. Таким образом, было сделано заключение, что Земли Джиллеса не существует [Корякин 2007].

22 сентября ледокол вышел к берегам Земли Франца-Иосифа, где ледокольный пароход «Георгий Седов» под командой капитана В.И. Воронина в трудных условиях осуществлял поиски экспедиции «Италии». «Седов» 7 июля вышел из Мурманска, имея на борту 45 человек команды, 2 летчиков и 58 промышленников. Целью экспедиции была охота около Новой Земли на моржей и белых медведей.

1 августа «Седов» получил по радио задание пройти на западный и северный берега Земли Франца-Иосифа для розысков группы Алессандрини. Охота была немедленно прекращена, корабль взял курс на север и попытался форсировать тяжелые льды сначала с западной стороны архипелага Земли Франца-Иосифа. Ему удалось продвинуться до 81° с. ш. и обыскать побережье острова Виктория. Когда ледовые условия стали более трудными, «Седов» пытался пройти проливами, но лед и туманы преградили ему дальнейшее продвижение. За это время запасы угля иссякли и 3 сентября «Седов» вернулся обратно в Архангельск [Корякин 2007].

На пути к берегам Земли Франца-Иосифа у «Красина» возникли трудности (*рис. 24*). Льды не позволили посетить берега западного острова архипелага Земля Александры, и высадиться удалось лишь на мысе Ниль на Земле Георга. Начинался ледостав, но в этих условиях экспедиции удалось оставить на берегу солидный склад продовольствия и незавершенную постройку. В тот же день от Комитета из Москвы поступил приказ возвращаться. Мешки и ящики с продуктами, сложенные на берегу, были лишь выражением слабой надежды на то, что они могут еще кому-то пригодиться...

Пришло время подводить итоги научных трудов. Во время похода В.А. Березкиным велись метеорологические наблюдения и гидрологические работы. Результаты наблюдений сразу передавались по радио в Берген, Тромсё и Ленинград. Синоптические карты составлялись ежедневно, а иногда два раза в день.

При гидрологических работах были произведены 37 глубоководных станций, на которых было выполнено 362 наблюдения. Эти станции составили пять разрезов. В плавании велись наблюдения

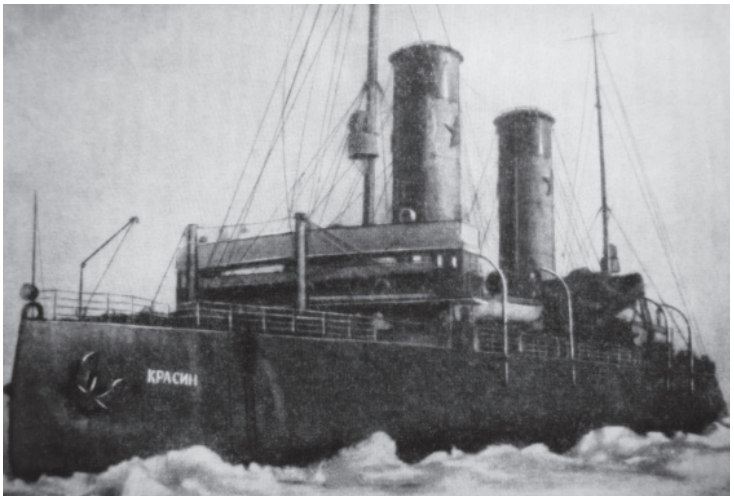


Рис. 24. Ледокол «Красин» в тяжелом паковом льду 5 июля 1928 года. Координаты: 80°54' с. ш., 22°34' в. д.

за температурой и соленостью моря, состоянием ледового покрова. За время стоянки в Беверли-Зунде с помощью прибора Экмана была сделана серия наблюдений над поверхностными и глубинными течениями. Взятие глубин во время плавания дало много новых точек на огромном пространстве к северу от Шпицбергена, а также между ним и Землей Франца-Иосифа [Корякин 2007].

Из-за поставленных перед «Красиным» задач стоянки у берегов были немногочисленны. Однако всюду, где это оказывалось возможным, производились геологические исследования со сбором коллекций, осуществлялись наблюдения за животным миром и растительностью. Организованная первоначально как чисто спасательная, экспедиция выполнила комплекс научных наблюдений, значительный по тем временам. Достижения моряков и летчиков в походе «Красина» 1928 года были очень важными, эпохальными в деле освоения Арктики. К этому следует добавить работы В.Ю. Визе и М.А. Лорис-Меликова во время похода «Малыгина», показавшие большую разницу в режиме вод в морях, омывающих Шпицберген.

На подходе к Шепелевскому маяку на ледокол прошли встречавшие «Красин» представители правительства, Осоавиахима, города и родные красинцев. Приближался Кронштадт, форпост Ленинграда. Все суда военного флота были разукрашены флагами, в небе кружили самолеты. «Красин» вступил в Морской канал, вошел в Неву и подошел к набережной Васильевского острова. Десятки тысяч людей усеяли обе набережные. «Красин» вернулся домой.

Ледокол отдал швартовы. Самойлович от имени экспедиции выразил благодарность всему народу и руководству. Затем выступали представители правительства и красинцы Чухновский, Эгги. От Академии наук СССР выступил президент А.П. Карпинский, который горячо говорил о значимости экспедиции.

Эпопея «Красина» стала важнейшей вехой в истории Арктики. Эта спасательная операция продемонстрировала профессионализм наших полярников, моряков, летчиков и ученых в освоении Арктики, их способность решать задачи и проблемы, недоступные другим странам, которые прежде были первыми в исследованиях высоких широт, – прежде всего Швеции и Норвегии.

К числу достижений экспедиции на «Красине» следует отнести возвращение русского ледокола в высокие широты, где русский ледокол «Ермак» вместе со своим создателем, адмиралом С.О. Макаровым, начинал покорять ледовитые моря. Перевод «Красина» в следующую навигацию на обслуживание карских экспедиций способствовал резкому увеличению грузоперевозок к устьям сибирских рек нашей страны [Корякин 2007].

Экспедиционные плавания научно-исследовательского судна «Персей»

В 1921 году по указанию В.И. Ленина был создан Плавучий морской научный институт (Плавморнин). С созданием Плавморнина началось систематическое и планомерное исследование советских северных морей, которое целенаправленно продолжают океанологи нашей страны. В связи с этим дату подписания декрета Совета народных комиссаров о создании Плавморнина – 10 марта 1921 года – принято считать днем рождения российской океанологии.

В конце XIX и XX веке морские экспедиции в основном ограничивались описательной стороной вопроса, то есть производством океанографических наблюдений в приповерхностном, «навигационном», слое. В этих экспедициях, как правило, использовались различные методики, что крайне затрудняло, а в ряде случаев делало невозможным сравнение наблюдений экспедиций. Это привело к тому, что в 1899 году был создан Международный совет по изучению морей (от России в него вошел замечательный мореплаватель и ученый вице-адмирал Степан Осипович Макаров). Главной задачей Совета было изучение морских промыслов и охрана естественных богатств моря от хищнического истребления.

Для того чтобы обеспечить сравнимость результатов наблюдений, а также изучение сезонной изменчивости океанологических характеристик, Международный совет по изучению морей предложил производить измерения на «стандартных горизонтах», а также на «стандартных разрезах». В Баренцевом море «стандартные разрезы» были намечены от Кольского залива по 33°30' в. д. (поль-

ский меридиан) на север до 75° с. ш., а затем на юго-восток до Гусиной Земли (Новая Земля) и оттуда к Кольскому заливу. Разрез по Кольскому меридиану пересекал приблизительно перпендикулярно Нордкапское течение. Изучение изменчивости теплового содержания этого течения имело первостепенное значение, так как оно оказывает влияние на тепловой режим Баренцева моря и более восточных районов Полярного бассейне и, следовательно, на условия рыболовства и ледовитость [Васнецов 1974].

Приоритет в проведении комплексных океанологических исследований принадлежит России. Впервые в мире на построенном для этого и специально оборудованном корабле «Андрей Первозванный» в 1899 году была организована Мурманская научно-промысловая экспедиция, работавшая до 1902 года под руководством Николая Михайловича Книповича. Эта экспедиция впервые провела комплексные океанологические наблюдения, имевшие целью научное обслуживание морских промыслов. В результате обобщения ее материалов, дополненных другими рядами наблюдений — в частности, данными С.О. Макарова, полученными во время плавания на ледоколе «Ермак», Н.М. Книпович в 1906 году издал капитальный труд «Основы гидрологии Европейского Ледовитого океана», положив начало промысловой океанологии.

После Великой Октябрьской социалистической революции начались систематические, подчиненные единому плану исследования Мирового океана, основы которых были положены исследованиями Плавморнина.

1921 год. В Советской республике голод и разруха после гражданской войны и интервенции. Тем не менее Советская Россия уделяет большое внимание хозяйственному и промышленному освоению Севера и богатств северных морей. Освоение северных районов России имело и политическое значение [Васнецов 1974].

Однако народно-хозяйственное освоение севера России нельзя было осуществить без проведения в этих районах широкого комплекса научных исследований. Для этой цели необходимо было специально оборудованное экспедиционное судно, приспособленное для плавания во льдах. Таким судном стал «Персей» – первенец советского научно-исследовательского флота.

С именем «Персея» связана целая эпоха в развитии советской и российской океанологии. Отличительной чертой всех экспедиций на «Персее» была их комплексность – в них участвовали океанологи, гидробиологи, гидрохимики, геологи и др. На «Персее» плавали такие выдающиеся представители отечественного мореведения, как Иван Илларионович Месяцев, Николай Николаевич Зубов, Василий Владимирович Шулейкин, Лев Александрович Зенкевич, Вениамин Григорьевич Богоров, Мария Васильевна Кленова, Александр Александрович Шорыгин, Алексей Дмитриевич Добровольский и др.

В морях Северного Ледовитого океана с 1923 по 1941 год «Персей» совершил 84 научных экспедиции и проделал с океанографическими работами более 100 тысяч морских миль (почти пятикратный обход вокруг земного шара по экватору), пробыв в море в общей сложности более 2000 суток (почти 6 лет). «Персей» совершил девять экспедиций в район Шпицбергена, пять раз подходил к Земле Франца-Иосифа, двенадцать раз – к Новой Земле, обогнув ее с запада, а затем с востока. Он обошел остров Ян-Майен в Гренландском море и приблизился к берегам Гренландии. Были проведены многочисленные серии разрезов по Кольскому меридиану и собран обширный материал об изменчивости теплового режима Нордкапского течения.

«Персей» являет собой эпоху в отечественной науке о море. На мачтах исследовательских кораблей Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО) развевается звездный флаг «Персея» как символ преемственности работ Плавморнина и дань памяти легендарному кораблю. «Персей» погиб в 1941 году во время Великой Отечественной войны. Сохраняя старую морскую традицию, звездный флаг «Персея» несет на своей мачте новый научно-исследовательский корабль «Персей-2» [Васнецов 1974].

Первые экспедиции Плавучего морского института

Снаряжение для первой научно-исследовательской экспедиции было отправлено в пакгауз товарной станции Ярославской железной дороги. Началась погрузка, и в ней принимали участие

не только молодые штатные грузчики, но и все будущие участники экспедиции: выдающийся моревед И.И. Месяцев, доценты и преподаватели университета Л.А. Зенкевич, В.А. Яшнов, ассистенты А.А. Шорыгин, В.В. Алпатов, Б.К. Флеров и многие другие. Четыре вагона с якорями и надписью «Полярная экспедиция» подали к пассажирской платформе Ярославского вокзала для отправления в Ярославль. Состав медленно продвигался к северу и прибыл на базу экспедиции – станцию Исакогорка на Северной Двине в 10 км от Архангельска. Здесь формировались первые рейсы морского научно-исследовательского института [Васнецов 1974] (*рис. 25*).

К 27 сентября 1921 года начальный этап научных плаваний института был в основном закончен. Пройдя свыше 3000 км, экспедиция вернулась в Архангельск. В это время на Северной Двине завершалось оборудование нового научно-исследовательского судна.

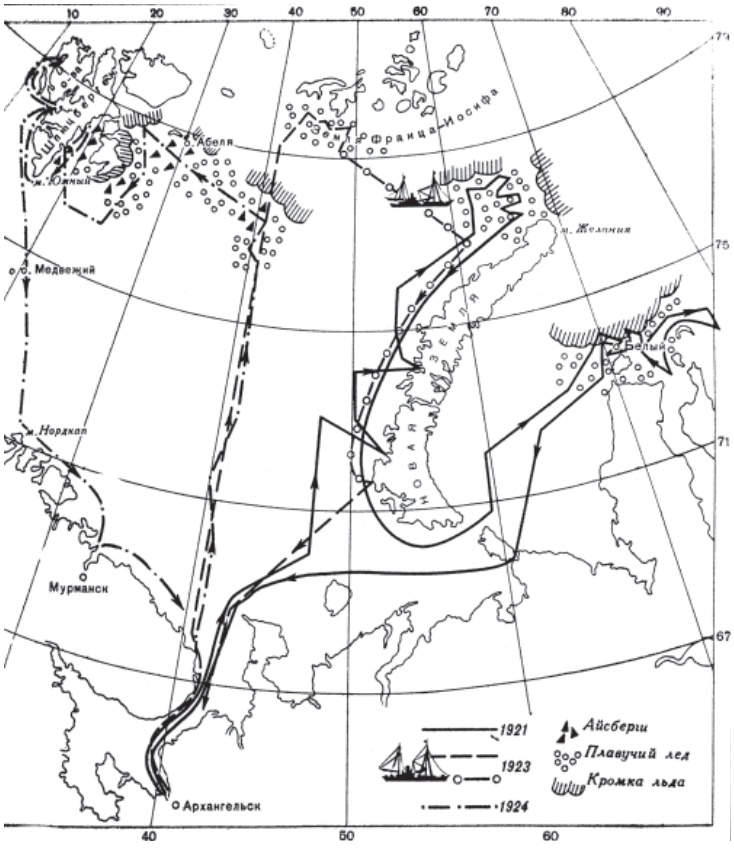


Рис. 25. Маршруты экспедиций 1921, 1923 и 1924 годов

Недостроенное беспризорное судно с названием «Персей» было обнаружено в одном из рукавов дельты Северной Двины – на речке Лае. Здесь находится старейший док деревянного судостроения (Лайский док). Известный сибирский предприниматель и промышленник, по фамилии Могучий, начал в 1918 году строить большое деревянное зверобойное судно, которому и дал имя «Персей». В январе 1922 года корпус судна передан Плавучему морскому научному институту, который с этого момента начал достраивать и оборудовать «Персей».

Зверобойная шхуна «Персей» общим водоизмещением 550 т была приспособлена для плавания во льдах. Форма корпуса его была примерно такой, как у «Фрама». При сжатии льды выдавливали корабль на поверхность. Деревянный корпус имел сплошной набор; толстые шпангоуты стояли почти вплотную один к другому. Набор шпангоутов снаружи и изнутри был обшит сосновыми досками, а по ватерлинии корпус был покрыт поясом дубовых досок. Форштевень и скулы окованы железными шинами. Сам форштевень был сделан с большим наклоном, чтобы корабль мог забираться на лед. Длина «Персея» по палубе равнялась 41,5 м, ширина средней части 8 м, средняя осадка с грузом 3 м. Корабль был двухмачтовым (*рис. 26*).

В лабораторной рубке на носовой палубе разместили 5 лабораторий. В кормовой надстройке помимо необходимых помещений находились гидрохимические и гидрологические лаборатории. Всего было 40 жилых мест: 24 – для команды, 16 –для научного состава (*рис. 27*).

1 февраля 1923 года на «Персее» был поднят синий вымпел с семью белыми звездами – флаг Плавучего морского научного института. 19 августа корабль отошел от Соборной пристани Архангельска, вышел в Белое море, а затем в арктические воды. Первое плавание «Персея» закончилось 23 октября 1923 года. Научное значение первой экспедиции на «Персее» было велико. Она получила обширнейший по тому времени материал о температуре, солености, гидрохимических элементах и биологии водных масс, о глубинах, грунтах и животном мире дна моря. Значимость экспедиции на «Персее» заключается не только в самих материалах, но и в том, что она положила начало систематическим и комплексным исследованиям

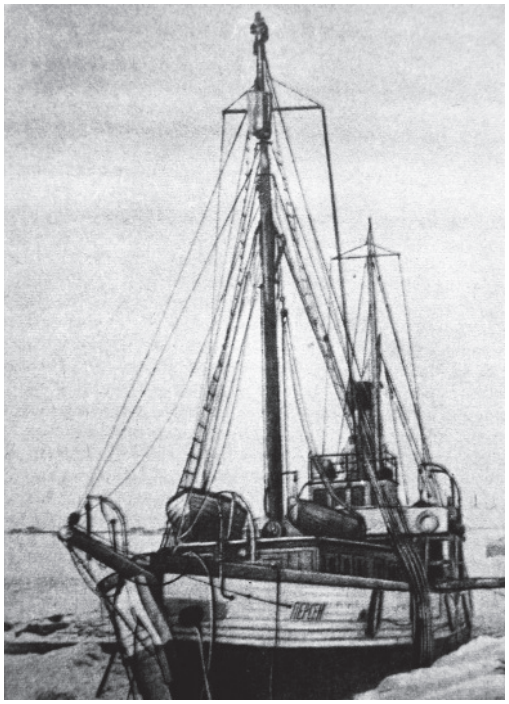


Рис. 26. «Персей» у стенки на Северной Двине

Баренцева моря. Такие исследования распространились на всю акваторию моря, и накопленный материал позволил сделать широкие обобщения и важные научные выводы [Васнецов 1974].

Плавание «Персея» в 1924 году

На лето 1924 года в план экспедиционных работ была включена юго-восточная часть Баренцева моря к востоку от линии Святой Нос – остров Междушарский у Новой Земли. Эта акватория считалась очень плохо изученной и не обеспечивалась надежной навигационной картой. Начальником экспедиции был назначен Лев Александрович Зенкович.

15 июля 1924 года «Персей» вышел в море, а 18 июля начал работы на разрезе мыс Святой Нос – остров Междушарский. На станциях проводились комплексные наблюдения по установленной программе, велись наблюдения за течением, суточной миграцией некоторых планктонных организмов и изменением кислородного режима. Закончив работы у острова Междушарский, «Персей» на 2 дня зашел в Белушью губу за пресной водой.

Выйдя из Белушьей губы, «Персей» проделал разрез к острову Варандею, впервые повторив наблюдения, произведенные Мурманской научно-промысловой экспедицией в 1901 году. Таким образом, через 23 года для этой акватории были получены сравнимые данные.

Закончив вблизи острова Вайгач продольный разрез по Печорскому морю, экспедиция вышла в Карское море на Вайгачскую впадину. Однако проливы оказались забиты льдом, и пройти в Карское море было невозможно. Из Печорского моря «Персей» направился в Белое море, чтобы вместо Вайгачской впадины провести плановые работы на глубинах Кандалакшского залива.

Далее «Персею» предстояло повторить разрез по 41-му меридиану, а затем заняться изучением северо-западной, слабо исследованной части Баренцева моря. По 41-му меридиану было необходимо достичь кромки полярных льдов, пройти к Земле Франца-Иосифа и там высадиться.

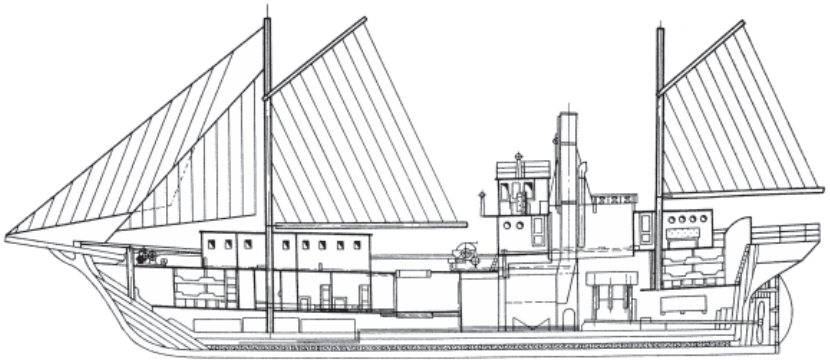


Рис. 27. Продольный разрез «Персея»

От этого архипелага вдоль кромки льдов планировалось проделать разрез к Шпицбергену и вдоль его восточных берегов зайти в Стур-фиорд, чтобы проверить сведения мореплавателей прошлого века о возможности проникнуть в Стур-фиорд проливом Хелис (между островами Западный Шпицберген и Баренца). По восточному берегу острова Западный Шпицберген, в бухтах Китовая и Агард, экспедиции надлежало восстановить русские заявочные столбы, поставленные еще в 1912 году В.А. Русановым. Из Стур-фиорда «Персей» должен был направиться на Западный Шпицберген, в Ис-фиорд и в Грумантбюэне получить полный груз угля [Васнецов 1974].

По пути на родину экспедиция собиралась выполнить разрез от Шпицбергена мимо острова Медвежий на Нордкап, зайти в Александровск на Мурманскую биологическую станцию и затем возвратиться в Архангельск.

В этой экспедиции «Персея» к Шпицбергену принимал участие Василий Владимирович Шулейкин, научный работник, впоследствии крупнейший ученый с мировым именем, основоположник новой отрасли мореведения – физики моря. Он шел в плавание со своим прибором для изучения оптических свойств морской воды. В связи с этим четвертую экспедицию «Персея» можно считать началом его больших гидрофизических работ на многих морях и океанах, которым В.В. Шулейкин посвятил свою жизнь.

27 августа «Персей» при плохой погоде начал работать по 41-му меридиану. Разрез был удачно выполнен до кромки полярных льдов и обратно.

2 сентября задул ветер с силою 9 баллов. Шел густой снег, на курсе держаться было трудно. «Персей» развернулся против ветра и волны и старался сохранить положение. Во второй половине дня около 76°50' с. ш. появились отдельные полосы льда, а 3 сентября под 77°33' с. ш. на пути стала кромка тяжелого крупнобитого многолетнего льда. Она тянулась с запада-северо-запада на восток-юго-восток. Среди ледяных полей возвышались крупные айсберги. Экспедиция не рассчитывала так рано увидеть льды. По-видимому, они дрейфовали к югу под действием сильных северо-западных ветров, непрерывно дувших последние дни. Под 77°33' с. ш. «Персей» были вынужден прервать разрез [Васнецов 1974].

Задержавшись во льдах, «Персей» направился на северо-запад, к островам Вайча. В прошлом году, встретив льды у Земли Франца-Иосифа, экспедиция не решилась в них войти: угля оставалось только на три дня. Теперь же, на пути к Шпицбергену, встречался тяжелый крупнобитый лед сплоченностью до 7 баллов, а местами до 8 и даже до 9. «Персей» не крошил его, как ледокол, а выбирал наиболее слабые места. Большие поля старались обходить, но иногда пробивали довольно значительные перемычки. Крупных айсбергов, отколовшихся от многочисленных ледников Шпицбергена, а может быть и Земли Франца-Иосифа, больше всего было сразу после поворота от 41-го меридиана.

Стараясь не забираться далеко от кромки льдов, но придерживаясь курса на острова Вайча, экспедиция выполняла полные серии наблюдений на станциях в разводьях и полыньях.

5 сентября в тумане и снежных разрядах «Персей» зашел в тяжелый крупнобитый лед сплоченностью до 9 баллов. Через несколько часов ненадолго прояснилось, и впереди показалась чистая вода. Корабль пробивался рывками, иногда отрабатывая назад, и через несколько часов выбрался на чистую воду. По курсу открылась Земля Короля Карла. Проливы между островами были чистыми с редкими, но высокими айсбергами [Васнецов 1974].

Возникла необходимость в пресной воде для котла и было решено искать ее на острове Свенскё (Шведиш Фореланд). К вечеру «Персей» с большой осторожностью приблизился к острову. После полуночи 6 сентября между бухтой Антарктик и мысом Хаммерфест был отдан якорь. Спустили шлюпку, чтобы сделать промер и определить, может ли «Персей» подойти ближе к берегу. Переход от северного конца разреза по 41-му меридиану на острова Вайча был закончен.

Несмотря на трудные навигационные условия, льды, снег и туманы, второй разрез был выдержан очень хорошо. На нем было выполнено 8 полных станций с промерами глубин, измерений температуры воды и метеорологических наблюдений, Разрез пересекал акваторию, ранее никогда не посещавшуюся исследовательскими судами. После этого плавания «Персея» разрез обозначился на навигационной карте цепочкой глубин [Васнецов 1974].

Гористый остров Свенскё, сложенный песчаниками с выступающими почти черными базальтами, был припорошен снегом. На нем участники экспедиции нашли маленькую, совсем развалившуюся промысловую избушку и невдалеке от нее сгнившую кулему на песца. Если принять во внимание размеры избушки, по всем признакам русской, обитателей там могло быть не более трех, максимум четырех человек. Только бесстрашные люди могли остаться в ней на полярную ночь. В английской лоции упоминалось, что на мысе Норденшёльда стоит русская часовня, но теперь ее не было.

Пресной воды, удобной для забора, на острове не нашлось. Ручьев не было. Небольшие пресные озера также находились очень далеко от берега. Пришлось искать другую стоянку в бухте, расположенной на юго-восточной стороне острова между мысами Хаммерфест и Норденшёльда. Здесь, метрах в пятидесяти от уреза воды, удалось найти небольшое озеро. Свободные от вахты матросы и кочегары, штурманы и механики, весь экспедиционный состав ведрами или шайками тащили воду по обледеневшей гальке на берегу. Пока черпали воду, с моря надвинулась полоса сплоченного крупнобитого льда и, примыкая к мысам Хаммерфест и Норденшёльда, закрыла выход из бухты.

К ночи 7 сентября видимость улучшилась, и выяснилось, что льды немного отошли от входных мысов. Капитан прекратил водоналивную операцию и вызвал всех на судно. За сутки тяжелой работы было принято всего 10 т воды для котла.

В море экспедиция продолжила работы по намеченной программе, начав разрез от острова Свенскё на северную оконечность острова Баренца. В дальнейшем необходимо было выяснить, возможен ли заход в Стур-фиорд через пролив Хелис. Все время корабль шел среди льдов, то разреженных, то сплоченных до 5–6 баллов.

8 сентября «Персей» уперся в сплошные ледяные поля. Остановили машину, решили осмотреться. В северном и западном направлении даже на юг видны были только тяжелые льды, местами всторошенные. По курсу на запад – никаких признаков чистой воды или хотя бы разводьев. Подойти к проливу Хелис «Персей» не мог [Васнецов, 1974].

Воспользовавшись обстановкой, выполнили полную станцию и обратным курсом стали выбираться изо льдов. Ничего не оставалось, как следовать в Стур-фиорд обычным путем, огибая с юга остров Эдж [Васнецов 1974].

Утром 8 сентября путь преградили крупные слаботорошенные ледяные поля. Лавируя и протискиваясь между ними, «Персей» безуспешно пытался выйти хотя бы к юго-востоку. Пришлось остановить машину и ждать, когда приливные течения и ветер улучшат ледовую обстановку. Во время вынужденной стоянки взяли станцию. Ветер сменился, лед начало разводить. Корабль двинулся к югу и, пробираясь среди льдов сплоченностью 6–8 баллов, вышел к их кромке.

К концу дня сквозь поредевший туман проглянула вдалеке вершина острова Надежды (другое его название – Морская Лошадь).

С запада, с Северной Атлантики, катилась пологая зыбь. Ветер почти затих, и туман висел над самым морем. Выйдя на чистую воду, «Персей» взял курс на остров Надежды, который должен был находиться совсем близко. Но видимость сократилась до двух-трех кабельтовых. Покачиваясь на зыби, «Персей» продвигался малым ходом с выпущенным за корму лотом-предупредителем Джемса.

На старой английской карте, корректированной данными до 1900 года, глубины вокруг острова почти отсутствовали, да и само его положение и очертания были указаны заведомо неправильны. Этот заброшенный остров редко посещали корабли, подход к нему был опасен из-за мелководья и выступающих далеко в море кошек.

Ход сбавили до самого малого. Дали гудок, надеясь услышать эхо, но его поглотил туман. Не слышно было также и шума прибоя.

Экспедиционные геологи во главе с Месяцевым решили посетить остров Надежды, несмотря на трудный подход к нему. Сквозь туман показался берег, окаймленный полосой прибоя. Верхняя часть острова оставалась в тумане. «Персей» подошел к острову примерно в полутора милях от берега. Спустили вельбот, и береговая партия направилась к суше. Зыбь, пологая в открытом море, по мере приближения к земле становилась круче. На пустынный пляж острова Надежды опрокидывались крутые гребни.

Поднимаясь по разлогу маленького ручейка, в защищенном от ветров уголке мы увидели хороший домик норвежских промышленников. По северному обычаю, дверь его была не заперта, а просто заколочена поперек доскою. В домике оказалось две комнаты. По всем признакам, в нем жили три человека. Покинули они свое жилье как-то внезапно, бросив часть имущества. На наружных стенках домика остались тюленьи шкуры, растянутые для просушки [Васнецов 1974].

Геологи определили высоту острова в 260 м; сложен он такими же осадочными породами, что и Шпицберген. К сожалению, туман помешал определить астрономический пункт.

Вельбот отвалил от берега, и опять все накрыл густой туман. Ориентироваться было очень трудно. Выбрав якорь, «Персей» направился в Стур-фиорд.

Обойдя неисследованный район архипелага Тысячи островов, «Персей» попал в девятибалльный шторм. В Стур-фиорд вошли с юга. Залив был чист ото льда, лишь отдельные айсберги виднелись на его водной поверхности.

Экспедиции предстояло установить заявочные столбы в двух местах по западному берегу Стур-фиорда, около бухт Китовой и Агард. Первоначально проскочили Китовую бухту и зашли в Агард, где 11 сентября и отдали якорь. На берег высадились несколько человек с заранее изготовленным заявочным столбом.

Закончив работы в бухте Агард, участники экспедиции разыскали бухту Китовую и тоже установили заявочные столбы для англо-русской угольной компании «Грумант». Здесь был найден старый столб (правильнее его назвать «кол»), поставленный для России В.А. Русановым в 1912 году. На этом месте установили новый столб, а старый взяли с собой и впоследствии передали Арктическому институту. Обязательства для компании «Грумант» были выполнены. Затем на ничейной территории в бухте Мон «Персеем» был оставлен еще один заявочный столб для Плавморнина с соответствующей надписью.

В кутах бухт Китовой и Мон сползали в море глетчеры. Они-то и рождали айсберги, которые в большом числе встречались в Стур-фиорде. В нем было сделано 7 полных станций и множество промеров глубин.

Плавание в Стур-фиорде было очень тяжелым: навигационная карта неверна, заходы в бухты и сами бухты нанесены неправильно, их приходилось разыскивать, глубины в фиорде и особенно в бухтах были неизвестны. Почти все время была плохая видимость из-за туманов и сильных снегопадов, ночи становились все темнее и темнее. Якорные стоянки приходилось выбирать с большой осторожностью, следуя за шлюпкой, производящей промер. Зачастую, когда налетали сильные порывистые северо-восточные ветры, «Персей» покидал только что найденную якорную стоянку в поисках более защищенной [Васнецов 1974].

14 сентября корабль покинул Стур-фиорд, обогнул мыс Южный и вышел к западному побережью Шпицбергена. В полдень впервые было проведено определение по обсервации, и к ночи «Персей» лег курсом на Ис-фиорд.

15 сентября среди дня неожиданно навалился густой туман. Над туманом торчали отдельные остроконечные пики Шпицбергена. Вечером «Персей» вошел в Ис-фиорд и к ночи отдал якорь в бухте Коль, напротив поселка угольщиков Грумантбюэн.

В 1924 году Грумантбюэн представлял собой ряд деревянных строений барачного типа, вытянутых в одну «улицу», с проложенными вдоль них дощатыми тротуарами. Поселок занимал неширокий уступ на склоне горы, довольно круто спускающемся к морю. Тут же рядом находились штольни. Шахт не было, угольные пласты, выходящие там прямо в обнажении склона, залегают почти горизонтально. Из штолен уголь доставляли в ручных вагонетках, высыпали на транспортер, который переносил его к обрыву склона и сбрасывал в круто спускающийся к морю желоб. Под желобом становилась баржа, ее загружали и отбуксировывали к стоящему на рейде пароходу. Выглядело все это примитивно, но добывать здесь уголь было выгодно. Только при сильных северных ветрах баржа не могла держаться под желобом, и всякие погрузочные операции прекращались.

Советская администрация копей обратилась к экспедиции с просьбой доставить в Грумантбюэн радиостанцию, приобретенную у норвежцев в Кингсбее. Желая установить хорошие взаимоотношения с угольной компанией, а также заинте-

ресовавшись возможностью выполнить научные работы на целый градус севернее, руководитель экспедиции Иван Илларионович Месяцев согласился на эту операцию.

В Кингсбее находился большой норвежский поселок шахтеров, и уголь добывался несравненно в большем количестве, чем в бухте Коль. Штольни здесь имели значительный уклон в глубь горы.

Погрузив в Кингсбее норвежскую радиостанцию, «Персей» доставил ее в Грумантбюэн. Экипажу «Персея» удалось осмотреть угольные копи не только в бухте Коль и Кингсбее, но и в бухте Адвент, а на обратном пути – и в Грин-Гарбуре.

27 сентября «Персей» покинул бухту Коль, получив здесь бесплатно 117 т отборного угля. Выйдя к мысу Южный, корабль лег курсом на Нордкап для выполнения разреза. От Нордкапа вдоль Норвежского и Мурманского берегов экспедицией проводились работы на океанографических станциях.

В Александровск «Персей» прибыл 4 октября и был встречен директором Мурманской биологической станции Г.А. Клюге. Из Александровска корабль вышел в Мурманск за пресной водой, а затем покинул Кольский залив и направился в Архангельск. Прибытие состоялось 15 октября.

В этом плавании на втором году жизни «Персей» пробыл в море 56 дней, пройдя 3150 миль. Научные работы были выполнены на 63 станциях, в основном во льдах северо-западной части Баренцева моря, прежде совершенно неисследованной [Васнецов 1974].

Экспедиция «Персея» в 1925 году

На арктическую навигацию 1925 года ученый совет института включил в план уже три экспедиции. Подготовка к плаванию началась раньше, и 26 июня 1925 года «Персей» покинул Архангельск. Руководил экспедицией зоолог Лев Александрович Зенкевич. Впервые вышел в плавание Вениамин Григорьевич Богоров, активно участвующий в организации Института океанологии АН СССР и оборудовании экспедиционного судна «Витязь» (*рис. 28*).

Первая экспедиция закончилась 11 июля. «Персей» возвратился в Мурманск, выполнив за это плавание 80 полных станций и пройдя 1550 миль [Васнецов 1974].

Междурейсовая стоянка продолжалась только неделю. «Персей» снова направлялся в Стурфиорд с заходом по пути в норвежский порт Вардё. По договоренности с англо-русской компанией «Грумант» институт должен был произвести геологическую съемку и разведку на уголь в тех местах, где в прошлом году были установлены заявочные столбы. По этой причине, помимо научных сотрудников обычного «морского» профиля, в экспедиции принял участие геолог С.В. Обручев, а также русский директор компании «Грумант» И.Н. Козлов и профессор Горного института А.Н. Сидоров.

Днем 18 июля «Персей» отошел от пассажирской пристани в Мурманске, зашел в Александровск на биологическую станцию и затем, покинув Кольский залив, повернул на запад к Вардё. Почти у самого порта внезапно навалился плотный туман. «Персей» отдал якорь [Васнецов 1974].

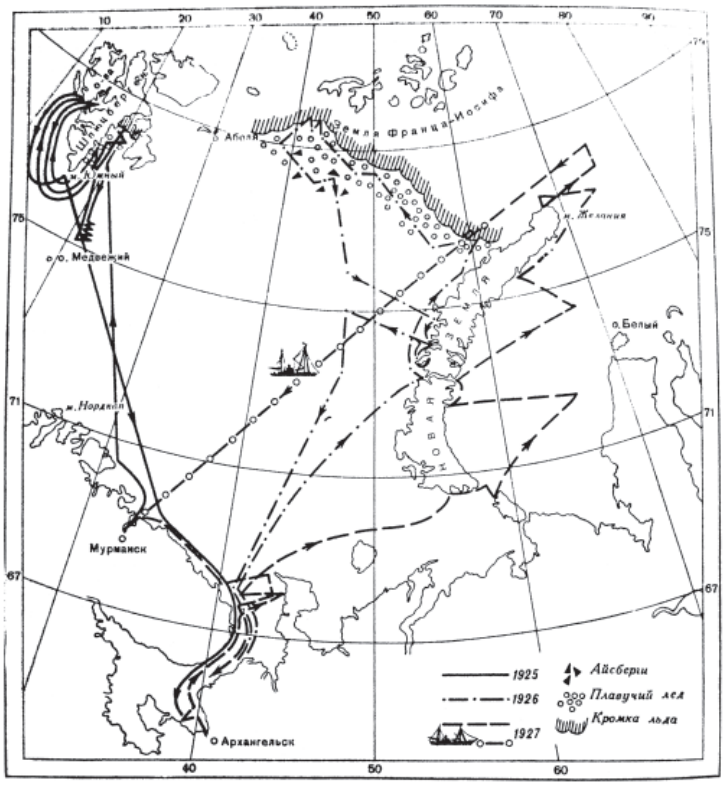


Рис. 28. Маршруты экспедиций 1925, 1926 и 1927 годов

Для геологических работ в Стур-фиорде руководство «Персея» хотело приобрести моторный катер. Был выбран небольшой катерок «Эвелина» с керосиновым двигателем.

«Персей» был первым судном под флагом Российской Советской Республики, которое имело стоянку в Вардё. Красный кормовой флаг и синий звездный экспедиционный три дня развевались в норвежском порту. Местное население проявило к «Персею» большой интерес, его посетили экскурсии. Местная коммунистическая газета напечатала статью, посвященную приходу «Персея» и исследованиям русских ученых в Арктике, с которой так тесно связана экономика Норвегии.

В прежние времена общение русских с Норвегией было очень интенсивным, гавани Вардё бывали заполнены шхунами русских поморов. Пока не существовало Мурманска как города, все обитатели становищ Мурманского берега отправлялись за покупками в Вардё без особых разрешений и документов. До революции русские рыбаки и промышленники распродавали в Вардё рыбу, шкуры морского зверя, жир и так далее. Такая торговля имела огромное значение для экономической жизни города, южная бухта которого называлась Русской гаванью.

Выйдя в море, «Персей» лег курсом на Стур-фиорд. Этот разрез проходил немного восточнее прошлогоднего, от Нордкапа на мыс Южный. Столообразный профиль острова Медвежий различался только как пятно на горизонте, но все же по нему смогли определиться.

25 июля открылся мыс Южный. «Персей» вошел в Стур-фиорд, чтобы высадить береговую партию в местах прошлогодней установки заявочных столбов. Весь западный берег пролива оказался блокированным льдами, кромка которых простиралась почти от Южного мыса до середины восточного берега. Было решено высадить геологов в бухте Агард, но ближе к бухте встретился крупнобитый торосистый лед сплоченностью до 9 баллов. Преодолевая его, «Персей» удалялся от берега к северо-востоку.

Пробиться в бухту Агард было невозможно. Л.А. Зенкевич решил подойти к Китовой бухте, но и здесь лед оказался тяжелым для «Персея». Целые сутки корабль безрезультатно пробивался во льдах Стур-фиорда. По-видимому, в июле еще рано было заходить в этот фиорд, о чем говорил и Нансен в описании Шпицбергена [Васнецов 1974].

В ожидании смены ледовой обстановки начальник экспедиции предложил детально обследовать Шпицбергенскую банку, совсем неизученный район. Здесь, исходя из ряда соображений, могли быть промысловые скопления рыбы. Предложение Л.А. Зенкевича было единодушно одобрено всем составом экспедиции.

На центральной части Шпицбергенской банки, между островами Медвежий и Надежды, были выполнены работы на частой сетке станций, подобные съемке, произведенной ранее на Кильдинской банке. В создавшейся обстановке пришлось ограничиться гидрологическими наблюдениями и сборами материалов по биологии и грунтам [Васнецов 1974].

29 июля «Персей» снова вошел в Стур-фиорд, где за время отсутствия ледовая обстановка несколько улучшилась. Несмотря на западные ветры, лед все еще заполнял фиорд и его кромка проходила приблизительно по 77-й параллели. Утром судно вошло в разреженный до 6 баллов лед, но к середине дня начался крупнобитый 8-балльный торосистый лед. Среди морских льдов виднелись айсберги. Это было тяжелым препятствием для «Персея».

Капитан П.И. Бурков возражал против форсирования таких льдов, но представители общества «Грумант» настаивали на высадке. На совещании сторон решили снова пробиваться к берегу, в Китовую бухту, до которой оставалось миль 25. Больше шести часов продолжалась борьба со льдами, и только к ночи «Персей» отдал якорь у северного берега и края крупного Уэльского ледника.

С борта судна спустили вельбот, и на берег для организации лагеря отправились люди. Берег оказался глинистым и мокрым, но вдалеке на сухом месте удалось разглядеть постройку. Это был хорошо сохранившийся просторный дощатый домик. На стене его по-английски было написано: «Карл Сеттер, август 1923 г. август 1924 г.». К двери был прибит заржавевший ключ.

Разведка заняла ночь. Ранним утром на корабле стали готовиться к высадке. На катере «Эвелина», шлюпке, вельботе и плоту имущество

было доставлено на берег скалистой бухты Стур-фиорда. В это время «Персей», лавируя среди ледяных полей, скрылся за горизонтом.

В береговой группе геологу С.В. Обручеву должны были помогать минералог Т.И. Горшкова и коллектор А.В. Кузьмин. Разведку на уголь должны были вести А.Н. Сидоров и И.Н. Козлов. Из состава команды «Персея» были высажены моторист на «Эвелину», матрос-повар и еще три матроса в угольную и геологическую партии. Палаточный лагерь организовали возле найденного дощатого домика [Васнецов 1974].

На берегу Стур-фиорда оставался работать гидрометеорологический отряд (Казимир Олевинский и В.А. Васнецов). Геологическая партия совершала пешие походы к югу и северу от Китовой бухты, попытки же исправить «Эвелину», которая наскочила кормой на камень, ни к чему не привели. Тем не менее в результате проведенных исследований геологам удалось опровергнуть представление о том, что восточный берег Шпицбергена сложен такими же третичными угленосными сланцами, как и западный. В первых же походах в район Китовой бухты выяснилось, что прибрежная зона образована юрской и меловой свитой, в которой могут быть лишь непромышленные угольные отложения. Маршруты к югу и заход на север, в бухту Агард, подтвердили эти выводы [Васнецов 1974].

На берегу у подножия горы Жуковского геологи сделали находку: столбик из плавника с вырезанной на нем надписью «В.А. Русанов 1912 г.» Это была заявка на уголь, сделанная Русановым для России во время экспедиции на «Геркулесе». Столбик взяли с собой, а вместо него был поставлен новый с соответствующей надписью.

8 августа днем на горизонте появился «Персей», пробивающийся к берегу среди разреженного льда. Лагерь был быстро снят и шлюпками переправлен на корабль. «Персей» перешел в бухту Агард. Здесь геологическая партия высадилась на берег. Задерживаться там не имело смысла: в нижних ярусах выступали уже триасовые отложения, и никаких надежд на залегание угля быть не могло. Во время геологических работ океанологам удалось сделать несколько океанографических станций поперек Стур-фиорда.

10 августа «Персей» принял на борт геологов и вышел из бухты Агард. В восточной половине Стур-фиорда, очистившейся ото льда, были выполнены еще несколько океанографических станций. Выйдя на чистую воду, «Персей» покинул Стур-фиорд.

Обогнув в тумане мыс Южный, «Персей» лег курсом на Ис-фиорд: нужно было высадить там двух пассажиров-угольщиков. К ночи 12 августа корабль стал на якорь у поселка Грумантбюэн для пополнения запасов пресной воды и угля. 13 августа «Персей» ушел из Ис-фиорда.

С Атлантики пришли штормовые ветра, и корабль шел в Архангельск без работ. В Белом море «Персей» снова попал в жесточайший шторм. 21 августа он прибыл к месту назначения. В общей сложности «Персей» прошел 2725 миль, из них 230 во льдах Стур-фиорда, и выполнил океанографические работы на 46 полных станциях [Васнецов 1974].

Второй Международный полярный год

Очень важным этапом в развертывании океанографических работ на северных морях явился 1932 год. Начинались исследования по программе Международного полярного года (МПГ).

Большая доля этой программы приходилась на Советский Союз – страну, наиболее заинтересованную в изучении и освоении морей, омывающих ее северные берега. Из общего объема наблюдений, взятых на себя нашей страной, значительная часть возлагалась на Государственный океанографический институт и его экспедиционные суда «Персей» и «Николай Книпович» (*рис. 29*).

Уже после распределения обязанностей между странами-участницами, после утверждения программ и планов советских исследований, ГОИНу пришлось взять на себя еще и часть разрезов, которые отказались выполнить Норвегия и Германия.

«Персей» и «Николай Книпович» должны были работать на многих океанографических разрезах и в летнюю, и в зимнюю пору [Васнецов 1974].

«Персею» надлежало в западной и северной частях Баренцева моря неоднократно выполнять разрез Нордкап – остров Медвежий – мыс Южный. Этот разрез, пересекающий основную струю

атлантических вод, вливающихся в Баренцево море, давно уже был принят в ГОИНе как стандартный. Ежесезонные наблюдения по этому разрезу давали возможность судить о колебаниях гидрологических характеристик водных масс этого течения и о поступающих запасах тепла.

В случае благоприятных ледовых условий «Персей» должен был осенью направиться в воды Шпицбергена, обойти его с севера, выполнить разрез по 15-му меридиану и от острова Фойн на север, чтобы пересечь Северо-Шпицбергенское течение; выполнить ряд разрезов к востоку от Шпицбергена, которые, хотя и не входили в программу работ Международного полярного года, но были необходимы для пополнения динамической карты течений Баренцева моря, составленной ГОИНом, а также для выяснения роли теплых атлантических вод в гидрологии акватории, омывающей Шпицберген с востока. Завершив работы в этом районе, «Персей» должен был направиться в Архангельск, сменить научный состав и подготовить экспедицию в Карское море [Васнецов 1974].

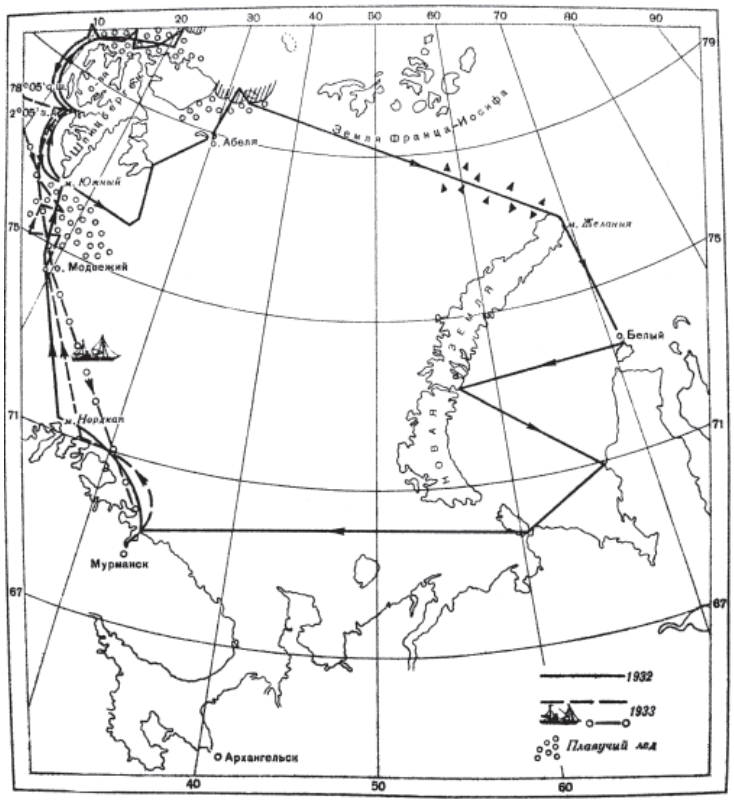


Рис. 29. Маршруты экспедиций 1932 и 1933 годов

В самом начале 1932 года «Персей» попал в страшный ураган, пронесшийся над Мурманском, и получил сильные повреждения. После урагана корабль своими силами подремонтировали, поставили мачту, восстановили фальшборт. К началу навигации на Северной Двине «Персей» вышел в Архангельск и стал в док судоремонтного завода.

В начале августа судно вышло из дока и было направлено в Александровск на Мурманскую станцию ГОИНа. Сюда уже съезжались 18 участников экспедиции Второго Международного полярного года. Руководителем экспедиции на «Персее» был назначен В.А. Васнецов, капитаном – И.Н. Замяткин [Васнецов 1974].

В Мурманске начались мероприятия, связанные со снаряжением экспедиции, погрузкой угля, покупкой продовольствия. Утром 27 августа все было готово к выходу в море.

К вечеру «Персей» вышел из Кольского залива, миновал остров Кильдин и взял курс к берегам Норвегии. К Нордкапу подошли 30 августа.

От мыса Нордкап начинался разрез на южную оконечность Шпицбергена – мыс Южный, пересекавший основную струю Нордкапского течения, согревающего Баренцево море и даже проникающего в Карское вокруг мыса Желания. Несмотря на шторм, все намеченные на разрезе станции были выполнены [Васнецов 1974].

От мыса Южного, вдоль западного берега Шпицбергена, «Персей» направился в Ис-фиорд, к поселку угольной концессии Грумантбюэн. Перед самым заходом в Ис-фиорд начался шторм, но от него удалось уйти. 4 сентября утром корабль прошел по фиорду до поселка, где был радушно встречен горняками.

На рейде напротив поселка стоял пароход «Крестьянин», грузивший уголь для Мурманска. На нем имелся избыток пресной воды, и капитан «Персея» смог заполнить корабельные цистерны. Уголь погрузили очень быстро, и вечером 6 сентября «Персей» вышел из фиорда и море. По пути был сделан заход в Баренцбург, чтобы нанести визит советскому консулу на Шпицбергене Михаилу Эммануиловичу Плисецкому.

Радисту Рылову удалось связаться с находившимися в северных широтах кораблями «Малыгин», «Белуха», «Ленсовет», «Николай Книпович»

и рацией на мысе Желания и получить сведения о благоприятной ледовой обстановке.

«Персей» двинулся на север, рассчитывая исследовать северные берега Шпицбергена, а главное – омывающие его воды. Погода позволяла производить программные океанографические работы на станциях. Прошли остров Принца Чарльза и вход в фиорд Кингсбей, где находились датские угольные разработки.

«Персей» продолжал свой путь на север, планируя обойти Шпицберген вдоль его северного побережья.

Утром 8 сентября в 6 милях на северо-северо-запад от острова Фогельзанг появились первые льдины. «Персей» вошел в 4–5-балльный лед и переменными курсами продвигался в восточном направлении, выбирая места производства работ. От 15-го меридиана предполагалось сделать разрез на север, но примерно через 30 миль «Персей» уперся в непреодолимый тяжелый лед.

Ближе к Шпицбергену держался более разреженный лед, и корабль продвигался в нем на восток без особого труда. Судну удалось дойти до меридиана Нордкапа (северного мыса главного острова в архипелаге Шпицберген). Здесь снова была предпринята попытка выполнить разрез к северу, но «Персей» достиг только 81° с. ш., где сплоченность торосистого льда была 9 баллов. Из наблюдательской бочки было видно, что тяжелый лед простирается в юго-восточном направлении [Васнецов 1974].

81° с. ш., 19° в. д. – это самая северная точка, достигнутая «Персеем» за всю его историю. Ни один корабль типа «Персея» (деревянная парусно-паровая шхуна) никогда не достигал столь высокой широты в водах Полярного бассейна, омывающих север Шпицбергена.

До «Персея» в этих водах ходили только самые мощные ледоколы – «Ермак» в 1901 году и «Красин» в 1928 году [Васнецов 1974].

Несмотря на этот рекордный проход в арктические воды, на «Персее» ставилась задача пересечь Северо-Шпицбергенское атлантическое течение дальше на севере, чтобы получить более полные гидрологические характеристики его водных масс [Васнецов 1974].

Сделав станцию на 81° с. ш., корабль спустился к берегу в районе Семи островов (самой северной группы малых островов в архипелаге Шпицберген), чтобы снова продвигаться к востоку. Однако проливы между северными островами были забиты сильно торошенными льдами, с сидящими на грунте стамухами. В южном проливе льдов не встретили.

Имеющаяся карта Семи островов оказалась приблизительной, глубины в проливах даже не обозначены. Было решено пройти на восток именно этим южным проливом. Начала портиться погода, но до того как видимость ухудшилась, стало ясно, что восточнее Семи островов лед прижимается к самому берегу Шпицбергена. Подул сильный ветер, и повалил снег.

В это время вахтенный матрос сообщил: «Якорь на грунте!» Было слышно, как якорь волочится по каменистому дну. Однако шестисаженная глубина позволяла судну осторожно продвигаться. Из-за пурги пришлось бросить якорь и остановить машину. Ветер усиливался и тянул от северо-запада.

К востоку от островов лед вблизи берега был проходим, но с бóльшими трудностями, чем прежде. Прижиматься к суше нельзя – глубин на карте нет, берег неисследован и нанесен приблизительно, на каждом шагу можно напороться на банку или рифы. В создавшейся трудной обстановке было решено стоять на якоре, пока не прояснеет.

К вечеру пурга прекратилась и стало ясно. За день зубчатая кромка полярного пака восточнее Семи островов подошла почти к самому берегу. Тяжелые льды приблизились и с севера, а главное – на западе, там, где «Персей» без особого труда шел на восток, лед сильно сплотился и уже почти прижимался к берегу.

Начальнику экспедиции стало понятно, что риск неуместен (на судне находились 42 человека), и им было отдано распоряжение выбирать якорь и возвращаться на запад.

Там, где еще два-три дня назад была чистая вода, появился 5–6-балльный лед, и теперь приходилось с усилием разбивать льдины и перемычки. В это время вышла из строя судовая радиостанция, и «Персей» остался без связи [Васнецов 1974].

Однажды корабль зажало. С трудом вырвавшись из ледового плена, и действуя полным ходом, «Персей» пробился в длинную полынью, тянувшуюся в нужном направлении.

Лед несколько разредился только на треверзе острова Амстердам у северо-западной оконечности Шпицбергена. Здесь попытались выполнить гидрологический разрез на северо-запад, чтобы пересечь Шпицбергенское течение, но под 80°15' с. ш. на 11-м меридиане встретили крупнобитый торосистый лед сплоченностью 8–9 баллов, и работы были прекращены [Васнецов 1974].

В районе Семи островов на «Персее» случилось непредвиденное обстоятельство, которое сразу изменило планы экспедиции. Стармехом Алексеем Ивановичем Мусиковым в трюме около нефтяных цистерн и бочек с керосином было обнаружено возгорание угля. Оказалось, что в Архангельске был погружен сернистый донецкий уголь, который дождливым летом находился в открытых штабелях. При погрузке этот уголь был пересыпан шпицбергенским. Мокрый донецкий уголь склонен к самовозгоранию. Запах горящего угля и был замечен старшим механиком. В любой момент на корабле могло вспыхнуть пламя и подобраться к бочкам с керосином.

11 сентября на 79°40' с. ш., проломив последнюю ледяную перемычку, «Персей» вышел на чистую воду и направился прямо в Ис-фиорд.

К ночи 12 сентября судно вошло в Ис-фиорд и пришвартовалось к пристани в Баренцбурге. После приготовления противопожарных средств были вскрыты трюмы и горловины угольных ям. По мере разгрузки температура угля все повышалась, выделялся едкий сернистый газ. Через узкие горловины бункеров люди, задыхавшиеся от едкого удушливого пара, ведрами подняли наверх и вынесли на берег более 40 т угля. В результате пожара на «Персее» выгорел пиллерс, а кое-где и внутренняя обшивка корпуса.

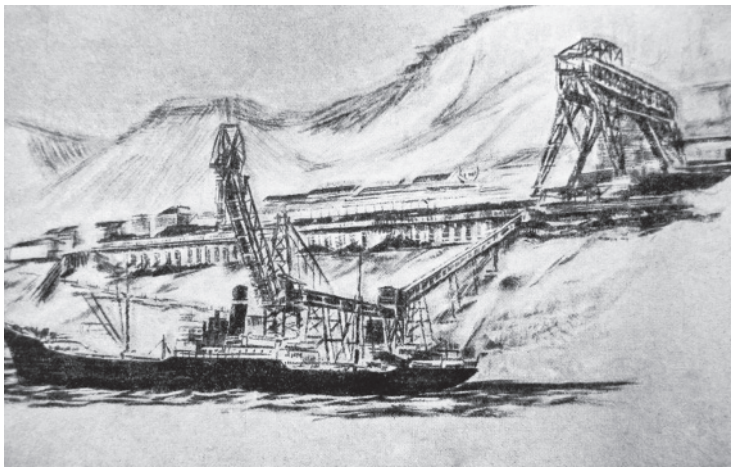


Рис. 30. Баренцбург. Погрузка угля на пароход. Зарисовано А. Меркуловым, 1934 год

Угольное месторождение в Грён-фиорде раньше разрабатывалось голландской концессией. Она же построила и поселок угольщиков, состоявший из маленьких двухэтажных коттеджей прибалтийского облика, под черепичными крышами.

Советский Союз, взявший в 1932 году эту концессию после Голландии, приобрел и поселок со всем оборудованием, инвентарем и даже мебелью. На склоне горы, возвышаясь над поселком и угольными разработками, стоял большой деревянный двухэтажный дом. Когда-то в нем жил владелец или управляющий рудника, а теперь – наш консул.

В Баренцбурге с угольного склада на «Персей» взяли необходимое количество угля. Завалили среднюю палубу и даже уложили в мешках на баке, пополнили и продовольственные запасы [Васнецов 1974] (*рис. 30*).

Утром 16 сентября «Персей» покинул Ис-фиорд и пошел к югу, чтобы, обогнув мыс Южный и Тысячу островов, начать океанографические работы восточнее Шпицбергена. 17 сентября «Персей» начал разрез от мыса Южный до острова Надежды.

От острова Надежды разрез шел на восточную оконечность острова Эдж, отсюда на остров Короля Карла и далее был проложен курс прямо на север, в пролив между Северо-Восточной Землей и островом Белый (Джиллеса). Почти все время стояла пасмурная погода, и судну приходилось идти по счислению. Пройдя этим проливом в Полярный бассейн, корабль должен был повернуть на запад к Семи островам. Но уже 22 сентября на 79° 23' с. ш. он вошел в лед. Судя по положению его кромки, и южную часть пролива Хинлопен-стрит тоже закрыли льды.

Продолжая осторожно продвигаться во льдах и тумане к северу по счислению, «Персей» вышел на широту острова Белый. Здесь сделали последнюю станцию разреза в 7-балльном льду [Васнецов 1974].

Когда немного прояснилось и можно было определиться по берегу, оказалось, что судно нахо-

дится в 5 милях к северо-западу от мыса Андре – западной оконечности острова Белый.

Погода портилась, но все же можно было разглядеть, что и к северу, и к северо-западу льды становятся много тяжелее, торосистее, сплоченнее, и горизонт кажется зубчатым.

24 сентября работа на последней станции затянулась: пришлось несколько раз менять место и выбираться в полынью, где можно опускать приборы. За это время усилился северный ветер, резко похолодало.

К этому времени основное научное задание экспедиция выполнила. Необходимо было возвращаться в Архангельск за сменой научного состава и для сборов в экспедицию в Карское море. Судно находилось севернее 79° с. ш.

Для осуществления дальнейших планов запросили рацию мыса Желания о состоянии льдов. Оттуда ответили, что море чистое по всему горизонту.

Угля, воды и продуктов на «Персее» было достаточно, чтобы выполнить программу работ в Карском море. У руководства экспедиции появилось решение объединить две экспедиции в одну. На остров Белый не высаживались из-за тяжелой ледовой обстановки.

Закончив станцию и выйдя изо льдов, окружавших остров Белый, «Персей» прямым курсом пошел на мыс Желания и начал новый океанографический разрез, пересекавший совсем неисследованные воды северной части Баренцева моря. Поздно вечером 30 сентября, приближаясь к Новой Земле, «Персей» оказался среди айсбергов. Быстро темнело. Небольшой прожектор не пронизывал туман, а создавал лишь белесое пятно. Айсберги угадывались с трудом.

1 октября, удачно избежав опасности, «Персей» подошел к мысу Желания. С нетерпением ожидали непредвиденных гостей зимовщики этой далекой радиометстанции, но из-за прибоя с корабля не могли высадиться, и полярники обменялись только радиоприветствиями [Васнецов 1974].

В Карском море были повторены разрезы 1927 года: от мыса Желания на остров Белый и обратно на Маточкин Шар. Зимовщики Маточкина Шара с радостью встретили экспедицию на «Персее».

Дальнейшие исследования производились на пространстве от Гренландского моря на западе до Карского на востоке. Работы в Карском море, повторившие программу 1927 года, дали единственный сравнимый материал для суждения о его гидрологическом режиме.

Как выяснилось позже, выполняя разрез от мыса Желания на этот остров, «Персей» был в каких-то 15–20 милях от места гибели судна «Альбатрос». Будь у них радист, экипаж «Персея» мог бы оказать помощь, и не случилось бы трагической смерти Никитинского и его сотрудников Дмоховского и Иванова, замерзших на пешем пути к югу.

От Маточкиного Шара «Персей» спустился к заливу Шуберта, сделал разрез к Ямалу, а оттуда к Югорскому Шару. Вечером 9 октября были закончены океанографические исследования в Карском море, а на следующий день корабль вышел на запад проливом Югорский Шар.

16 октября «Персей» был в Мурманске. Закончилось самое длительное плавание «Персея», во время которого он прошел более 4000 миль, 350 из которых – во льдах, выполнил работы на 76 станциях и сделал 260 промеров глубин [Васнецов 1974].

Продолжение работ по программе Второго Международного полярного года в 1933 году

Научно-исследовательские суда «Персей» и «Николай Книпович» продолжали вести наблюдения по программе Второго Международного полярного года. В январе 1933 года «Персей» должен был сделать разрез от Нордкапа на мыс Южный. Многократные его повторения в различные сезоны уже дали интересные результаты.

Из группы начальников экспедиций в Москве находились только двое, трое были в море, Никитинский погиб. Из двоих один отказался, сославшись на нездоровье. Таким образом, институту пришлось выполнить свои обязательства по программе 2 МПГ [Васнецов 1974].

12 января вечером при плохой погоде отплыли из Мурманска. Ветер усилился, начало штормить даже в Кольском заливе. Вышли в открытое море. Там свирепствовал холодный встречный ветер силой 7–8 баллов, сбавлявший ход. До Нордкапа «Персей» шел четыре дня.

У Нордкапа скорость ветра в порывах достигала 11 баллов и больше. «Персея» клало и бортовой, и килевой качкой.

Ночью 16 января страшный удар, от которого содрогнулся корпус, обрушился на корабль. Машина остановилась, корабль при этом стало раскачивать еще сильнее. Оказалось, что «Персей» развернуло лагом, и крутая волна ударила его в левый борт. Через световой кап на спардеке масса воды устремилась в машинное отделение, выбила дверь и проломила стену в кают-компанию. Была сорвана гидрологическая лебедка и вырваны несколько дубовых досок ледовой обшивки корпуса. Вода затопила кают-компанию и каюту стармеха.

От сильнейшего удара были вырваны леера поручней, сорваны бочки с машинным маслом. Но самое главное, от удара подались толстые борта деревянного корпуса, противостоявшие полярным льдам, и поломалась труба насоса, выводившего за борт охлажденную воду.

Волны перекатывались через борт неуправляемого судна. Шторм не стихал. После временного ремонта «Персей» вынужден был возвращаться в Мурманск, и к вечеру 21 января он вошел в порт.

15 мая при теплой погоде «Персей» снова вернулся к мысу Нордкап. У Нордкапа Атлантическое течение прижимается к материковому склону, поэтому разрез к мысу Южному лучше всего было начать от трехмильной зоны норвежских территориальных вод.

Научно-промысловые экспедиции ГОИНа установили, что косяки тресковых рыб проходят с запада в Баренцево море, придерживаясь потоков атлантических вод и определенной глубинной зоны. Под Нордкапом, мимо которого неизбежно должны пройти эти косяки, имелись оптимальные условия. Здесь косяк сильно сплочен, а дальше на восток, в зависимости от отдельных ветвей, на которые распадается Атлантическое течение, тресковые разбредаются по различным промысловым районам. Было чрезвычайно важно именно здесь перехватить тресковое стадо и проанализировать его расовый, возрастной и прочий состав [Васнецов 1974].

«Персей» начал работу по гидрологическому разрезу на остров Медвежий по программе Международного полярного года. Экспедиция также должна была разведать положение кромки льдов в северо-западной части Баренцева моря и выяснить ледовые условия в Ис-фиорде.

19 мая «Персей» подходил к острову Медвежий. Погода испортилась, подул холодный восточный ветер, и на последних станциях удалось выполнить лишь гидрологические наблюдения.

Пришло время перегрузить уголь из трюма в угольные ямы. Укрывшись от ветра и волн под западным берегом, корабль стал на якорь, началась перегрузка.

Перед началом экспедиции на «Персей» пришло указание связываться по радио с зимовщиками, работающими по программе Международного полярного года, и в случае необходимости оказывать им возможную помощь. Связь была осуществлена. Радисту на острове Медвежий сообщили, что на корабле есть врач, и предложили забрать почту. Перегрузив уголь из трюма в угольные ямы, «Персей» перешел немного ближе к метеостанции и отдал якорь.

На острове был нужен врач. В медицинской помощи нуждался начальник зимовки, сотрудник Метеорологического института в Тромсё. Он сильно повредил ногу; рана не заживала.

На берегу острова Медвежий состоялась теплая встреча с зимовщиками, и участники морской экспедиции ознакомились с научной работой норвежцев. На острове зимовала еще и группа польских геофизиков, которые также пришли представиться.

19 мая «Персей» продолжил разрез от Медвежьего на мыс Южный, но уже в 50 милях севернее острова встретили мелкобитый лед сплоченностью 2–3 балла, который очень скоро сплотился до 6–7 баллов. Пришлось лавировать и выполнять станции, используя полыньи.

20 мая на широте 75°20' корабль вошел в крупнобитый торосистый лед с большими разводьями, позволявшими выбирать место для станций. На 75°54' с. ш. судно оказалось в 8-балльном труднопроходимом льду.

Нанесло туман, видимость совсем ухудшилась. Вдруг справа по курсу увидели стамуху, сидящую на мели. Корабль остановился. Бросили лот, и глубина оказалась всего 15 м.

Рассеявшийся туман позволил определиться – «Персей» оказался в миле от берега, среди рифов. Выбирая легкопроходимые участки, корабль неза-

метно уклонялся к востоку. Пришлось поспешно отступать в юго-западном направлении. В районе мыса Южный в это время скопился крупнобитый торосистый 9-балльный лед, сильно сжатый свежим западным ветром.

Только к утру 22 мая «Персей» вышел на чистую воду и лег курсом на Ис-фиорд. Разрез Нордкап – мыс Южный был закончен [Васнецов 1974].

Впервые выполненный в мае, этот разрез дал очень интересные гидрологические материалы. Впервые было определено генеральное направление кромки льдов в районе остров Медвежий – мыс Южный. Она простиралась с юго-юго-востока на северо-северо-запад. Отдельные языки имели направление с северо-востока на юго-запад.

Таким образом, основное задание весенней экспедиции по программе Второго Международного полярного года было выполнено уже к 22 мая.

При переходе до Ис-фиорда дули свежие западные ветры, волнение было постоянным.

В прибрежных водах Западного Шпицбергена и к северу от него «Персей» уже производил океанографические работы. Однако не было материалов, характеризующих ширину и мощность Шпицбергенской струи Атлантического течения.

Успешно выполнив очередное задание, «Персей» направился в Ис-фиорд, чтобы взять полный груз угля и воды [Васнецов 1974].

В это время советом экспедиции из 8 человек единодушно было принято решение в оставшийся запас времени провести гидрологические работы у берегов Гренландии. Не только Советский флаг, но и Российский трехцветный флаг никогда не развевался над просторами Гренландского моря.

В устье Ис-фиорда еще держалась поясина мелкобитого льда, но в Грин-Гарбуре, чтобы подойти к пристани Баренцбурга, пришлось разломать зимний лед. По установившейся традиции, в клубе организовали вечер, на котором было рассказано о работах «Персея» по программе Второго Международного полярного года.

По просьбе шахтеров и консула М.Э. Плисецкого команда «Персея» помогла поднять затонувшее во время шторма небольшое суденышко – единственное морское транспортное средство. В благодарность за помощь уголь на «Персей» отпустили бесплатно.

В Ис-фиорде команда и сотрудники готовились в поход к Гренландии. Боцман Морозов сращивал тросы для спуска приборов. На лебедках было намотано по 500–600 м троса – в Баренцевом море больше и не требовалось. В Гренландском море предстояло работать на глубинах более 2000 м [Васнецов 1974].

25 мая все было готово к походу. Утром на пристани собрались рабочие и администрация рудников – русские люди, проживающие на далекой норвежской земле, в суровой Арктике. Они пожелали экспедиции счастливого плавания и успехов в работе. Последним спрыгнул с борта «Персея» консул М.Э. Плисецкий.

Впервые советский научно-исследовательский корабль вышел к берегам Гренландии. В Гренландском море «Персею» необходимо было пересечь струю теплого Атлантического течения, определить его ширину, глубину распространения и температуру вод. Далее следовало войти во фронтальную зону, в которой это течение соприкасается с Восточно-Гренландским течением, несущим холодные воды, и паковые льды из Полярного бассейна [Васнецов 1974].

Разрез на запад решили проложить по 78-й параллели. При выходе из Ис-фиорда дул свежий ветер, поэтому у южной оконечности Земли Принца Карла «Персею» пришлось ожидать улучшения погоды.

На рассвете 26 мая ветер затих и, определившись по острову Земля Принца Карла, корабль пошел на запад. Погода благоприятствовала работам. При измерении глубины до 2000 м спуск и подъем лота продолжался более 40 минут, а на полную серию наблюдений батометрами уходило более двух часов.

27 мая подошли к кромке сплоченного крупнобитого льда, простиравшейся с юго-запада на северо-восток.

29 утром «Персей» пересек нулевой меридиан и впервые оказался в западном полушарии. Судно продолжало двигаться вдоль кромки льдов, но уже в восточно-западном направлении. На пути попадались участки льда сплоченностью до 7 баллов.

К вечеру на 78°05' с. ш. и 2°05' з. д. «Персей» вошел в крупнобитый лед необычной толщины и высотой торосов до 4–5 м. Такие тяжелые, с боль-

шой осадкой льды корабль встретил впервые. Характер льдов указывал на то, что экспедиция подошла к Восточно-Гренландскому течению – это был пак, вынесенный из Полярного бассейна. Кромка льдов поворачивала на юго-запад, и продвижение дальше к западу становилось невозможным.

Пробираясь между двух крупных льдин, «Персей» неожиданно до середины корпуса влез на выступающую подводную часть мощной льдины. Только через нескольких часов работы судну удалось сползти в полынью. В чистой воде была выполнена последняя западная станция [Васнецов 1974].

30 мая «Персей» с попутным ветром под парусами направился в Кольский залив. На протяжении 800 миль ему удавалось удерживать паруса, и 3 июня корабль прибыл в Мурманск. Всего за 23 дня экспедиция, сорок третья по счету, прошла 2000 морских миль и сделала 40 океанографических станций.

Это плавание, в особенности в Гренландском море, было интересно тем, что оно проходило в период гидрологической зимы. «Персею» удалось пересечь Шпицбергенскую ветвь Атлантического течения вплоть до зоны стыка с холодными водами Восточно-Гренландского течения, получив представление о ее мощности и температуре [Васнецов 1974].

Впервые выполненный разрез в Гренландском море вошел в историю советских океанографических исследований в Арктике. Шпицбергенская ветвь имела в это время значительно меньшую мощность, чем Нордкапская, была разделена на две струи. Максимальная температура ее не превышала 3°, и положительные температуры наблюдались только в верхних горизонтах до 500 м. Ниже глубины Гренландского моря были заполнены полярными водами с отрицательной температурой.

Воды Нордкапской ветви имели температуру до 5,2°, и она оставалась положительной по всей толще от поверхности до дна.

Осенью намечалось повторить разрез в Гренландском море и снова проникнуть к северному побережью Шпицбергена, чтобы проследить за продолжением Шпицбергенской ветви.

«Персей» перешел в Архангельск, где должен был стать на ремонт перед осенними работами. Закончился важный этап работы «Персея» по программе Второго Международного полярного года.

В длительных плаваниях на «Персее» получил начало и постепенно усовершенствовался комплексный метод океанографических исследований, основоположниками которого явились Иван Илларионович Месяцев и Лев Александрович Зенкевич. От видового изучения донной фауны перешли к количественному ее учету, что стало особенно важным при оценке кормности промысловых банок, на которых концентрировались косяки тресковых рыб. Метод количественного учета распространился потом и на изучение планктона.

Планы экспедиционных работ строились на основе тематических планов института и обеспечивали выполнение различных исследований в море. Экспедиционные программы разрабатывались очень продуманно, рассматривались и утверждались ученым советом института.

Как в гидрологических, так и в других исследованиях, в том числе в научно-промысловых, укоренилась система работ только на определенно ориентированных разрезах. Стандартные разрезы, повторявшиеся из года в год в различные сезоны, давали хороший материал для сопоставлений и об общем режиме моря.

Многолетние гидрологические исследования позволили познать режим Баренцева моря и установить схему циркуляции его вод, значительно отличающуюся от прежних.

Организация экспедиций была поставлена настолько продуманно, что при незначительных средствах, которые отпускались для этого, морской институт, до 1930 года владевший только одним судном «Персей», выполнил на северных морях огромную исследовательскую работу.

При последующем широком развертывании мореведения в нашей стране и создании исследовательских учреждений, накопленный на «Персее» опыт был всесторонне использован [Васнецов 1974].

Глава 3
История довоенной советской угледобывающей промышленности на архипелаге Шпицберген в документах государственных архивов

История изучения и освоения Россией Европейской Арктики исследуется на основе архивных документов уже достаточно давно, хотя и без привлечения их полного комплекса. Настоящие исследования имеют не только познавательное значение, характеризуемое приращением знаний (научно-исторический эффект – по типологии эффективности использования архивных документов, предложенной В.Н. Автократовым), но и направлены в какой-то мере на достижение социально-правового эффекта. Россия, и в настоящее время, и в широкой исторической перспективе, крайне заинтересованная в подтверждении своих прав и законных интересов в этом регионе, нуждается в использовании прошлого опыта по организации и управлению промышленно-хозяйственными процессами в экстремальной климатической зоне (экономический эффект). Это связано с принятием геополитических решений (стратегический эффект), основанных на полной ретроспективной информации (управленческий эффект) [Автократов 1980: 20–29]. В связи с этим Кольский научный центр РАН, проводя комплексное научное изучение экономического и социально-культурного развития Евро-Арктического Баренц-региона, нуждается в ретроспективной информации, представляющей различные объекты исследований в их историческом развитии и позволяющей объяснить более полно их современное состояние. В рамках раздела «Эпоха урбанизации: история формирования горно-промышленного района на архипелаге Шпицберген» научно-исследовательской темы «История формирования индустриальной цивилизации в Субарктике (на примере Баренц-региона в XX веке)» нами были проведены архивные разыскания, в результате которых выявлены ранее не публиковавшиеся документы по истории довоенной советской угледобывающей промышленности на архипелаге Шпицберген.

Из опубликованных источников известно, что в XIX веке все возраставшее потребление каменного угля российской промышленностью продиктовало необходимость его планомерной добычи, освоения новых месторождений. В «Докладе комиссии, избранной Отделением географии физической для разработки плана снаряжения экспедиции для исследования русских северных морей», составленном П.А. Кропоткиным в 1871 году, отмечалось, что на архипелаге Шпицберген найдены небедные залежи каменного угля. Промышленное значение такого открытия очевидно, если «принять в соображение будущее увеличение промыслов и такую важную для северных морей замену парусных судов паровыми» [Кропоткин 1871: 13]. В организации российских мероприятий конца

XIX – начала XX века по научному изучению перспективных в промышленном отношении месторождений угля на Шпицбергене и выработке дальнейших политических инициатив по вопросу правомочности присутствия России на архипелаге приняло активное участие Министерство иностранных дел (Второй департамент). В решении вопросов, связанных с зарождением угледобывающей отрасли на архипелаге в начале XX века, немалая роль отводилась Особому совещанию для обсуждения и объединения мероприятий по обеспечению топливом путей сообщения, государственных и общественных учреждений и предприятий, работающих для целей государственной обороны или имеющих особо важное значение, при Министерстве торговли и промышленности (1915–1917; с 1917 по 1918 год – Особое совещание по топливу при Временном правительстве (ОСОТОП) [Зайцев 1917].

Но полномасштабное промышленное освоение угольных месторождений Шпицбергена проводится уже в рамках советской экономики. Поэтому наибольшее внимание в процессе выявления возможных учреждений (организаций) предприятий-фондообразователей по интересующей теме нами было уделено истории советских госучреждений, представлявших органы управления народным хозяйством, в том числе промышленностью и транспортом, а также непосредственно угледобывающих советских предприятий Шпицбергена.

В годы первой пятилетки в освоении ресурсного потенциала Европейского Севера участвовали Наркоматы тяжелой, легкой, пищевой промышленности, Наркомлес, Наркомснаб, Наркомвод, Наркомат внутренних дел, десятки государственных организаций. Постановлением № 836 СНК СССР от 7 октября 1931 года [ГА МО. Ф. Р-162. Оп. 1. Д. 381. Л. 7] был утвержден устав Государственного треста по добыче и сбыту угля и других ископаемых на островах и побережье Северного Полярного моря «Арктикуголь», а с принятием постановления Президиума ВСНХ СССР № 707 от 12 октября 1931 года, согласно уставу, произошла окончательная организация треста «Арктикуголь». Его возглавил Л.К. Лихтерман [ГА МО. Ф. Р-162. Оп. 1. Д. 381. Л. 8].

Декретом № 1606 и постановлением СНК СССР № 1873 от 17 декабря 1932 года было учреждено Главное управление Северного морского пути (Главсевморпуть, или ГУСМП), перед которым были поставлены задачи: проложить окончательно морской путь от Белого моря до Берингова пролива, оборудовать этот путь, держать его в исправном состоянии и обеспечить безопасность плавания по этому пути [Белов 1969: 96].

Во исполнение постановления СНК СССР и ЦК ВКП(б) о мероприятиях по развитию Северного морского пути, о расширении функции ГУСМП при СНК СССР трест «Арктикуголь» в конце 1934 года был полностью передан Главсевморпути [РГАЭ. Ф. 9570, Оп. 2, Т. 1, Д. 14, Л. 79–82].

Система Главсевморпути просуществовала как единая, комплексная универсальная организация пять лет. Затем от универсальности главка отказались – ГУСМП получило право существовать как транспортный комплексный специализированный главк, в задачу которого входили прежде всего освоение морских и речных путей Арктики и развитие научных исследований. Из промышленных предприятий в ведении ГУСМП остались только те предприятия, которые были необходимы развивающимся видам транспорта, в том числе – копи Шпицбергена.

Основными фондообразователями по теме «История довоенной советской угольной промышленности на архипелаге Шпицберген» следует считать:

1. Особое совещание для обсуждения и объединения мероприятий по обеспечению топливом путей сообщения, государственных и общественных учреждений и предприятий, работающих для целей государственной обороны или имеющих особо важное значение, при Министерстве торговли и промышленности (1915–1917, с 1917 по 1918 год – Особое совещание по топливу при Временном правительстве (ОСОТОП)).

2. Высший совет народного хозяйства (ВСНХ) РСФСР, который уже в первые месяцы 1918 года располагал отделом топлива, горной промышленности; Главтоп ВСНХ РСФСР – Главуголь.

3. Совет рабочей и крестьянской обороны, реорганизованный в 1920 году в Совет труда обороны (СТО) РСФСР, а с созданием СССР – в Совет труда и обороны (СТО СССР).

4. Объединение «Союзуголь», разукрупненное на объединения «Уголь» и «Востокуголь».

5. Главуголь Наркомтяжпрома СССР.

6. Наркомат топливной промышленности (общесоюзный), разделенный на два самостоятельных общесоюзных наркомата – Наркомат угольной промышленности и Наркомат нефтяной промышленности.

7. Главное управление Северного морского пути (ГУСМП) при СНК СССР.

8. Государственный трест «Арктикуголь» (правопреемник треста «Северолес»).

Изучив опубликованные источники, мы получили представление о структуре и методах функционирования предполагаемых фондообразователей, о причинах возникновения информации, закрепленной в документах фондов государственных архивов. В процессе жизнедеятельности предполагаемых фондообразователей неизбежно должны были сформироваться делопроизводственные комплексы документов: организационно-распорядительная документация (ОРД); плановая (в широком смысле слова) документация; отчетная (также в широком смысле: обзорная, аналитическая, информационная) документация. И эти комплексы, несомненно, должны были сложиться из следующих видов документов: приказов, распоряжений, постановлений, протоколов, планов, отчетов, основных задач, контрольных цифр, актов, справок, докладных записок, докладов, разного рода переписки.

Изучение научно-справочных аппаратов Российского государственного архива экономики (РГАЭ) и Государственного архива Мурманской области (ГА МО) позволило выделить фонды, которые представляют собой информационные комплексы, появившиеся в результате деятельности определенных фондообразователей.

Почти все обнаруженные в процессе исследования документы являлись во время своего оперативного бытования информационной основой управления деятельностью учреждений, предприятий, обеспечивавших организацию и производственный цикл доминирующей отрасли промышленности на архипелаге Шпицберген в рассматриваемый период, а попав на государственное хранение в архивы, были систематизированы в соответствии с тем, какое место занимал тот или иной документ и какое значение он имел, когда выполнял свои первоначальные функции. Организационно-распорядительные функции присущи каждому аппарату управления; документы, с помощью которых они осуществляются (протоколы, постановления, решения, иные распорядительные документы), наряду с планами и отчетами, разного рода перепиской, не только предоставляют фактический материал для исследователя, но и позволяют проследить микроисторию задокументированных фактов.

Документы, которые представлены в этой главе, хранятся в фонде № 7566 «Главное управление угольной и сланцевой промышленности (Главуголь) Наркомтяжпрома СССР. 1933–1939 гг.» РГАЭ и в фонде № 162-Р «Мурманский окружной Совет рабочих, крестьянских, красноармейских и рыбацких депутатов и его исполнительный комитет Мурманского округа Ленинградской области. 1926–1938 гг.» ГА МО и хронологически охватывают сложный и противоречивый период становления советской угледобывающей отрасли на архипелаге Шпицберген в годы первых пятилеток, а именно с 1931 по 1934 год.

Историческая справка к фонду № 7566 РГАЭ, составленная начальником Центрального архива Минуглепрома И. Журавлевым 25 ноября 1955 года, содержит сведения о том, что в целях усиления и концентрации хозяйственного руководства на основании постановления СНК СССР от 10 января 1932 года приказом по Наркомтяжпрому № 1 от 10 января 1932 года Высший совет народного хозяйства был преобразован в Общесоюзный наркомат тяжелой промышленности СССР.

Для усиления хозяйственного и технического руководства отдельными отраслями топливной промышленности приказом по Наркомтяжпрому от 4 апреля 1933 года за № 329 Главное топливное управление «Главтоп» претерпело разукрупнение на Главное управление по углю и сланцам «Главуголь» и Главное управление по нефти «Главнефть».

Согласно Указу Президиума Верховного Совета СССР от 24 января 1939 года Народный комиссариат тяжелой промышленности СССР был разделен на 6 комиссариатов, в число которых вошел и Народный комиссариат топливной

промышленности СССР – «Наркомтоп», объединивший предприятия угольной промышленности – Главуголь, предприятия сланцевой промышленности – Главсланец и т. д.

Для управления предприятиями топливной промышленности, согласно утвержденному Положению о Наркомтопе № 1047 от 14 июля 1939 года, была организована следующая структура главных управлений: 1) Главное управление Донбасса и Кавказа; 2) Главное управление Центра и Урала; 3) Главное управление Востока; 4) Уполномоченный НКТП по углю на Дальнем Востоке; 5) Уполномоченный НКТП по углю в Средней Азии.

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 12 октября 1939 года Народный комиссариат угольной промышленности подвергся разделению на наркоматы нефтяной промышленности и угольной. В ведении последнего находились предприятия угольной и сланцевой промышленности, подземной газификации; заводы угольного машиностроения. Новая организационная структура Наркомугля была утверждена приказом Наркома № 115 от 27 мая 1940 года, во исполнение которого были ликвидированы Главуголь Донбасса и Кавказа; Главуголь Центра и Урала; Главуголь Востока; Главуголь Подмосковного бассейна; Комбинат Средазуголь; Отчетно-экономический сектор и жилищный отдел.

Просмотрев 3 части описи № 1 фонда № 7566 на 4593 единицы хранения, мы выявили 29 дел по теме, из которых 13 содержат документы, представленные в данной главе.

В состав фонда ГА МО № 162-Р «Мурманский окружной Совет рабочих, крестьянских, красноармейских и рыбацких депутатов и его исполнительный комитет Мурманского округа Ленинградской области. 1926–1938 гг.» (опись 1) входит дело 381 «Постановление Совнаркома СССР от 7 октября 1931 г. об организации государственного треста по добыче и сбыту угля “Арктикуголь”. Устав треста “Арктикуголь”. 7 октября 1931 г. – 31 декабря 1931 г.» на 14 л., которое, кроме вынесенных в заголовок, содержит не менее ценные документы: переписку Мурманского окрисполкома с ВСНХ СССР и с трестом «Арктикуголь»; копию постановления Президиума ВСНХ СССР № 707 об организации Государственного треста «Арктикуголь». Материалы этого дела цитируются и анализируются в данной публикации.

Как известно, первым успешным практическим мероприятием, предпринятым Россией по обеспечению правомочности своего присутствия на арктическом архипелаге Шпицберген, была экспедиция В.А. Русанова 1912 года. За полтора месяца работы экспедицией было обследовано в геологическом отношении около 1000 км побережья, составлена карта каменноугольных месторождений, на которой обозначено местоположение остолбленных экспедицией участков и поставленных 28 заявок [Русанов 1945: 298–301]. В 1913 году экспедиция под руководством Р.Л. Самойловича, предпринятая по заданию организованного группой петербургских и архангельских коммерсантов товарищества на вере торгового дома «Грумант. А.Г. Агафелов и К°», произвела детальную геологическую разведку этого района и вывезла образцы угля в Санкт-Петербург [Самойлович 1927: 25–26]. Запасы угля в пределах заявки торгового дома «Грумант», по подсчетам тех лет, составляли 4,2 млрд пудов. Возможность снабжения железнодорожной сети и обрабатывающей промышленности Российского Севера твердым минеральным топливом «русского происхождения» вместо английского сулила очевидные экономические и политические выгоды. Практически вопрос о разработке шпицбергенского угля на русских предприятиях стал приближаться к осуществлению благодаря тому, что вопросом этим занялось Особое совещание по топливу [Зайцев 1917: 23]. События Февральской революции затмили важность решения этого вопроса. В 1919 году группа русских предпринимателей (часть из которых позже эмигрировала в Англию) начала эксплуатацию месторождений в заливе Колсбэй. В связи с острой нехваткой топлива в Советской России в 1920 году предпринимались попытки организовать получение шпицбергенского угля. В 1923 году была образована смешанная компания «Англо-русский Грумант» («Anglo-Russian Grumant C°, Ltd»). В 1924–1925 годах значительную часть ее акций вместе с двумя участками на восточном побережье Шпицбергена приобрел советский государственный трест «Северолес», нуждавшийся в угле для Мурманска и Архангельска [Самойлович 1927: 32]. После установления дипломатических

отношений между СССР и Норвегией в 1924 году российские экономические интересы на архипелаге были оговорены особым соглашением [Пасецкий 1964: 78]. В 1925 году научно-исследовательское судно «Персей» доставило на Шпицберген первую советскую геологоразведочную партию. В апреле того же года профессор А.Н. Сидоров докладывал о ситуации, сложившейся со шпицбергенским углем на Первом всесоюзном горном научно-техническом съезде, в резолюции которого было отмечено: 1) угольная секция считает, что шпицбергенский уголь имеет особо важное значение для северо-западной области СССР и может освободить зависимость СССР от английского угля; 2) необходимо развить русское каменноугольное предприятие на Шпицбергене ускоренным темпом, чтобы в ближайшее время можно было добывать не менее 30 млн пудов в год [Ададуров 1927: 87].

В 1926 году в результате урегулирования взаимных претензий со шведскими владельцами трест «Северолес» стал владельцем участка Пирамида взамен двух ранее приобретенных участков [Печуров 1983: 92]. Летом 1927 года на Шпицберген была направлена геологическая экспедиция во главе с С.В. Обручевым. В 1928 году Советский Союз приступил к осуществлению первого пятилетнего плана, предусматривавшего масштабное промышленное освоение Европейского Севера СССР, где нехватка топлива ощущалась особенно остро. Значительную часть потребностей в топливе можно было покрыть, как полагали в то время многие специалисты, поставками угля со шпицбергенских рудников [Лангман 1928: 12].

В 1931 году «Северолес» приобрел оставшуюся часть акций компании «Англо-русский Грумант», став единоличным владельцем участка, шахты и поселка Грумант [Белов 1959: 324].

В этом же году все имущество, права и обязательства Советского Союза на Шпицбергене были переданы вновь организованному по Постановлению СНК СССР № 836 от 7 октября 1931 года «государственному тресту по добыче и сбыту угля и других ископаемых на островах и на побережье Северного Полярного моря «Арктикуголь»» [ГА МО. Ф. Р-162. Оп. 1. Д. 381. Л. 7].

О крайней заинтересованности в 1930-е годы Мурманского округа в шпицбергенском угле свидетельствует письмо в Особую группу ВСНХ СССР исх. № 96/с от 25 октября 1931 года с грифом «Срочно-Секретно» за подписью председателя Мурманского окрисполкома Зингиса и секретаря Дружинина: «Развитие народного хозяйства Мурманского округа на базе неисчерпаемых ресурсов Баренцева моря и горных ископаемых богатств Кольского полуострова – развитие рыбной добывающей (на 1937 г. – 600 траулеров) и обрабатывающей (1400 тыс. т рыбы-сырца) – рыбной промышленности, йодного и водорослевообрабатывающего производства, горнодобывающей апатитовой (добыча 6000 тыс. т апатитовой руды) и горно-химической промышленности, алюминиевого производства (1937 г. – 160 тыс. т окиси алюминия), производство фосфорной кислоты (100 тыс. т), термофосфатов и суперфосфатов, развитие мощной металлургии (в 1937 г. – 300 тыс. т выплавки), близ Мурманска на базе Кольских руд магнитного железняка, и магнетитовых руд Мончетундры и Волчьей тундры, добыча высокоценных металлов и редких элементов (молибден, цирконий, рений), рост грузооборота Мурманского порта (в 1937 г. – 7700 тыс. т против 1000 тыс. т в 1931 г.) и пр., и связанное с развертыванием указанных отраслей развитие городов Мурманска и Хибиногорска со значительным теплофикационным хозяйством, – вызывают огромный рост потребности в высококалорийном топливе.

Потребность округа, в частности, в каменном угле (по учтенным потребителям) в переводе на условное топливо (7000 калорий) на ближайшие годы выражается по предварительным подсчетам в следующих цифрах (в тыс. т) <см. *табл. 1 – О.Ш.*>.

Топливные же ресурсы Мурманского округа представлены низко калорийными видами – дровами и торфом, к тому же имеющимися в ограниченных размерах и в большей части неудобными для эксплуатации.

Доставка каменного угля в Мурманский округ из Донецкого бассейна (не говоря уже о балансе потребления продукции данного района) железнодорожным путем представляется крайне затруднительной, ввиду перегруженности Мурм[анской] ж[елезной] д[ороги] по направлению к Мурманску. Доставка водным путем связана с двойной перегрузкой, с большим фрахтом.

<Таблица 1. – О.Ш.>

	1932 г.	1933 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.
По г. Мурманску, в т. ч. по металлургическому производству	291,5 –	455 –	674 100	950 250	1300 350	1300 450
По Хибиногорску и периферии, в т. ч. по алюминиевому производству	205 –	480 180	670 270	850 450	900 450	1220 710
ИТОГО	496,5	1035 (935)	1344	1800	2030	2520

<...> Вследствие этого, до сих пор Мурманск потреблял, главным образом, импортное топливо. Сохранение такого положения в дальнейшем при огромном росте потребности недопустимо. Импортный уголь будет ложится слишком большим накладным расходом на развивающееся хозяйство округа. Поэтому единственным выходом для округа при разрешений топливной проблемы является снабжение из Северных месторождений, а именно, – Шпицбергенских и Печорских углей. <...> Намечаемая на 1932 г. добыча Печорского угля в размере 500 тыс. т пойдет исключительно для удовлетворения нужд Северного Края, и Мурманскому округу ни одной тонны продукции выделено быть не может. <...> Относительно Шпицбергенских углей – ни от одного из запрошенных органов никаких сообщений не получено. Между тем нам уже сейчас совершенно необходимо иметь определенный ответ в этом отношении, чтобы знать на каких видах топлива проектировать намечаемые производства и теплоэлектрические установки. <...> (23 октября с. г.) нам стало известно, что вопрос о разработке СССР Шпицбергенских углей решен утвердительно, и уже в будущем году можно ожидать значительной добычи.

<...> Придавая этому обстоятельству исключительно важное значение, с точки зрения, разрешения важнейшей проблемы народно-хозяйственного развития Кольского полуострова, Мурманский Окрисполком просит Вас по возможности срочно сообщить следующие сведения: 1. Площадь разрабатываемых СССР на Шпицбергене участков, их общая мощность и мощность отдельных видов <...>. 2. Качественная характеристика Шпицбергенских углей <...>. 3. Предполагаемые размеры добычи угля по 1932–1937 гг. 4. Ориентировочная стоимость тонны угля франко-борт парохода и франко-Мурманск. 5. Возможность удовлетворения Мурманского округа за счет добычи из указанных месторождений. 6. Общий баланс потребления намечаемой добычи.

<...> Для Мурманского округа снабжение за счет Шпицбергенских углей представляется экономически предпочтительнее, чем из Печорских месторождений (меньший фрахт, отсутствие двойной перевалки, более высокое качество).

<...> Поэтому, Мурманский Окрисполком настоятельно просит Вас включить Мурманский округ первоочередным и основным потребителем Шпицбергенских углей, предусмотрев уже в 1932 г. отправку угля в Мурманск, в размере приведенной выше потребности» [ГА МО. Ф. Р-162. Оп. 1. Д. 381. Л. 1–3].

В ответ на запрос Мурманского окрисполкома управляющий трестом «Арктикуголь» Лазарь Константинович Лихтерман в письме с грифом «Не подлежит оглашению» № 3908/12 от 7 декабря 1931 года сообщает, что «начало деятельности треста и, следовательно, организационный период, в котором находится Трест в настоящий момент, не позволяют нам дать Вам исчерпывающий ответ на все поставленные Вами вопросы. <...> В настоящее время на острове работает геологоразведочная партия, которая и даст свои выводы по видимому к маю-июню 1932 г. <...> Добыча уже началась, размер еще не установлен. Ныне работает на острове наша комиссия и по окончании ее работ, приблизительно к концу января, мы сумеем Вам ответить и по существу программы 1932 г. <...> Посылаем Вам копии анализов углей» [ГА МО. Ф. Р-162. Оп. 1. Д. 381. Л. 5].

В этом же письме Л.К. Лихтерман ставит Мурманский окрисполком в известность о том, что «Трест предполагает организовать в Мурманске базу с представительством и весной 1932 г. первые рейсы пароходов на Шпицберген организовать

Не подлежит оглашению.

СССР
ВЫСШИЙ СОВЕТ
НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

"АРКТИКУГОЛЬ"
МОСКВА, Г.С.П.5.
Площадь им. Ногина, Деловой Двор.
Для телеграмм: Москва вснх
Тел для телефонограмм... № 3-88-07
" " Справок № 1-02-00
доб. Справочное Бюро
" исполнителя №

По вопросу.

7 Декабря 1931 г. № 3908/12
При ответе обязательно сослаться на этот номер и дату.

ПРЕДСЕДАТЕЛЮ МУРМАНСКОГО
ОКРИСПОЛКОМА

На В/№ 96/с. от 1931 г

Начало деятельности треста и следовательно организационный период, в котором находится Трес в настоящий момент, не позволяют нам дать Вам исчерпывающий ответ на все поставленные Вами вопросы.

По первому вопросу. В настоящее время на острове работает геолого-разведочная партия, которая и даст свои выводы повидимому к маю-июню 193
Что же касается добычи - можно сообщить, что добыча уже началась, размер еще не установлен. Ныне работает на острове наша комиссия и по окончании ее работ, приблизительно к концу января, мы сумее Вам ответить и по существу программы 32 года, а также и на 3.4,5 и 6 вопросы.

По второму вопросу - посылаем Вам Копии анализов углей.

Наш Трест предполагает организовать в Мурман ке базу с представительством и весной 1932 г. пе вые рейсы пароходов на Шпицберген организовать из Мурманска.

Мы были бы Вам чрезвычайно признательны, если бы Вы могли нам сообщить в порядке предварительны о возможности аренды складочных помещений для пр довольственных грузов и для промышленного оборудования размером до 6.000 тонн и небольшое помеще ние для конторы и жилья в 3-4 комнаты.

от 41-

По получении от Вас ответа нами будут командированы наши представители для детального ознакомления и организации базы.

Ответ просим дать возможно краткий срок, т.к. в конце декабря, или начале января, в Мурманск пр будут с отстрова Шпицберген пароход "Бухарин" и ледокол "Сибиряков", с которых мы имеем снять нек торые грузы.

УПРАВЛЯЮЩИЙ ТРЕСТОМ Лихтерман

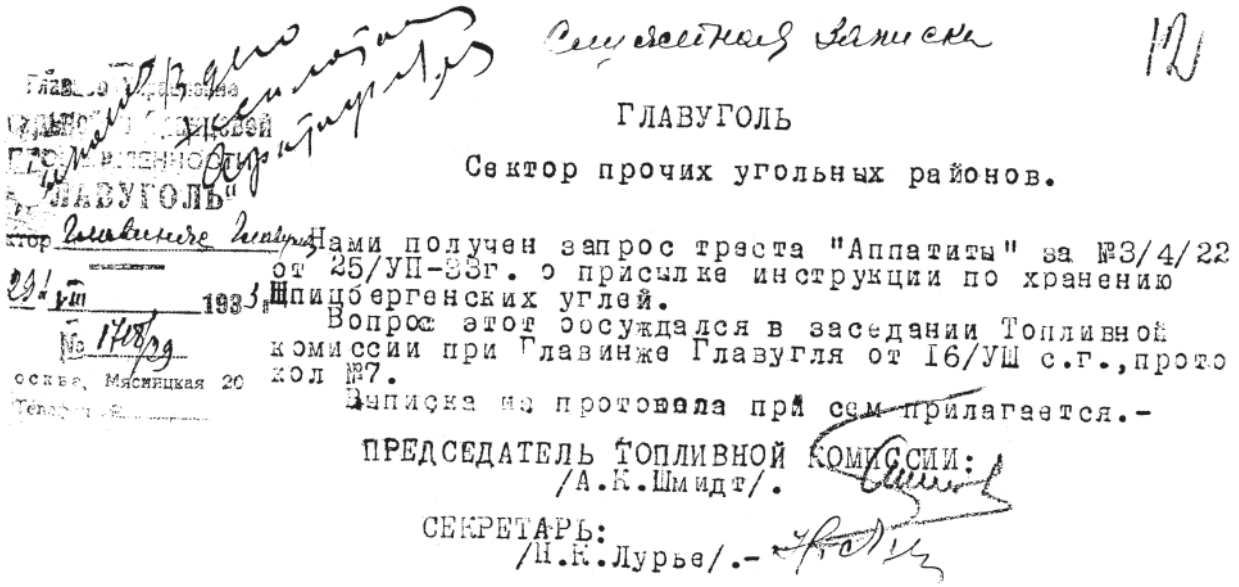
Прил. 1. ГА МО. Ф. Р-162. Оп. 1. Д. 381. Л. 5

из Мурманска» [ГА МО. Ф. Р-162. Оп. 1. Д. 381. Л. 5].

Интересно, что среди документов фонда № 7566 РГАЭ есть служебная записка председателя топливной комиссии А.К. Шмидта № 1718/29 в Сектор прочих угольных районов Главугля, датированная 29 августом 1933 года, где сообщается о получении запроса из треста «Апатиты» за № 3/4/22 от 25 июля 1933 года «о присылке инструкции по хранению Шпицбергенских углей» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 157. Л. 12] и выписка из протокола № 7 заседания Топливной комиссии при Главинже Главугля 16 августа 1933 года с постановлением «не давать инструкции без экспериментальных данных <...> из-за специфичности условий хранения углей в Хибиногорске» и рекомендацией Главуглю провести опыты по хранению углей в штабелях на Шпицбергене, подписанная тем же А.К. Шмидтом [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 157. Л. 13].

Эти документы позволяют сделать вывод о том, что летом 1933 года промышленные предприятия Мурманского округа уже снабжались шпицбергенским углем.

А в деле № 36 описи № 1 указанного фонда содержится пятилетний план развития угольной промышленности на побережье и островах Северного Ледовитого океана с обоснованием «потребности Северных районов в угле по пятилетнему плану 1932–1937 гг.». В этом документе отмечено, что «приступая к разработке второго пятилетнего плана по угольным месторождениям на острове Шпицбергена и по Печорскому бассейну, имелось в виду, что по существу указанный план для упомянутых разработок является первой пятилеткой, т.к. до последнего времени вопрос о разработке углей в условиях Арктики и в Печорском бассейне оставался неразрешенной проблемой и лишь в 1932 г. разработка углей на острове Шпицберген вступила в промышленную эксплуатацию <...> Запроектированная на 1937 г. добыча угля по указанным разработкам в размере 5330 тыс. т, хотя и составляет по сравнению с общим планом всей угольной промышленности Союза весьма небольшую величину, но, являясь вместе с тем продукцией новых до сего времени не эксплуатированных угольных разработок, расположенных в районах, впервые вовлекаемых в угольную промышленность, эта продукция заслуживает быть отмеченной в плане второго пятилетия по угольной промышленности Союза» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 36. Л. 2].



Служебная записка

ГЛАВУГОЛЬ

Сектор прочих угольных районов.

Нами получен запрос треста "Аппатиты" за №3/4/22 от 25/УП-33г. о присылке инструкции по хранению Шпицбергенских углей.

Вопрос этот обсуждался в заседании Топливной комиссии при Главинже Главугля от 16/УШ с.г., протокол №7.

Выписка из протокола при сем прилагается.-

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ ТОПЛИВНОЙ КОМИССИИ:
/А.К.Шмидт/.

СЕКРЕТАРЬ:
/Н.К.Лурье/.-

Прил. 2. РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 157. Л. 12

Далее в документе сказано, что «по указанным причинам для разработок Шпицбергена <...> вопрос о районах сбыта добываемой продукции, о емкости тяготеющих к ним рынков, о конкретных потребителях угля является вопросом новым, не получившим необходимого разрешения, и приводимые данные являются предварительными и ориентировочными, требующими дальнейшего уточнения и дополнения». А что касается районов возможного потребления угля, добываемого на Шпицбергене, а также назначения этих углей, то они «обуславливаются двумя моментами – географическим расположением угольных разработок и качеством добываемых углей. Географическое расположение угольных разработок <...> на о. Шпицбергене <...> характеризуется чрезвычайной отдаленностью указанных разработок от железнодорожных магистралей и морских портов, являющихся потребителями топлива. Транспортировка углей, добываемых на Шпицбергене, происходит исключительно морским путем через ближайший Мурманский порт, или более отдаленный Архангельский порт. Расстояние с о. Шпицбергена до Мурманского порта определяется в 1300 км и до Архангельского порта – 2000 км. Таким образом, по условиям транспортировки <...> шпицбергенские <...> угли имеют тяготение к северным портам и имеют своим ближайшим назначением обслуживание промышленности, железнодорожного и водного транспорта Северных районов <...> шпицбергенские угли относятся к углям высокого качества, имеют теплотворную способность 7000–7700 калорий и являются коксующими углями <...> вполне пригодными для морского и железнодорожного транспорта, для технологических целей промышленности и низшие сорта угля могут быть использованы для топок на теплоцентралях».

Как следует из текста документа, «исходя из указанных установок, определяющих возможные районы потребления угля и его промышленное и транспортное значение, были приняты меры к выявлению потребителей указанных углей по Мурманскому округу, Карельской АССР и Северному краю. В районе, тяготеющем к Мурманскому порту, были выявлены следующие основные потребители угля – порт, железная дорога, Севгосрыбтрест, металлургическая и химическая промышленность. Развитие народного хозяйства Мурманского округа на базе горных ископаемых богатств Кольского полуострова, неисчерпаемых ресурсов Баренцева моря, а также возрастающий грузооборот Мурманского порта и жел[езной] дороги выявляют большую потребность в каменном угле. Развитие горнодобывающей апатитовой промышленности, горно-химической и металлургической промышленности, а также рыбной добывающей промышленности определяет потребность в угле Мурманского округа в размере порядка 500 тыс. т в 1933 г. и порядка 2000 тыс. т в 1937 г.

По отдельным отраслям эта потребность определяется следующими цифрами <см. *табл. 2. – О.Ш.*>.

<Таблица 2. – О.Ш.>

	1933 г.	**1937 г.**
Севгосрыбтрест	275 тыс. т	790 тыс. т
Кольский металлокомбинат	150 тыс. т	550 тыс. т
Северная химическая промышленность (Хибиногорск и Кандалакша)	70 тыс. т	500 тыс. т
Мурманская ТЭЦ	–	50 тыс. т
Промышленность г. Мурманска	50 тыс. т	200 тыс. т
	545 тыс. т	2090 тыс. т

Потребность Мурманской жел[езной] дороги на участке Кемь-Мурманск определяется для 1933 г. в 100 тыс. т и для 1937 г. в 200 тыс. т. Причем указанная потребность составляет около 25% от всего потребного жел[езной] дороге топлива, затем Шпицбергенский уголь может быть использован для снабжения иностранных судов, идущих за лесом в Архангельск и другие порты Белого моря, а также заходящих в Мурманский порт.

До настоящего времени иностранные суда, идущие в наши северные порты, бункеруются углем в соседних портах Норвегии. Возможность организации в одном из пунктов Мурманского побережья (Кильдин и Александровск), прилегающем к Кольскому заливу базы вполне удобной для бункеровки иностранных судов, делают сбыт угля для бункеровки иностранных судов вполне реальной. Ориентировочно потребность в бункерном угле, при условии снабжения лишь 50% иностранных

судов, определяется для 1933 г. в 150 тыс. т и 1937 г. – 500 тыс. т.

Подводя итоги общей потребности Мурманского района в угле, будем иметь следующие цифры <см. *табл. 3. – О.Ш.*>.

<Таблица 3. – О.Ш.>

	1932 г.	**1937 г.**
Промышленность	545 тыс. т	2090 тыс. т
Водный транспорт	150 тыс. т	500 тыс. т
Жел.дорож.транспорт	100 тыс. т	200 тыс. т
Итого	795 тыс. т	2790 тыс. т

При разрешении вопроса об источниках покрытия указанной потребности Мурманского района в угле должно быть принято во внимание, что топливные ресурсы Мурманского округа представлены низкокалорийными видами <...> Мурманск потреблял главным образом импортное топливо. Сохранение такого положения в дальнейшем, при огромном росте потребности в угле Мурманского округа является экономически нецелесообразным. Поэтому единственным выходом для Мурманского округа при разрешении топливной проблемы является снабжение из северных месторождений, а именно – шпицбергенских <...> углей» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 36. Л. 2–7].

В 1932 году назрел вопрос о приобретении еще одного, более крупного угольного предприятия на архипелаге Шпицберген для удовлетворения все возраставшего спроса на уголь в северных районах. В обосновании необходимости покупки «Голландской угольной концессии " Грингарбур" на острове Шпицбергене», представленном в ЦК ВКП(б) за подписью народного комиссара тяжелой промышленности СССР Орджоникидзе, сообщается, что «покрытие потребностей <Севера в угле. – *О.Ш.*> за счет Шпицбергена пока выражается в очень небольшой степени, ибо существующий на острове Советский угольный рудник "Грумант-Сити" маломощен и в 1932 г. может дать 50–60 тыс. т угля. Максимальная его добыча может быть доведена до 100 тыс. т при соответствующих капиталовложениях, причем вывоз этого количества угля представит большие затруднения из-за сложности организации погрузочно-разгрузочных работ на открытом, не защищенном от штормов, берегу <...>. Дальнейшая реконструкция рудника и доведение его до мощности в 500 тыс. т, потребует дополнительных изыскательских работ, проектирования, капиталовложений порядка 20–25 млн руб. и затраты времени 2–3 года <...>. Затраты валюты на импорт угля в 1931 г. достигли 1100 тыс. руб., а если к этому прибавить расходы Экспортлеса на бункерный уголь, которые выражаются также в сумме около 1 млн руб., то чрезвычайно нежелательно еще больше увеличивать валютные расходы на уголь. Указанные фактические расходы в 1931 г. покрывали только часть потребностей в угле, т. е. около 200 тыс. т. Итак, удовлетворение потребности севера за счет местных углей или с советского рудника на Шпицбергене покрываются в очень малой степени – около 10%» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 146. Л. 2 об.].

В 1931 году комиссией во главе с членом Президиума ВСНХ СССР Сушковым, командированной на архипелаг в связи с поступившим от Нидерландской шпицбергенской компании («N.V. Nederlandsche Spitsbergen Compagnie», или «Неспико») в ВСНХ СССР предложением приобрести у нее угольную концессию Грин-Гарбур на Шпицбергене, для осмотра указанной концессии, было установлено следующее: «Голландское Акц[ионерное] Общество владеет на Шпицбергене угольной концессией Грин-Гарбур площадью 56,3 км^2, на которой до конца 1926 г. велась разработка угля. С конца же 1926 г. предприятие находится на консервации, так как Компания обанкротилась и не смогла довести монтаж оборудования до конца. Кроме этого участка, Концессии принадлежит заявка и на другой участок площадью в 68,4 км^2, расположенный на северном берегу Айс-фиорда» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 146. Л. 3].

Запасы угля Грин-Гарбура голландская фирма определяла в 750 млн т. Подтвердить эти данные комиссия не смогла, «так как для этого пришлось бы прибегнуть к глубокому бурению, что потребовало бы значительного времени. Однако в порядке экспортной оценки и тщательного осмотра рудника Комиссия, с участием администрации нашего рудника Грумант», определила запасы угля «минимум в 46 млн тонн, чего при годовой добыче

<Таблица 4. – О.Ш.>

Показатели	Голландский рудник Грин-Гарбур по инж. Бермес.		Анализ 8-ми проб Гр.-Гарбура в Тепл.-техн. ин-те в 1931 г.	Советск. рудник Грумант-Сити по данным Экспед. в 1928 г.	Донецкий уголь марк. ПЖ по данным Тепло-тех. ин-та
	Нижний пласт	Верхний пласт			
Теплотворность в калориях полн.	7741	7825	–	–	71,85
Теплот. рабоч.	7443	7538	7134–7466	7400	6930
Влажность в %	1,48	0,87	1,47–2,06	1	3,0
Золы	7,68	7,45	8,81–10,75	8,96	13,5

в 500 тыс. тонн хватит на 90 лет» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 146. Л. 3].

Сославшись на анализ углей обоих пластов голландской концессии, произведенный инженером Бермесом, комиссия сделала вывод о том, что «уголь можно отнести к лучшим углям с высокой теплотворной способностью. Этот уголь по своему качеству не ниже качества углей нашего рудника Грумант и выше донецких углей, что подтверждается следующими данными об анализе углей <см. *табл. 4. – О.Ш.*>.» [РГАЭ. Ф. 7566, Оп. 1, Д. 146, Л. 3].

Далее в документе отмечается, что «особую ценность рудника представляют поверхностные сооружения. Начиная с устья штольни до самого парохода, все погрузочные приспособления механизированы на 100%. Имеется построенная по последнему слову техники сортировка, куда уголь подается автоматически. Погрузочные приспособления устроены таким образом, что в случае отсутствия парохода уголь подается на специально оборудованный угольный склад, откуда уголь может быть подан по конвейерам на пароход. Скорость погрузки доходит до 500 т в час. Для обслуживания всех механизмов имеется новая паровая электростанция на 1300 квт. Кроме того, имеется резервная дизельная установка из 3 дизелей мощностью в 800 лош. сил» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 146. Л. 3 об.].

Как недостаток комиссией был отмечен тот факт, что «поверхностные сооружения для пуска в эксплуатацию требуют частичной достройки, каковая потребует около 3–4 месяцев, что фирма гарантирует своим техническим руководством. Помимо этих новых погрузочных приспособлений, имеется второй параллельный ряд погрузочных приспособлений, на которых фирма работала прежде, и которые могут быть пущены в эксплуатацию в любой момент» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 146. Л. 4].

Что касается непосредственно добычи угля, то комиссия установила: «Разработка месторождения ведется двумя штольнями. Одна из них старая, длиною 190 метров, последнее время в эксплуатации не находилась. Вторая – новая штольня, протяжением в 600 м, из коих на 500 м штольня стоит в крепких породах, совершенно без креплений. Под землей имеется электровоз и 3 врубовых машины. Годовая добыча голландцами определяется в 360 тыс. т. В дальнейшем производительность рудника может быть доведена до 600 тыс. т при некоторых дополнительных расходах на расширение. Поверхностное же оборудование рассчитано на еще большую мощность».

Комиссия посчитала, что себестоимость угля на Грин-Гарбуре, включая и расходы по погрузке на пароход, «будет намного ниже себестоимости угля нашего рудника Грумант, ввиду механизации производства, транспорта и погрузки».

Как благоприятные комиссией были отмечены следующие факторы: расположение концессии в гавани, «полностью защищенной от штормов и позволяющей входить в нее большим морским пароходам, так что погрузка угля возможна во все время навигации», и то, что «рудник имеет колонию, содержащуюся в порядке и вполне пригодную для размещения 700–800 рабочих. Имеется хорошая столовая, больница, театр-клуб, складские здания – все это готово к немедленному использованию» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 146. Л. 4].

На момент работы комиссии на архипелаге, после проведенной переоценки имущество рудника оценивалось в 2,3 млн руб. При переоценке из баланса были исключены стоимость самих залежей и организационные расходы; кроме того, снижены статьи по вложенным фактическим капиталам в оборудование, строительство и так далее.

В документе, обосновывающем необходимость приобретения голландской концессии, отмечается возможность кооперации двух рудников – принадлежащего Советскому Союзу Груманта и предложенного голландцами Грин-Гарбура: «В период штормов можно было бы производить погрузку на Грин-Гарбуре, а в спокойное время на Груманте, таким путем избегая невольного простоя судов, который имеет место в настоящее время на Груманте».

Особенно важно, по мнению советской комиссии, было то обстоятельство, что «все расходы по эксплуатации рудника на острове, также как это имеет место в настоящее время на Грумант-Сити, будут производиться почти исключительно в советских рублях (зарплата рабочим и инженерно-техническому персоналу, вербуемым исключительно в СССР, заготовка продовольствия, промтовары, оборудование). Расход в инвалюте может иметь место лишь при уплате налогов. Максимальная сумма при добыче в 360 тыс. т угля в год может достигнуть 20 тыс. рублей (экспортные пошлины, преимущественно – подоходный налог, налог на зарплату). Импортных пошлин не имеется» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 146. Л. 4 об.].

Итак, приобретение голландской концессии было одобрено народными комиссариатами иностранных дел (НКИД), внешней торговли (НКВТ), финансов (НКФин), по военным и морским делам (НКВМор) и было выгодно, согласно документу, по следующим соображениям: «1. Существующие источники разрешают вопросы покрытия потребности Севера в угле лишь около 10%. 2. Приобретение концессии позволит прекратить импорт угля, что приведет к экономии в валюте в 2 млн руб. в год. Таким путем уже в 1933–1934 гг. компенсируется затрата валюты на приобретение концессии – затрата, которую мы должны будем выплачивать в течение 10 лет. 3. Все расчеты на руднике будут производиться в советских рублях» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 146. Л. 5].

В проекте постановления ЦК ВКП(б) № 1497 от 5 февраля 1932 года с грифом «Секретно», подготовленном Лихтерманом, было предусмотрено: «1. Признать необходимым приобрести у Нидерландской Шпицбергенской Компании принадлежащее ей на Шпицбергене предприятие в Грин-Гарбуре – земельный участок, право на разработку недр и угольный рудник. 2. Поручить Наркомтяжпрому заключить с указанной Компанией договор на покупку принадлежащего ей предприятия за сумму не свыше 2,2 млн руб. в инвалюте с рассрочкой выплаты не менее чем в 10 лет» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 146. Л. 7].

Уже в июне 1932 года в Москве был подписан договор, согласно которому «Неспико» продает, а трест «Арктикуголь» покупает находящийся на острове Западный Шпицберген и принадлежащий «Неспико» земельный участок, называемый Баренцбург, со всеми правами, согласно горному положению Свальбарда от 7 ноября 1925 года на добычу угля и всех прочих ископаемых, а также находящееся на участке Баренцбург угольное предприятие со всеми устройствами, сооружениями, запасами и прочим движимым имуществом [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 33. Л. 17; Д. 146. Л. 2–7]. В этом же месяце на архипелаг отправился пароход с первой группой зимовщиков.

Интересным и содержательным документом являются «Контрольные цифры на 1933 г. треста “Арктикуголь”». «Основным моментом, характеризующим контрольные цифры Треста на 1933 г., является ввод в эксплуатацию ряда новых объектов. По острову Шпицбергену в 1932 г. в эксплуатации находился один рудник Грумант-Сити. В 1933 г. по острову вводится в эксплуатацию второй рудник Грин-Гарбур. Рудник этот приобретен Союзом у голландской компании в июне м[есяце] 1932 г. Он расположен в глубоком заливе Айс-фиорда – Грин-Гарбуре – представляющем собою хорошо защищенную гавань. Пароходы имеют возможность подходить вплотную к стенке пристани, так что рейдовая погрузка, являющаяся отрицательным моментом для рудника Грумант-Сити, в данном случае исключается. Все постройки и технические сооружения расположены на обширной площадке, имеющей более или менее ровную поверхность. Площадь владения рудника составляет 56,3 км^2. Эксплуатация руд-

ника иностранцами началась в 1920 г. и продолжалась до 1926 г. За этот период было вывезено около 200 тыс. т угля. С 1926 по 1932 г. рудник находился в консервации <...>. Произведенные подсчеты показали, что запасы всего участка представляют около 93 млн т. Все процессы по выдаче угля на поверхность, сортировка угля, складочные помещения и погрузка угля на пароходы механизированы по последним достижениям техники. Имеющееся на руднике оборудование оставалось не смонтированным в размере 40–50%. Работа по полному монтажу оборудования и подготовке рудника к пуску займут III и IV кв. 1932 г. Таким образом рудник Грин-Гарбур вступит в эксплуатацию с начала 1933 г. Добыча по этому руднику на 1933 г. запроектирована в 300 тыс. т и вместе с запроектированными по Грумант-Сити 100 тыс. т – общая добыча по острову составит на 1933 г. – 400 тыс. т. По сравнению с планом добычи на 1932 г., запроектированным в 59,9 тыс. т, рост в 1933 г. по острову составит свыше 550%» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 87. Л. 15–16].

Первые годы работы треста «Арктикуголь» были непростыми: руководство и планирование осуществлялось из Москвы. Значительная удаленность угледобывающих предприятий от материка при плановой экономике, в сложных и трудно прогнозируемых условиях навигации усугубляла ошибки «снабженцев» невозможностью оперативного их исправления, а это приводило к производственным простоям. Руководством отрасли немедленно были приняты соответствующие меры. В распоряжении по Главному управлению угольной и сланцевой промышленности («Главуглю») № 161 от 4 октября 1933 года говорится: «В соответствии с решением ЦКК НК РКИ СССР: I.1. Трест “Арктикуголь” в Москве считать ликвидированным с 1 октября 1933 г. Оставить за аппаратом “Арктикугля” в Москве лишь функции снабжения рудников, транспортирования необходимых грузов и набора рабсилы. I.2. Сосредоточить все руководство производством и капитальным строительством, а также планирование производства непосредственно на острове Шпицберген, создав для этого на острове рудоуправление на правах треста. I.3. Управляющий рудоуправлением (на правах треста) является одновременно управляющим рудником Баренцбург. Управляющему непосредственно подчиняется Московская контора “Арктикугля”. I.4. Главный инженер и Главный механик рудоуправления (на правах треста) являются одновременно главным инженером и главным механиком рудника Баренцбург. I.5. Местопребывание рудоуправления, действующего на правах треста (Арктикуголь) – рудник Баренцбург. I.6.Управляющий Московской конторой “Арктикугля” является вторым заместителем управляющего “Арктикугля”. II.1. Главным инженером и первым заместителем управляющего “Арктикугля” и рудника Баренцбург назначается т. Стельмах Н.М. II.2. Главным механиком “Арктикугля” и рудника Баренцбург назначается т. Краснополов Б.П.». Подписан документ заместителем начальника Главугля В.М. Бажановым [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 1в. Л. 210] .

В практике работы управленческого аппарата и «финработников» треста «Арктикуголь» имели место приписки и разного рода хищения: на основе произведенного ревизионным аппаратом Центрального финсектора НКТП обследования расходования административно-управленческих ресурсов и средств были обнаружены фактическое превышение наличия штатных единиц, незаконные выплаты под видом сдельных и премиальных, преднамеренное завышение норм для поставляемых «важнейших продовольственных и промтоварных фондов» для последующей продажи «на сторону», списание «на вспомогательные цеха» израсходованных средств на содержание административно-управленческого аппарата.

В результате финансовых проверок был снят с работы главный бухгалтер Киселев, заведено уголовное дело. Заместитель начальника «Арктикугля» Лихтерман обязывался лично нести ответственность за расходование средств. Принято решение о «сплошном обследовании кассовых операций правления “Арктикугля”» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 1 в. Л. 213].

Принято считать, что первый советский уголь в Баренцбурге был добыт к 7 ноября 1932 года [Печуров 1983: 92]. Но документы свидетельствуют о другом.

Управляющий трестом Щербань в справке писал: «Рудник Грумант был приобретен в июне 1931 г. и рудник Баренцбург в июне 1932 г. Приобретение рудников в середине года сильно

Р А С П О Р Я Ж Е Н И Е

ПО ГЛАВНОМУ УПРАВЛЕНИЮ УГОЛЬНОЙ И СЛАНЦЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

161

г.Москва. " 4 " октября 1933г.

I.

В соответствии с решением ЦИК НК РКИ СССР

Трест Арктикуголь в Москве считать ликвидированным с I/X-33г.

Оставить за аппаратом Арктикугля в Москве лишь функции снабжения рудников, транспортирования необходимых грузов и найма рабсилы.

2/ Сосредоточить все руководство производством и капитальным строительством, а также планирование производства непосредственно на острове Шпицберген, создав для этого на острове рудоуправление на правах треста.

3/ Управляющий рудоуправлением /на правах треста/ является одновременно управляющим рудником Баренцбург.

Управляющему непосредственно подчиняется Московская контора Арктикугля.

4/ Главный инженер и Главный механик рудоуправления /на правах треста/ являются одновременно главным инженером и главным механиком рудника Баренцбург.

5/ Местопребывание рудоуправления, действующего на правах треста /Арктикуголь/ - рудник Баренцбург.

6/ Управляющий Московской конторой Арктикугля является вторым заместителем управляющего Арктикугля.

II.

1/ Главным инженером и первым заместителем управляющего Арктикугля и рудника Баренцбург назначается т.СТЕЛЬМАХ Н.М

2/ Главным механиком Арктикугля и рудника Баренцбург назначается т.КРАСНОПОЛОВ Б.П.-

ЗАМ.НАЧАЛЬНИКА ГЛАВУГЛЯ:
/В.М.Бажанов/.-

Прил. 3. РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 1в. Л. 210

затормозило заготовку для них техматериалов, оборудования, стройматериалов, т. к. к этому времени все централизованные фонды в плановом порядке были уже распределены. Внеплановые заявки в середине года чрезвычайно задержали получение необходимых предметов снабжения. Поздним получением предметов снабжения объясняется поздний срок рейсов» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 33. Л. 17].

А «новый год начался для рудника крупнейшей неудачей, – сообщал автор отчета о работе рудника Баренцбург в первом полугодии 1933 года, – известной аварией “Малыгина”, которая нанесла руднику удар одновременно по трем направлениям: 1. Погибла в затопленных трюмах значительная часть оборудования и технических материалов, остальную часть которых удалось спасти лишь по прибытии “Малыгина” в Баренцбург в конце марта. Что же касается портящихся грузов (продовольствие, промтовары), то они погибли безвозвратно. 2. Рабочие рудника задалживались на различные работы, связанные с аварией “Малыгина” и со спасением палубных грузов. 3. Ввиду аварии “Малыгина”, руднику некуда было переселить сезонников и всех прочих, числом около 200 ч[еловек], которые должны были вернуться на материк. В связи с этим, подлежавшие отправке люди продолжали оставаться на руднике и, так как их работы были закончены, они мало использовались, а большая часть прибывших зимовщиков-шахтеров совершала с “Седовым” беспрерывные рейсы из Баренцбурга в Грумант-Сити и обратно, в течение всего января и начала февраля («Седов» прибыл 31 декабря и ушел 8 февраля) жизнь и хозяйство рудника были весьма неупорядочены, так как ни цех питания, ни коммунальное обслуживание не могли обслужить скопившуюся на Баренцбурге массу людей (свыше 1000 человек). Рудник стал испытывать трудности еще до того момента, когда “Малыгин” сел на банку, так как в последнюю декаду декабря подавляющий % населения был занят тяжелым трудом втаскивания на горы горючего, для сигнализации ледоколам, а другая часть поддерживала огонь на северном мысе залива Грин-Гарбур. В силу аварий “Сталина” и “Малыгина” со всеми вытекавшими последствиями, намеченные сроки пускового периода шахты, с 7 ноября 1932 г. по 15 января 1933 г. фактически передвинулись на вторую половину января и февраль» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 691. Л. 25].

На основании ознакомления на месте бригады РКИ при участии старшего инженера Казанцева с результатами работ треста «Арктикуголь» за 1932 год и первое полугодие 1933 года в распоряжении по Главному управлению угольной и сланцевой промышленности № 129 от 3 сентября 1933 года, подписанном заместителем начальника Главугля Бажановым, был представлен ряд принятых решений: «Признать работу треста по выполнению программы добычи неудовлетворительной <...>. Для изжития отмеченных недочетов предлагаю провести следующие мероприятия: <...> ликвидировать рудоуправления с 1 сентября 1933 г., переведя Грумант-Сити на положение шахты < ...>, тресту организовать на руднике не позднее ноября химическую лабораторию для анализа угля. <...> Несмотря на общие неблагоприятные условия работы на Грумант-Сити, но учитывая значительность уже вложенных средств (до 5 млн руб.), тресту продолжать работу на руднике Грумант-Сити, максимально используя его производительную мощность на базе соответствующего оборудования, полностью обеспечить выполнение намеченных на 1933 г. капитальных работ, позволяющих развернуть добычу не менее 50–60 тыс. т в 1934 г. <...> предложить тресту форсировать геолого-разведочные работы на руднике Баренцбург с тем, чтобы к 1 июля 1934 г. было окончательно установлено соответствие выявленных промышленных запасов, гарантированных фирмой «Неспико» в 20 млн т <...> по Грумант-Сити закончить проходку скважин на Коаль-бее к 1 октября 1933 г. Результаты ее представить в Главуголь вместе с планом дальнейших разведок на Грумант-Сити» [РГАЭ. Ф. 7566, Оп. 1. Д. 157. Л. 1–3].

К концу 1933 года организовать добычу в рамках намеченного плана так и не удалось. В докладе заместителя управляющего треста «Арктикуголь» по годовому отчету говорится: «Выполнение основного плана по добыче за отчетный год составило 39,4%. (в тыс. т.) <см. *табл. 5. – О.Ш.*>

<...> Вышеприведенные показатели не только неудовлетворительны в выполнении плана за 1933 г., но также характеризуют общее неблагопо-

<Таблица 5. – О.Ш.>

Периоды	Баренцбург			Грумант-Сити			По тресту		
	Добыча 1933 г.			Добыча 1933 г.			Добыча 1933 г.		
	План	Факт.	%	План	Факт.	%	План	Факт.	%
I кв.	50,77	23,06	45,7	15,765	5,223	33,1	66,235	28,283	44,4
II кв.	78,31	32,5	41,5	15,765	7,103	45,0	97,075	39,603	42,0
III кв.	65,54	29,8	45,4	23,685	–	–	89,225	29,800	33,3
IV кв.	55,68	25,706	46,1	19,785	4,685	23,6	75,465	30,391	40,2
Итого	250,0	111,066	44,4	75,0	17,011	22,6	325,0	128,077	39,4

лучие состояния работы на протяжении всего отчетного года <...> Большим тормозом послужили в монтаже и оборудовании шахты <Баренцбурга. – *О.Ш.*> пожары, последовавшие в течение ноября–декабря месяцев. Сгорел основной технический склад, жилой дом и скотный двор, благодаря чему рудник потерял в пожаре почти все основное оборудование, предназначенное к установке: запасные части, инструмент, материалы и т. д., что в свою очередь сильно отразилось на качестве и сроке выполнения монтажных работ. Поэтому, поскольку шахта фактически вступила в эксплуатацию с марта месяца, это послужило основной причиной недовыполнения плана I квартала.

Помимо всех вышеперечисленных факторов имела влияние на невыполнение программы неудовлетворительная работа электростанции. Последняя состояла из одной турбины и одного котла при отсутствии каких-либо резервов и запасных частей к ней. Смонтированная после ряда лет консервации, электростанция с первых дней своей работы оказалась ненадежным источником энергоснабжения шахты не только работы первого квартала, но и всего отчетного года. Простой за год в часах – 1424. <...> Нужно заметить, что во II квартале по шахте апрель месяц был объявлен "штурмовым" и при наличии недостатка рабочей силы, производилась мобилизация поверхности даже в ущерб обслуживающих цехов, и отдельные бригады задерживались в работе шахты по 10–12 часов. Все же при наличии этого месячный план был не выполнен.

Имел место в 1-м полугодии перебой работ очистных забоев, т. е. находились в работе в течение этого времени три лавы, которые через месяц давали сильные осадки и выходили из строя: лава № 2 – 16 дней и лава № 5 – 42 дня. Ввиду ведения горных работ в условиях вечной мерзлоты при неизвестных геологических условиях, первое полугодие являлось освоением работ лав. Системы изменились только в период 1-го полугодия, но и в период второго полугодия только в конце года определилась методика работы лав. Данное положение так же влияло на выполнение плана.

<...> Сильно чувствовался недостаток материала и оборудования, особенно в работе первого полугодия и частично второго полугодия. Это безусловно сильно отражалось на выполнении плана.

<...> В течение отчетного периода запасы угля известны не были и лишь в 1934 г. были произведены геологоразведочные работы, по которым определяются запасы на участке Баренцбурга так: пласты верхний и нижний геологические запасы – 4 173 076, промышленные запасы – 3 547 000.

На основании вышеизложенного по руднику Баренцбург условия производства в отчетный период являлись весьма тяжелыми: работами первого года в момент освоения всего оборудования и эксплуатации шахты, сжатые сроки капитального строительства, оторванность от материка. В силу поздней покупки рудника в 1932 г. все заявки на материалы, оборудование были представлены с большим опозданием. Поэтому все заявки реализовать не представлялось возможным.

План по руднику Грумант-Сити на 1933 г. был запроектирован 75 тыс. т <...>. Общее выполнение плана составляет 22,6%. Данное выполнение объясняется следующим: при составлении контрольных цифр учитывалось построить теплоэлектростанцию. Последняя построена не была и рудник был без электростанции, имеющаяся дизельная станция с генератором постоянного тока, работала в 1932 г., но в связи с постройкой постоянной электростанции, для дизельной станции не было заброшено горючих, смазочных материалов, а также не был произведен капитальный ремонт дизеля, в силу чего дизель в течение отчетного периода I–II и III квартал совершенно не работал.

Как было указано выше деятельность треста «Арктикуголь» [по добыче угля] <...> производилась одним рудником Грумант-Сити, для которого были составлены заявки на материалы, оборудование и план завоза рабочей силы, но с приобретением в июне-июле месяце в 1932 г. рудника Баренцбург, в момент разгара навигации все внимание было обращено на Баренцбург и все материалы и рабочая сила были оставлены руднику Баренцбург.

В таком же положении очутился и Баренцбург, в силу чего незначительное количество рабочих, оставшихся на Груманте, перевели на Баренцбург, и рудник Грумант в течение всего III кв. и 1 месяца в IV кв. (общей сложности 4 месяца) не производил эксплуатации шахты.

В работе первого квартала имела место катастрофа – это взрыв каменноугольной пыли в шахте, погибло 9 человек с частичным разрушением выработок шахты. Поэтому имелся простой в 14 рабочих дней, все это и послужило причиной невыполнения программы угледобычи.

При той же вооруженности и наличия технического оборудования за минусом электростанции план добычи в 1933 г. возрастает на 50% против 1932 г., т. е. 75 тыс. т. Следовательно, при отсутствии технических материалов, электростанции и рабочей силы план был не выполнен, а также программа 75 тыс. т все же была запроектирована невыполнимой. В 1934 г. к плану добычи подошли реально в 33 тыс. т <...> фактическая себестоимость много выше плановой, т. е. 237,7% < за 1933 год. – *О.Ш.*>.

<...> Известно, что Баренцбург является высоко механизированным производством. Это явилось бы его плюсом, если бы не те бесконечные аварии, которые останавливали добычу на различные сроки. Аварии эти происходили не только и не столько в силу недостаточного знакомства техперсонала рудника, только что смонтированными сложными механизмами, или вследствие недостатков монтажа, сколько в силу отсутствия простейших запасных частей, не говоря уже об отсутствии действующих запасных агрегатов.

Поскольку хозяйство рудника Баренцбург является органически связанной системой, начиная

Рис. 1. Поселок Баренцбург довоенного периода

Рис. 2. Пристань в поселке Колсбей, 1930-е годы

от подбойки угля и кончая погрузкой его в бункер парохода, постольку даже незначительная авария в любой части тотчас же отражалась на смежных звеньях, останавливался процесс в целом. Таким образом, высокая механизация рудника, явившаяся в других условиях его силой, в данном случае явилась его слабостью.

<...> Помимо аварий, значительные затруднения для добычи представила ухудшившаяся геология выработок.

<...> Если на Баренцбург и уголь грузится механизмами непосредственно в трюм, то на Грумант-Сити корабли останавливаются на рейде в 200–250 м от пристани, и уголь перевозится мотоботами в шаландах.

Поэтому даже при небольшом волнении (2–3 балла), погрузка угля немедленно прекращается, и шаланды уводятся в бухту Кольбей (5 км от Грумата).

<...> В течении III квартала добыча угля не производилась, т. к. в связи с наметившимся на Баренцбурге прорывом, вызванным острым дефицитом штата, почти все рабочие шахты Грумант-Сити были переброшены на Баренцбург» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 226 а. Л. 13–27].

Во всех отчетах этого периода выделяется проблема кадров как одна из самых важных проблем, влияющих на выполнение плана добычи угля в первые годы работы советских шахт.

Так, в отчете о работе рудника Баренцбурга за первое полугодие 1933 года отражены недостатки технического руководства: «Следует отметить, что техническое руководство шахты в лице трех сменившихся заведующих горными работами не было достаточно вооружено для трудной работы в совершенно новых, не изученных условиях. Отсюда дерганье людей с одной работы на другую, неуменье организовать резервные точки работ в периоды аварийных простоев, недостаточное внимание к вопросам технического нормирования». Особенно подчеркивалось, что «нигде работник не может так быстро показать себя, как с хорошей, так и с дурной стороны, как на острове, где на клочке земли сконцентрировано все население, где работа каждого ИТР находится под постоянным наблюдением сотен глаз. Поэтому надо впредь относиться к выбору технических кадров для острова, как и ко всему руководящему составу, с особым вниманием» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 691. Л. 26].

В этом же документе появляется критика вербовочной политики треста: «В силу позднего принятия рудника, трест вынужден был всячески форсировать вербовку рабсилы в различных районах. Благодаря этой вынужденной спешке, на остров просочился известный процент негодного элемента, из которых комплектовались кадры прогульщиков, рвачей и самогонщиков. Врачебно-отборочные комиссии недостаточно справились со своей работой, вследствие чего на остров попало довольно значительное количество больных и инвалидов. <...> В мае ухудшилось питание, т. к. завоза свежих продуктов можно было ждать лишь в июне, увеличилось количество спекулянтов и прогульщиков; в отношении борьбы с прогульщиками рудник находится в невыгодном положении, т. к. в силу полярных условий он лишен возможности принимать предусмотренные законом против прогульщиков санкции. Усилилась тяга на материк, подогревавшаяся неблагоприятными сведениями, полученными с материка еще в начале мая через Адвент-бей». Как становится ясным из документа, семьи многих рабочих (особенно в Донбассе) не обеспечивались теми льготами, которые, «по постановлению Правительства, должны были предоставляться семьям работников Шпицбергена» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 691. Л. 26].

Хотелось бы здесь сделать отступление – отвлечься от архивных источников и процитировать профессора А.Н. Сидорова, размышлявшего в 1927 году о целесообразности развития советской угледобывающей отрасли на Шпицбергене и сообщившего буквально следующее: «На руднике Общества Грумант, в настоящее время, работают почти исключительно норвежские рабочие. <...> Содержание рабочего в день обходится в зимние месяцы около 4,5 крон и в летние месяцы – 6 крон (курс 1 руб. = 3,12 кроны). <...> Кормят рабочих очень хорошо и вдоволь. За не выход на работу с рабочего удерживается 8 крон, и, кроме того, налагается штраф в размере 5 крон. <...> На сдельных работах по углю забойщики могут заработать в смену от <...> 4 руб. 80 коп. до 8 руб. 25 коп. и даже до 9 руб. 60 коп. на хозяйских харчах. <...> Производительность норвежского рабочего не особенно высока, хотя работа по углю, в выработке

около 2 метров высоты, удобна и далеко не сложна. <...> Все норвежские рабочие не только грамотны, но и образованы, так как окончили 7-классную школу. Свободное и праздничное время они проводят, главным образом, за чтением книг, газет и журналов. В столовой на стене висят переписанные на машинке радиотелеграммы, сообщающие газетные новости за последние дни. Они сами себе моют белье, и, в случае надобности, умеют владеть иголкой. По вечерам, иногда, небольшая группа играет в карты. Тишина и порядок строго соблюдаются. В казарме разговаривают вполголоса, чтобы не мешать отдыхающим товарищам <...>. С экономической точки зрения весьма рационально привлечь на Шпицберген русских горнорабочих. С одной стороны, производительность наших шахтеров будет выше, чем производительность норвежских рабочих; с другой стороны, хоть часть наших безработных горнорабочих сможет найти хороший заработок. Наш шахтер менее требователен и, наверное, согласился бы зарабатывать на поденных работах рубля 2–2,5, а на сдельных – рублей 5–6 в день на всем готовом. Надо иметь в виду, что на Шпицбергене тратить денег некуда, соблазнов никаких нет, провоз спиртных напитков запрещен; таким образом, по окончании срока найма у рабочего остается на руках полный его заработок, если не считать снашивание одежды и сапог. <...> Влияние продолжительной полярной зимней ночи на психологию рабочих, при некоторых условиях, можно значительно ослабить, созданием известного бытового уюта и осуществлением культурно-просветительной работы. Для привлечения семейных рабочих, как более постоянных, необходимо, помимо казарм, построить специальные дома, удобные для жизни самой семьи горнорабочего. Вопрос о привлечении русских горнорабочих на Шпицберген является чрезвычайно важным с государственной и экономической точек зрения, и в повышении производительности рудника он сыграет существенную роль» [Сидоров 1927: 93–96].

Вернувшись к отчету 1933 года, читаем: «На рудник было заброшено достаточное количество культтоваров и культоборудования. Организовано звуковое кино, регулярные радиопередачи, имеется библиотека, достаточное количество спортинвентаря, но все это было использовано далеко не в достаточной степени, так как рудник не располагал нужной квалификацией массовыми культурниками. Трудно переоценить значение культработы на отрезанном от материка в течение 6 месяцев острове, среди весьма пестрой по уровню развития и политической грамотности массы. И, вместе с тем, центральные союзные организации отнеслись к этому важнейшему вопросу недостаточно вдумчиво, в результате чего культобслуживание не было ни достаточно культурным, ни политически развитым» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 691. Л. 26–27]. К сожалению, в своих экономических выкладках, посвященных «национальным предпочтениям» в кадровой политике, профессор не учел особенности менталитета «русских горнорабочих» и тех, кто ими руководил.

В годовом отчете за 1933 год о работе треста «Арктикуголь» кадровый вопрос по-прежнему на первых позициях в рейтинге факторов, повлиявших на невыполнение плана: «Нельзя не указать на отсутствие квалифицированных людей работающих на механизмах, как на поверхности, так и в шахте. Рабочая сила далеко не набиралась до программы, благодаря чему в целях наилучшего использования рабсилы, последняя в большинстве была оставлена в Баренцбурге. С открытием навигации в 1933 г. необходимо было обеспечить остров рабочей силой как для эксплуатации, так и для капитального строительства. Эти задачи Трест выполнить не мог, благодаря позднему выделению мест на вербовку, медлительности оформления, недостаточное количество выделенных к вербовке людей. Поэтому рудник Грумант-Сити рабочей силы не получал. Налицо невыгодная расстановка рабсилы <...>. Необходимо иметь в виду, <...> что план по рудникам на 1933 г. составлялся без достаточного ознакомления с особенностями работы на Шпицбергене <...>. Дальше необходимо отметить серьезные, но неизбежные минусы, связанные со сменяемостью зимовщиков, когда вновь прибывшие люди не могут, впредь до ознакомления с новыми условиями работы, дать ту производительность, которую давали зимовщики <...> динамика производительности, где резко падают показатели по III и особенно по IV кварталу, когда было сменено 75% состава. Состояние трудовой дисциплины за отчетный период было не на должной высоте: прогулы по неуважитель-

ным причинам за [1933] г. <...> в человек/днях по тресту – 1958. Освобождено по болезни человек/дней – 8505 <...>. Борьбу с прогулами вели в рамках коллективного договора, т.е. отпускали питание по коммерческой стоимости, делались выговора, лишали промтоваров, общественные суды и т.д., но этих мер взыскания недостаточно. <...> Повседневной текучести рабочей силы, каковая бывает в условиях материка на острове, нет. Состав рабочих в течение года во время навигации меняется на 75% и лишь 25% оседают на второй год на острове, что безусловно отражается на работе <...>. Закрепление лучших рабочих за островом осуществляется путем выделения льгот второгодникам, улучшением бытовых условий, выделением лучших товаров, 10% надбавкой на ставку, лучшими курортами и т. д. <...> Основное и решающее значение для рудников острова является вербовка рабочей силы. Последняя берется главным образом из Донбасса по выделенным угольным районам через Главуголь. Вербовка отчетного периода не обеспечила остров теми людьми, каковыми он должен быть обеспечен. Опыт работы первого года показал, что заброска рабочей силы должна сопровождаться тщательным отбором при максимальном внимании со стороны тех организаций, которые выделяют людей для нашего Треста <...> за [1933] г. <...> на руднике сменились четыре главных инженера, два заведующих горными работами. Заведующие участков сменялись до 5 раз, было два механика, два главных бухгалтера и т. д. <...> Эти частые смены технического персонала безусловно влияли как на организационную работу, [так] и на выполнение угледобычи» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 226 а. Л. 13–29].

Интересен тот факт, что распоряжением по Главному управлению угольной и сланцевой промышленности НКТП СССР № 43 от 28 мая 1933 года в соответствии с Постановлением СНК СССР от 25 мая 1933 года и Постановлением НКТП СССР от 27 мая 1933 года управляющему трестом «Арктикуголь» совместно с уполномоченным по переброске инженеров и техников по Московской области Майзелю было предложено провести отбор для перевода на угольные шахты инженеров и техников, работающих в аппарате «Арктикугля» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 1 в. Л. 58]. Как мы уже писали ранее, до 1 октября 1933 года управление трестом осуществлялось из Москвы [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 1 в. Л. 210]. Но, как следует из отчета, эти меры не спасли положение с выполнением плана добычи на архипелаге: «Техническое руководство <...> не было достаточно вооружено для трудной работы в совершенно новых, неизученных условиях» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 691. Л. 26].

В сводке с грифом «Совершенно секретно» о количестве коммунистов и комсомольцев, выехавших на остров Шпицберген на октябрь 1933 года, управляющий трестом Лихтерман представляет следующие данные: «... <см. *табл. 6. – О.Ш.*>.

<Таблица 6. – О.Ш.>

Наименование рейса	Общее кол-во отправленных	Из них	
		Члены и кандидаты ВКП(б)	Члены ВЛКСМ
1	81	22	11
2	155	5	1
3	104	19	8
4	142	26	21
5	115	27	10
6	142	27	21
7	73	11	4
8	151	27	9
9	181	65	21
10–11	399	155	56
ИТОГО	1543	385	164

Итого членов и кандидатов ВКП(б) и ВЛКСМ – 547. Общий % коммунистов – 25%. Общий % комсомольцев – 11,2%. Средний % коммунистов и комсомольцев – 35,4%» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 146. Л. 31].

В результате нехитрой арифметической операции мы получили другие цифры: членов и кандидатов ВКП(б) – 384, а членов ВЛКСМ – 162, то есть 10,4%. Тем не менее средний процент остался прежним – 35,4. Далее из протокола совещания при секторе прочих районов от 11 октября 1933 года по вопросу о завозе рабочей силы, ИТР,

оборудования, материалов и продснабжения на остров Шпицберген с не менее серьезным грифом «Не подлежит оглашению» узнаем, что «план, утвержденный Главуглем о завозе ИТР и рабочих на остров, трестом "Арктикуголь" выполнен как с качественной, так и с количественной стороны <...> в процессе вербовки трестом "Арктикуголь" были приняты необходимые меры для тщательного отбора рабсилы. План завоза ИТР с десятниками – 53, фактически завезено – 54; по плану рабочих – 1461, фактически завезено – 1599. В числе завезенных ИТР и рабочих членов ВКП(б) и ВЛКСМ – 35,4%» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 157. Л. 9]. Количество фактически завезенных работников возросло на 56 человек, а процент «благонадежных» по-прежнему неизменен – 35,4. Этот факт лишний раз свидетельствует об удивительной «магии чисел» советской отчетности.

Приказ по Главному управлению угольной и сланцевой промышленности № 53 от 19 февраля 1934 года, подписанный начальником Главугля Израиловичем, восхищает своей конкретностью: «В целях организованного укомплектования квалифицированной рабочей силой советских угольных рудников на острове Шпицберген в 1934 г. приказываю: 1. Тресту "Арктикуголь" с особой тщательностью произвести набор рабочих из числа проверенных лучших ударников, не допуская попадания на остров случайных элементов. 2. Нижеуказанным угольным трестам выделить из числа лучших ударников (исключительно по добровольному желанию) рабочих по выбору треста "Арктикуголь": "Донбассантрацит" – 93 чел., "Лугануголь" – 42 чел., "Сталинуголь" – 56 чел., "Макеевуголь" – 43 чел., "Кадиевуголь" – 53 чел., "Севкавуголь" – 70 чел. Всего – 357 чел. 3. Указанным трестам не препятствовать к выезду на остров желающих ИТР-овцев в пределах 10% к числу рабочих. Персональная ответственность за выполнение данного приказа возлагается на управляющих указанных трестов» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 348. Л. 77].

В другом архивном деле находится адресованная Комиссии по выездам просьба члена Коллегии НКТП начальника ИНО Сушкова о некоторых послаблениях в процедуре оформления выезда на Шпицберген для определенных категорий граждан. Для эксплуатации угольных рудников острова Шпицберген и капитального строительства, необходимого для обеспечения выполнения плана добычи в 1933 и 1934 году, в навигацию предстояло отправить около 1500 рабочих, служащих и инженерно-технических работников, из которых 500 человек посылались на сезонные работы сроком до 5 месяцев. Строительных рабочих необходимо было послать с первыми рейсами, чтобы закончить строительство в течение ближайших месяцев, но оформление их затруднялось предоставлением, во-первых, рекомендаций двух членов партии и, во-вторых, «характеристикой от треугольника, т. к. по характеру своей работы сезонники работают в одном месте очень короткие сроки (2–3 месяца). До сего времени самое большее, что удавалось от них получить, – это справку из сельсовета о том, что он бедняк, середняк, колхозник и избирательных прав не лишен» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 12. Л. 21].

Большая часть рабочих, возвратившихся с острова по окончанию срока найма или в отпуск, изъявляли желание ехать обратно на более продолжительный срок (2–3 года), но с условием отправки их вместе с семьями. Тресту «Арктикуголь» для создания постоянных кадров было «желательно возвращение на остров лишь тех рабочих, кои проверены и зарекомендовали себя хорошей работой как ударники, желательные для производства на рудниках острова Шпицбергена. Кроме того, часть рабочих, находящихся на острове, законтрактовались на несколько лет, но ставят своим условием приезд на остров семьи. Для вышеуказанных категорий просим установить упрощенный порядок оформления, учитывая абсолютную невозможность соблюдения ими всех формальностей <...>. Ввиду того, что вербовка рабочих производится в разных районах СССР: Донбасс, Урал, Северный Кавказ, Ленинград, Архангельск, Брянск, Москва, необходимы указания местным ИНОЛ о порядке и сроках оформления вербуемых на остров Шпицберген с тем, чтобы результаты проверки немедленно сообщались в Центр и в Мурманск, откуда установлено регулярное пароходное сообщение с островом Шпицбергеном (примерно каждые 15 дней), за исключением двух рейсов, которые будут: один из Ленинграда – 23 мая и один из Архангельска около 27 мая-1 июня. Ленинграду и Архангельску предоставить право самостоя-

тельного оформления выезда людей на остров Шпицберген лишь с последующим уведомлением Центра. Ввиду изложенного и принимая во внимание массовую посылку рабтехсилы на остров Шпицберген, просим обеспечить своевременную проверку завербованных» [РГАЭ. Ф. 7566, Оп. 1. Д. 12. Л. 21 об.].

В протоколе № 21 совещания при НК РКИ СССР от 21 марта 1933 года по вопросу подготовки треста «Арктикуголь» к навигации 1933 года зафиксировано: «Трест совершенно не уточнил количество необходимой к вербовке рабсилы. С острова до сих пор нет сведений о количестве рабочих, оставшихся на острове на следующую зимовку <...>. К организации вербовки еще не преступлено. План вербовки не утвержден. Вербовщики еще не утверждены. До сего времени нет инвентаризации имущества на острове. Совещание постановляет: 1. Предложить упр[авляющему] трестом не позже 5 апреля 1933 г. приступить к фактической вербовке с тем, чтобы к этому сроку точно выяснить количество рабочих, остающихся на острове. 2. Упр[авляющему] трестом добиться чтобы не позже 25 марта 1933 г. в соответствующих организациях были утверждены планы вербовки, вербовщиков и районы вербовки (предприятия). 3. Главтопу в 5-дневный срок уточнить размер капитальных затрат на 1933 г. 4. Управляющему трестом дать указания руководству рудников о производстве детальной инвентаризации имущества острова к 1 апреля 1933 г. 5. Управляющему трестом в декадный срок представить в ЦКК точные сведения по техническому и продовольственному снабжению в навигации 1933 г. рудников на о. Шпицберген» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 157. Л. 54].

В статье И. Майзеля «К вопросу о развитии добычи местных углей» недвусмысленно определены задачи, на реализацию которых была направлена работа треста «Арктикуголь» в 1934 и последующие годы: «XVII Съезд партии <прошедший с 25 января по 10 февраля 1934 года. – *О.Ш.*> устами вождя партии и страны т. Сталина дал угольной промышленности ответственнейшую и серьезнейшую директиву, имеющую для нее историческое значение: “Развернуть во всю добычу местных углей во всех известных уже районах, организовать новые районы добычи”» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 707. Л. 1].

Но несмотря на всю очевидную обязательность выполнения директивы партсъезда, в докладе управляющего трестом «Арктикуголь» Хаиса на техрадиосовещании по результатам работы во время зимовки 1933–1934 годов в качестве основных причин, «которые не дали <...> возможности выполнить задание», снова выделяются плохая подготовка к зимовке и «некачественная вербовка» при наличии «опыт[а] работы прошлых лет» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 698. Л. 27об.]. «Поэтому с 31 октября 1933 г. по 25 февраля 1934 г. мы имеем 721 час рабочего времени простоя, что составляет 31,2% всего рабочего времени <...> [простои] значительно повлияли на настроения трудящихся, когда приходилось один день работать, два гулять. <...> Наши вербовщики подошли к вопросу вербовки не совсем серьезно, пообещали очень много того, что мы фактически дать не можем; <...> завезено очень много рабочих, ненужных нам квалификаций, чрезмерно большое количество высококвалифицированных рабочих, вследствие чего пришлось квалифицированных рабочих использовать на менее квалифицированной работе, от чего страдает их заработок; <...> врачебно-отборочные комиссии также подошли к вопросу отборки рабсилы не серьезно, завезено много больных, которые почти с первого дня приезда на остров не могут работать не только в арктических условиях, но даже и на материке. Завезено много детей, особенно дошкольного возраста, на которых сильно отражается климат. Поэтому нужно будет в этом году особенно серьезно подойти к вопросу вербовки рабсилы. Тот план, который мы прислали Вам телеграммами, должен являться непосредственным руководством для Иванова, нужно чтобы первым рейсом полностью было заслано то количество людей, которое мы требуем, особенно нужно обратить внимание [на] засылку горняков, дабы мы имели возможность в летние месяцы, когда турбинная станция будет в порядке, давать бесперебойную добычу и покрыть те нехватки, которые мы не додали в первые месяцы этого года. Особое внимание следует обратить [на] подбор вербовщиков, проинструктировать их, чтобы они ничего лишнего не обещали, обрисовывая лишь действительное положение, условия, при которых приходится работать основе. Кроме того, считаем целесообразно вербовать рабочих не более чем на один

год с тем, что если ему понравится работать, мы сможем завербовать его здесь на месте. Засылку семейных можно допустить только без детей... в виде опыта нужно оговориться с организациями о том, чтобы завербовать [в] этом году часть колхозников, главным образом северных областей. <...> Особое внимание следует обратить [на] вербовку технического персонала. Как опыт этого года показал, что техперсонал попал сюда случайный, не оправдавший себя на деле не только по техническим знаниям, но также в своем отношении к работе <...> у отдельных руководителей наблюдается прямой саботаж в работе <...> вследствие плохого благоустройства домов рабочие живут не совсем в хороших условиях <...> в начале сезона, прежде чем приступать [к] строительству новых домов, необходимо привести все жилища, имеющиеся [на] руднике, [в] благоустроенное состояние <...> ибо в дальнейшем такие жилищные условия в [условиях] Арктики считаю абсолютно невозможными. Сейчас готовимся к приемке сезонников, для чего оборудуем имеющиеся у нас подвальные, чердачные помещения с тем, чтобы первое время до постройки одного-двух домов поместить там сезонников. Строительство новых домов сейчас вести никак невозможно, почти нет леса, часть леса забронирована на постройку пристани на Груманте, другая часть леса пойдет на окончание строительства, которое было начато в этом году. Поэтому транспорт леса необходимо закинуть как можно раньше. Хотя мы надеемся, что продовольствия [у] нас хватит [до] первого рейса, однако, в некоторых продуктах мы ощущаем большой недостаток. Например, абсолютно отсутствует, не была завезена свежая рыба, ничего не завезено из копченостей, мало молочных продуктов. Поэтому сейчас приходится питаться главным образом мясом, что сильно приедается. Необходимо с первым рейсом заслать все то, что мы просим, дабы [у] нас не было никаких неприятностей [в] смысле снабжения продовольствием. Что касается промтоварного снабжения, здесь мы также имеем большие перебои, главным образом, отсутствует мужская верхняя одежда, пальто, костюмы хорошего качества, вследствие чего мы не имеем возможности полностью удовлетворить потребность рабочих. Примите все меры к тому, чтобы первым рейсом завезти достаточное количество промтоваров, главным образом обратив внимание [на] качество, покупательская способность здесь имеется большая» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 698. Л. 28–31 об.].

Интересна заключительная часть доклада. Среди выявленных документов по теме этот – единственный, в котором, кроме причин, помешавших выполнению плана, в большом количестве содержатся заверения и политические лозунги в духе времени: «Грумант в настоящее время по добыче идет хорошо, план свой выполняет. Плохо обстоит дело с силовым хозяйством ввиду того, что в последнем дизеле поломался вал. Как рудник Баренцбург, так и Грумант безусловно могут выполнять план добычи этого года. Трудности, которые мы встретили здесь во время полярной зимовки, послужат нам опытом того, чтобы мы лучше подготовились к следующей зимовке. Мы надеемся, что следующая зимовка безусловно пройдет значительно легче, добычи дадим значительно больше. Слова Сталина о том, что никаких трудностей не должно быть для большевиков, мы выполним. Уверены, что как в этом, так и в последующие годы рудники Баренцбург и Грумант будут в ногу [со] всей промышленностью нашего Союза осваивать все трудности, будем выполнять, перевыполнять задание по добыче. Мы не допустим, чтобы хотя бы один килограмм угля был недодан нашему Союзу <...> Коллектив рабочих Шпицбергена безусловно с честью выполнит возложенные на него Советским Правительством задачи [по] добыче угля [на] Шпицбергене. Север будет обеспечен углем» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 698. Л. 31 об.–32].

Представляется важной тенденция, прослеживающаяся в перспективных планах по добыче угля: в то время как спрос на твердое минеральное топливо в 30-х годы XX века все возрастает, плановые цифры добычи уменьшаются. В наиболее раннем из выявленных нами вариантов пятилетнего плана (1933–1937) развития угольной промышленности на побережье и островах Северного Ледовитого океана «трестом “Арктикуголь” было запроектировано развитие добычи на нескольких участках Шпицбергена, прилегающих к южной стороне Айс-фиорда. Так, предположено по Грумант-Сити довести добычу к концу второго пятилетия до 500 тыс. т, по участку Кольбей –

до 700 тыс. т, по Грин-Гарбуру – до 1000 тыс. т и по горе Пирамида – до 30 тыс. т, причем добыча по последнему району ввиду его полной геологической неизученности является попутной при производстве геолого-разведочных работ <см. *табл. 7. – О.Ш.*>» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 36. Л. 39-40].

В варианте плана на второе пятилетие по развитию угольной промышленности на побережье и островах Северного Ледовитого океана, который трест разработал после получения «лимита от Главтопа <...> размер добычи на 1937 г. <...> на остров был определен 700 тыс. т. <...> Исходя из <...> плана реконструкции рудников на острове <...>, пришлось несколько выйти из лимита Главтопа и установить размер добычи на 1937 г. <...> по острову 900 тыс. т. <...> Выявленная потребность Северных районов в угле, исчисленная на 1937 г. в количестве свыше 5000 тыс. т <...> остается актуальной и при переработке пятилетки на основе лимитов Главтопа. По острову Шпицбергену сроки ввода в эксплуатацию устанавливаются следующие. Окончание реконструкции рудника Грумант-Сити переносится на 1938 г. В 1937 г. рудник используется на 50% полной добывной мощности. К постройке шахты № 2 на руднике Грин-Гарбур запроектировано приступить лишь в 1935 г. и сроком ввода назначается 1939 г. В течение второй пятилетки проектируется что шахта № 2 Грин-Гарбур угля давать не будет. То же самое имеет место и с рудником Коальбей.

<Таблица 7. – О.Ш.>

Наименование рудника	**1933 г.**	**1934 г.**	**1935 г.**	**1936 г.**	**1937 г.**
Грумант-Сити	100	175	350	500	500
Кольбей	–	–	200	500	700
Грин-Гарбур	300	400	600	800	1000
Гора Пирамида	–	–	10	20	30
Всего	400	575	1160	1820	2230

<...> По отдельным рудникам добыча запроектирована в следующих размерах (тыс. т.)

<Таблица 8. – О.Ш.>

Шпицберген	**1933 г.**	**1934 г.**	**1935 г.**	**1936 г.**	**1937 г.**
Грумант-Сити	100	130	130	130	130
Грин-Гарбур	300	400	600	600	600
Всего	400	530	730	730	900

<см. *табл. 8. – О.Ш.*>...» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 37. Л. 1–4].

В ранее приводившемся докладе заместителя управляющего треста «Арктикуголь» по годовому отчету за 1933 год плановые цифры добычи угля на подотчетный год еще меньше: Баренцбург – 250,0 тыс. т, Грумант-Сити – 75 тыс. т. Но и этот, более скромный план оказался невыполнимым для треста в 1933–1934 годах – добыто 39,4% от плана [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 226 а. Л. 13]. Наиболее реалистичным представляется план добычи на 1934 год. Так, например, для Грумант-Сити он составил 30 тыс. т в год, для рудника Баренцбург – 230 тыс. т, а всего – 250 тыс. т [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 698. Л. 33–35].

В Постановлении Совета по отчетности НКТП по докладу треста «Арктикуголь» «О работе рудников на острове Шпицберген за 1933 г.» от 29 августа 1934 года говорится: «Заслушав доклад представителя треста Арктикуголь тов. Воейкова и заключение Главугля, Совет по отчетности постановляет: констатировать <...> 1. Добыча угля составила 128 077 т при плане 325 000 т, т. е. 39,4% в том числе по руднику Баренцбург – 44,4% и по Грумант-Сити – 22,6% от плана. 2. Общее количество трудящихся – 824 при плане 908, т. е. 90,7% и в том числе по руднику Баренцбург 85,9%, по Грумант-Сити 105% от плана. 3. Производительность на одного трудящегося 13,54 т при плане 29,80 т, т. е. 45,4%, в том числе по руднику Баренцбург 44,8% и по Грумант-Сити – 48,4%.

<...> Отметить, что столь неудовлетворительные показатели по производственной деятельности треста «Арктикуголь» явились следствием следующих причин: Материалы, представленные трестом к плану 1933 года, были не обоснованы и не проверены на месте, в результате чего не было

учтено действительное состояние горных работ и энергетического хозяйства, а потому завезенная на о. Шпицберген рабочая сила не соответствовала фактической потребности рудников и при общем излишке рабочих не хватало рабочих отдельных категорий <...>. Неудовлетворительный монтаж электростанции и подстанций привел к потере 1780 часов из-за неподачи электроэнергии <...>. Неудовлетворительное качество завербованных рабочих и проведение вербовки с очень большим опозданием. <...>. Неудовлетворительное состояние труддисциплины <...>. Частая смена руководящего персонала (3 управл[яющих], 4 гл[авных] инженера) <...>. Беспланость и бессистемность в вербовке рабсилы <...>. Раздутость штата аппарата треста и представительств» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 691. Л. 1–2].

Далее этот документ содержит проект заключения по годовому отчету треста «Арктикуголь» о финансово-хозяйственной деятельности: «Из выведенных по отчету 9,2 млн руб. убытков, 6 млн явились в результате превышения на 49 руб. 95 коп. на т плановой себестоимости добычи топлива, 2,2 млн убытка, связанные с аварией Малыгина и др. бедствиями, и 1 млн руб. – потери материальных ценностей и другие внеплановые убытки. На покрытие этих убытков (плановых и сверхплановых) трест получил из госбюджета 9,8 млн руб. Сверх этого, трест получил еще в 1934 г. 1,3 млн руб. на покрытие убытков по аварии <...>. По зависящим общеадминистративным расходам трест перерасходовал против утвержденной годовой сметы 50 тыс. руб. <...> В результате запущенности отчетности по Москве и Мурманской базе, трест в 1933 г. излишне выплатил трудящимся около 100 тыс. руб. и имеется невыверенный разрыв по взаиморасчетам с островом на 350 тыс. руб., отнесенный на сомнительные долги».

Общий вывод Совета по отчетности НКТП: «Отметить беспланое и бесхозяйственное ведение хозяйства треста. Ввиду перехода треста в ведение “Комсевморпуть”, настоящее заключение по отчету довести до сведения Комсевморпути для принятия соответствующих мер» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 691. Л. 3]. Последним годом существования «Комсевморпути», то есть Комитета Северного морского пути, был 1928 [Белов 1959: 327]. 15 июня 1928 года в системе Народного комиссариата внешней и внутренней торговли было создано Северо-Сибирское государственное акционерное общество промышленности и торговли (сокращенно – а/о «Комсеверопуть»), реорганизованное в начале 1931 года во Всесоюзное хозяйственное объединение «Комсеверопуть» [Белов 1959: 329] и расформированное 11 марта 1933 года [Белов 1969: 533]. Поэтому, скорей всего, здесь имеется в виду не «Комсевморпуть», а Главное управление Северного морского пути (ГУСМП) при СНК СССР, созданное 17 декабря 1932 года для развития арктического мореплавания. Вполне логично, что угольные копи Шпицбергена, «питающие» арктический флот, перешли в ведение нового Главка [РГАЭ. Ф. 9570. Оп. 2. Т. I. Д. 32. Л. 1–18].

В безымянном документе, подшитом в дело «Контрольные цифры и титульные списки объектов капитального строительства треста “Арктикуголь” на 1934 год» констатируется: «За 1-е полугодие 1934 г. “Арктикуголь” добыл 100,9 тыс. т против 112 тыс. т по плану. Это составляет 91% от плана и только 40% от годового задания<...>. Производительность труда резко отстает от плана: она составляет на трудящегося в месяц 18,7 за 5 месяцев против плана в 22,9. Средняя зарплата, наоборот, составила 676 руб. На трудящегося в месяц против 540 руб. по плану. В результате себестоимость угля резко возросла. <...> Превышены расчеты не только по зарплате, но и по другим статьям: материалы, топливо, дополнительные расходы по питанию рабочих и др. Следует отметить, что немеханизированный рудник Грумант-Сити выполняет программу относительно лучше, нежели Баренцбург.

Ухудшением геологических условий плохая работа треста в далекой мере не объясняется. <...> Подбор среднего и инженерного технического персонала был сделан недостаточно вдумчиво, что в ряде случаев вредно отражалось на деле. <...> Нормирование труда и система ее оплаты были поставлены отвратительно. <...> Плохо поставлена и дисциплина труда, что выразилось в давно изжитых в других районах эксцессах против администрации, большом количестве прогулов без уважительных причин, самовольный уход с работы и т. п.» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 698. Л. 1–2].

Далее в документе автор замечает, что «трест в лице его управляющего тов. Хаиса давал телеграфные заверения в выполнении количественных и качественных показателей плана, что находится в резком расхождении с действительностью и даже с предположениями треста на остающуюся часть года».

Автор посчитал нужным отметить в тексте «крайнюю засоренность угля пустой породой, что вынуждает некоторых потребителей отказываться от Шпицбергенского угля и требовать замены его Донецким» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 698. Л. 2].

Тема качества угля, добытого на архипелаге, весьма выразительно представлена в отзывах потребителей, объяснительных записках поставщиков, результатах анализов угля и различных актах.

В протоколе состоявшегося 7 февраля 1934 года совещания секретариата Комитета по топливу при СТО, на котором заслушивали вопрос о выполнении программ добычи и вывоза шпицбергенского угля в 1933 году, а также о перспективах добычи и плане вывоза угля в 1934 году и о мероприятиях, обеспечивающих эти планы, отмечается, «что качество отправленного угля в 1933 г. было неудовлетворительное. В связи с этим обязать Главуголь к 1 июня выработать временные технические условия на качество угля и разработать план обогащения углем <...>. Обязать Главуголь произвести не позднее июня испытание пригодности углей на судах Наркомснаба, для чего Наркомснабу создать необходимые условия для проведения этих опытов <...>. Вопрос о приемке топлива на рудниках Наркомснабом разрешить особо.

<...> Ввиду высокой зольности Шпицбергенских углей, <...> обязать Главуголь производить спец[иальную] отборку угля для траулерового флота, с целью довести зольность не выше 10%. Если это не будет сделано, наш траулеровый флот сорвет свой план добычи» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 698. Л. 33–35].

В ответ на отношение по вопросу о качестве принятого на ледокол «Ленин» угля от 11 марта 1933 года из управления Ленинского торгового порта с сопроводительным письмом № 25 от 12 марта 1933 года [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 12. Л. 23], адресованным в Народный комиссариат внешней и внутренней торговли, в управление Ленинского торгового порта (копия – управляющему Шпицбергенским рудоуправлением треста «Арктикуголь»), командир ледокола «Ленин» отправил указанным адресатам рапорт старшего механика от 12 марта 1933 года, где было доложено: «При работе на Шпицбергенском угле замечается следующее: 1. Уголь длиннопламенный, малоспекающийся имеет около 17% посторонних примесей (шлака, золы и пород) <...>. В общем надо сказать, что Шпицбергенский уголь качества удовлетворительного и работать на нем легче, чем на угле марки “ПЖ”» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 12. Л. 26]. Этот рапорт дополняет выписка из другого, подшитого в этом же деле и датированного тем же числом, но уже от старшего механика парохода «Руслан»: «...по своей калийности <так в тексте. – *О.Ш.*>, а также и горению <шпицбергенский уголь. – *О.Ш.*> превосходит угли марки “ПЖ”. Много предпринято, в последний раз углю нужно отдать должное, что в смысле породы лучше, чем прошлый раз, но слишком мелкий... Даже на п/х “Руслан”, где необходим хороший уголь, Шпицбергенский дает бóльшую калорийность, чем “ПЖ”» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 12. Л. 24].

Далее, в этом же деле содержится письмо от 12 марта 1933 года управляющему трестом Л.К. Лихтерману от управляющего рудником «Баренцбург» М.Э. Плисецкого с реакцией на эти рапорты: «Дорогой Лазарь Константинович! Отношение капитанов и механиков к качеству нашего угля таково, что чем хуже отзывы, тем лучше для них. Это оправдывает неполадки с котлами и удешевляет уголь. Так что придавать решающее значение их отзывам без объективного анализа угля, конечно, нельзя <...> “Ленин” и “Руслан” взяли у нас уже около 1300 т, но при всем их желании опорочить качество больше того, что они говорят в прилагаемой справке, они сказать не могут. Конечно не 17% зольности, а меньше. Как только можно будет наладить анализы угля, ты увидишь истину. Минимум 6–7% зольности получается от того, что мы выбираем часть верхней пачки в 3-й Сев. лаве, в которой имеется по крайней мере 60% угля. Отделить его в лаве не возможно. Либо надо просто отказаться от выдачи этой части верхней пачки. А при нашем угольном голоде жалко бросать в забут. Если бы мы

поставили себе целью дать несколько десятков тысяч тонн самого высокосортного угля с 2–3% зольности, мы это сделать могли бы, но для этого надо ставить в смену 6 сортировщиц, а это и дорого и нет людей. В среднем при 2 сортировщицах на смену уголь пойдет у нас с 9–11% зольности» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 12. Л. 27].

Ситуацию с выяснением качества шпицбергенского угля иллюстрируют события 7–10 октября 1933 года, задокументированные актами, докладной и отчетом о результатах анализа. Акт от 8 октября 1933 года, составленный и подписанный в Мурманске начальником группы теплотехники Севтралтреста Сперанским, теплотехником Хрусталевой, ответственным исполнителем отдела снабжения треста Соколовым, сообщает: «7 октября в Мурманск, в адрес Севтралтреста прибыл п/х "Георгий Мантакас" со Шпицбергенским углем шахты "Баренцбург" в количестве 4897 тонн. Обусловленных пунктом 11 договора Серыбпромснабе с Арктикуглем – 2 проб угля на п/х – не оказалось. Отделом снабжения Севтралтреста телефонограммой за № 102/153/11 от 7 октября с. г. был вызван представитель Мурманской к[онто]ры Арктикуголь для присутствия при отборе проб угля. Так как представитель Арктикугля до 14 часов 8 октября не явился, нами совместно с администрацией п/х был произведен отбор проб угля, согласно инструкции, утвержденной Госпланом СССР от 11 марта 1929 г., о чем был составлен соответствующий акт и пробы опечатаны печатью п/х "Георгий Мантакас" и Угольной базой Севтралтреста» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 157. Л. 7].

Кроме того, в деле имеется документ, представляющий собой перевод с английского языка. В нем подтверждается, что «то, что находится в двух банках – пробы из груза п/х "Г. Мантакас", который нагружен углем в Баренцбурге по коносаменту от 3 октября 1933 г. Из всего груза 4897 тонн – взято две тонны угля для пробы, из которых отобрано угля в 2 банки. Проба взята и опечатана в Мурманске 8 октября 1933 г. Банки опечатаны судовой печатью и печатью угольной базы Севтралтреста» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 157. Л. 7]. Следующий акт от 9 октября 1933 года также составлен в Мурманске: «Сего числа в теплотехнической лаборатории Промфлота Севтралтреста нами была вскрыта бочка с пробой Шпицбергенского угля шахты "Баренцбург" опечатанная печатями п/х "Г. Мантакас" Угольной базы Севтралтреста, причем печати и опайка бочки были в исправном состоянии». Акт подписан лаборантом предместкома Профлота, ответственным исполнителем Отдела снабжения [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 157. Л. 8]. Наконец, в этом же деле есть результат анализа «Шпицбергенского угля "Баренцбург"» от 10 октября 1933 года, подписанный лаборантом теплотехником Ивановым и направленный в Наркомснаб, Севтралтрест и управление флота: «Содержание летучих в абс. суж. – 33,5%; влаги в лаб. пробе – 1,43%; золы – 20,02%; калорийность в абсол. сух. массе – 6987» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 157. Л. 7].

В своей докладной от 23 октября 1933 года начальник управления Профлота СТТ Богачев и начальник группы теплотехники Сперанский пишут: «Уголь по наружному виду был низкого качества. Нами был вызван представитель Арктикугля на 8 октября для отбора проб угля и составления об этом акта. Представитель Арктикугля не счел нужным явиться и нами, при участии капитана парохода, был произведен отбор проб угля. Анализ этого угля дал отрицательные результаты <...>. Из-за большого содержания породы и большой зольности, траулеры не могут держать пар на марке, т. к. шлаками быстро загрязняются топки. Из-за заливания шлаками колосниковой решетки – перегорают колосники. Кроме того, из-за большой зольности – увеличивается расход угля, этим самым укорачивается рейс РТ.

Просим Вас принять соответствующие меры, так как снабжение указанным углем срывает промысел РТ, т. к. качество угля, гарантированное договором Арктикуглем не выдержано, необходимо на основании препровождаемых Вам анализа и актов, предъявить претензию Арктикуглю и обязать в дальнейшем точно выполнить договор» [РГАЭ. Ф. 7566. Оп. 1. Д. 157. Л. 6 об.].

Несмотря на очевидные трудности и проблемы, испытываемые зарождавшейся угледобывающей отраслью на архипелаге Шпицберген, о характере и причинах которых достаточно свидетельствуют архивные документы, Советской России удалось до начала Второй мировой войны на своих шахтах добыть около 3 млн т угля

[Печуров 1983: 97], что непосредственно способствовало развитию экономики севера СССР. А наличие промышленных предприятий на архипелаге позволило стране реализовывать стратегически важные решения на мировой политической и экономической арене.

Рассмотренные нами в данной статье документы фонда № 7566 Российского государственного архива экономики и фонда № 162-Р Государственного архива Мурманской области высокоинформативны и несомненно являются важными источниками по истории довоенной советской угледобывающей промышленности на архипелаге Шпицберген, а их научный потенциал не исчерпывается рамками представленных нами аспектов темы.

Литература

Автократов 1980 – *Автократов В.Н.* Эффективность использования архивных документов (теоретический аспект) // Советские архивы. 1980. № 3. С. 29–30.

Ададуров 1927 – *Ададуров В.А.* Каменный уголь и рынки сбыта // Каменноугольная промышленность Груманта (Шпицбергена). Л.: Науч. хим.-технич. изд-во, 1927. С. 37–88.

Анисимов, Оноприенко 1985 – *Анисимов Ю.А., Оноприенко В.И.* Феодосий Николаевич Чернышев. М.: Наука, 1985.

Базарова и др. 2005 – *Базарова Э.Л., Бицадзе Н.В., Окороков А.В., Селезнева Е.Н., Черносвитов П.Ю.* Культура русских поморов: Опыт системного исследования. М.: Научный мир, 2005.

Баклунд 1914 – *Баклунд О.О.* Ф.Н. Чернышев и градусные измерения на Шпицбергене // Изв. Рус. геогр. о-ва. 1914. Т. L. Вып. 8. С. 448.

Белов 1956 – *Белов М.И.* Арктическое мореплавание с древнейших времен до середины XIX века / История открытия и освоения Северного морского пути. Т. I. Л.: Мортранспорт, 1956.

Белов 1959 – *Белов М.И.* Советское арктическое мореплавание 1917–1932 гг. / История открытия и освоения Северного морского пути. Т. II. Л.: Мортранспорт, 1959.

Белов 1969 – *Белов М.И.* Научное и хозяйственное освоение Советского Севера / История открытия и освоения Северного морского пути. Т. IV. Л.: Гидрометеоиздат, 1969.

Белов 1973 – *Белов М.И.* Подвиг Семена Дежнева. М.: Мысль, 1973.

Белов 1978 – *Белов М.И.* Тайна Русских островов // Полярный круг, 1978. М.: Мысль, 1978. С. 227–235.

Белов и др. 1980 – *Белов М.И, Овсянников О.В., Старков В.Ф.* Мангазея. Ч. I. Мангазейский морской ход. Л: Гидрометеоиздат, 1980.

Белов и др. 1981 – *Белов М.И, Овсянников О.В., Старков В.Ф.* Мангазея. Ч. II. Материальная культура русских полярных мореходов и землепроходцев XVI–XVII веков. М.: Наука, 1981.

Белокурос 1893 – *Белокурос В.* «Описание чего ради невозможно от Архангельского города морем проходити в Китайское государство и оттоле к восточной Индии» // Чтения в обществе истории и древностей российских. 1893. Кн. 4. № 167.

Бернштам 1978 – *Бернштам Т.А.* Поморы: формирование группы и система хозяйства. Л.: Наука, 1978.

Бернштам 1983 – *Бернштам Т.А.* Русская народная культура Поморья в XIX – начале XX в. Л.: Наука, 1983.

Васнецов 1974 – *Васнецов В.А.* Под звездным флагом «Персея». Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 280 с.

Векслер 1971 – *Векслер А.Г.* Палаты Натальи Кирилловны в Московском Кремле // Древности Московского Кремля. М., 1971. С. 193–211.

Визе 1939 – *Визе В.Ю.* Моря советской Арктики: Очерки по истории исследования. Л.: Изд-во Главсевморпути, 1939.

Визе 1948 – *Визе В.Ю.* Русские полярные мореходы из промышленных, торговых и служилых людей XVII–XIX вв.: Биографический словарь. М.–Л.: Изд-во Главсевморпути, 1948.

Визе 1949а – *Визе В.Ю.* Старинные русские названия на Новой Земле // Летопись Севера. Вып. I. 1949. М.–Л.: Изд. Главморсевпути. С. 107–122.

Визе 1949б – *Визе В.Ю.* Новые сведения о русском арктическом мореплавании в XVII в. // Летопись Севера. Вып. I. 1949. М.–Л.: Главсевморпути. С. 78–93.

Герберштейн 1988 – *Герберштейн С.* Записки о Московии. М.: МГУ, 1988.

Горсей 1990 – *Горсей Д.* Записки о России XVI – начала XVII в. М.: Изд-во МГУ, 1990.

Грач 1957 – *Грач А.Д.* Археологические раскопки в Ленинграде: К характеристике культуры и быта населения Петербурга XVIII в. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1957.

Гурина, Хлобыстин 1975 – *Гурина Н.Н., Хлобыстин Л.П.* Заселение Арктики // Памятники культуры. Новые открытия. Письменность. Искусство. Археология. М.: Наука, 1975. С. 405–411.

Густафссон 2006 – *Густафссон У.* Полярная угледобывающая компания – шведское предложение по участкам Пирамиды и Земли Бунсоу // Архипелаг Шпицберген в исторических исследованиях. М.: Научный мир, 2006. С. 256–267.

Данилевский 1951 – *Данилевский В.В.* Русские навигационные приборы первой четверти XVII в. // Исторический памятник русского арктического мореплавания XVII века: Археологические находки на острове Фаддея и на берегу залива Симса. Л.–М.: Изд-во Главсевморпути, 1951. С. 53–62.

Державин 2007 – *Державин В.Л.* Провал экспедиции В.Ф. Джевецкого в 1911 г. // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 7. Апатиты: КНЦ РАН, 2007. С. 8–17.

Джовио 1987 – *Джовио П.* Книга о московитском посольстве // Все народы едино суть. М.: Мол. гвардия, 1987. С. 479–500.

Дубровин и др. 2001 – *Дубровин Г.Е., Окороков А.В., Старков В.Ф., Черносвитов П.Ю.* История северорусского судостроения. СПб: Алетейя, 2001.

Завьялов, Старков 1994 – *Завьялов В.И., Старков В.Ф.* V археологическое совещание на Шпицбергене (Калипсобюен, 1992) // Российская археология. № 3. М.: Наука, 1994.

Зайцев 1917 – *Зайцев А.Ф.* Шпицбергенский уголь. Петроград: Т-во А.Ф. Маркс, 1917.

Замятнин 1951 – *Замятнин С.Н.* О старинных русских шахматах // Исторический памятник русского арктического мореплавания XVII века: Археологические находки на острове Фаддея и на берегу залива Симса. Л.–М.: Изд-во Главсевморпути, 1951. С. 147–152.

Зубов 1953 – *Зубов Н.Н.* Русские мореплаватели – исследователи океанов и морей // Русские мореплаватели. М.: Воениздат, 1953. С. III–XXXII.

Колчин 1953 – *Колчин Б.А.* Черная металлургия и металлообработка в древней Руси (домонгольский период) // Материалы и исследования по археологии СССР. 1953. № 32.

Корякин 1974 – *Корякин В.С.* На краю тайны // Полярный круг. 1974. М.: Мысль, 1974. С. 341–346.

Корякин 1987 – *Корякин В.С.* Владимир Александрович Русанов. М.: Наука, 1987.

Корякин 2005 – *Корякин В.С.* Русанов. М.: Молодая гвардия, 2005 / Жизнь замечательных людей.

Корякин 2007 – *Корякин В.С.* Рудольф Лазаревич Самойлович. М.: Наука, 2007.

Кропоткин 1871 – *Кропоткин П.А.* Экспедиция для исследования русских северных морей: Доклад комиссии, избранной Отделением географии физической для разработки плана снаряжения экспедиции. СПб., 1871.

Курукин 1990 – *Курукин И.В.* К вопросу о документальных источниках о плаваниях и промыслах русских поморов на Шпицбергене в XVI–XVIII вв. // Очерки истории освоения Шпицбергена. М.: Институт археологии АН СССР, 1990. С. 86–106.

Лактионов 1955 – *Лактионов А.Ф.* Северный полюс: Очерк истории путешествий к центру Арктики. М.: Мортранспорт, 1955.

Лангман 1928 – *Лангман Н.* Шпицбергенский уголь, горючие сланцы и дрова // Карело-Мурманский край. № 4–5. 1928. С. 12–13.

Ле Руа 1975 – *Ле Руа П.-Л.* Приключения четырех российских матросов к острову Шпицбергену бурею принесенных. М.: Мысль, 1975.

Липец 1950 – *Липец Р.С.* Рыбацкие песни и сказы. М.: Госкультпросветиздат, 1950.

Лихачев 1946 – *Лихачев Д.С.* Культура Руси эпохи образования русского национального государства. (Конец XIV – начало XVI в.). М.: Госполитиздат, 1946.

Ломоносов 1952 – *Ломоносов М.В.* Полное собрание сочинений. Т. 6: Труды по русской истории, общественно-экономическим вопросам и географии. 1747–1765 гг. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1952.

Макаров 1901 – *Макаров С.О.* «Ермак» во льдах: Описание постройки и плаваний ледокола «Ермак» и свод научных материалов, собранных в плавании. СПб.: Акц. о-во печатного дела в России, 1901.

Макаров 1943 – С.О. Макаров и завоевание Арктики. «Ермак» во льдах. Материалы и документы о С.О. Макарове и ледоколе «Ермак». Л.–М.: Изд. Главсевморпути, 1943.

Мартин и др. 2006 – *Мартин П., Нордберг Э., Тиббитс Ф.* Роль Мичигана в добыче арктического угля // Архипелаг Шпицберген в исторических исследованиях. М.: Научный мир, 2006. С. 234–244.

Михайлов 2004 – *Михайлов И.А.* Архипелаг Шпицберген – перекресток событий и судеб. М.: Научный мир, 2004.

Нансен 1938 – *Нансен Ф.* Собрание сочинений. Т. IV. Шпицберген. Л.: Изд. Главсевморпути, 1938.

Никитин 1971 – *Никитин А.В.* Русское кузнечное ремесло. XVI–XVII вв. М.: Наука, 1971 / Археология СССР. Свод археологических источников. Вып. EI-34.

Николаева 1971 – *Николаева Т.В.* Произведения русского прикладного искусства с надписями XV – первой четверти XVI в. М.: Наука, 1971.

Николаева 1976 – *Николаева Т.В.* Прикладное искусство Московской Руси. М.: Наука, 1976.

Нобиле 1984 – *Нобиле У.* Крылья над полюсом: История покорения Арктики воздушным путем. М.: Мысль, 1984.

Пасецкий 1964 – *Пасецкий В.М.* Шпицбергенский вопрос в начале XX века // Русские арктические экспедиции XVII–XX вв. Вопросы истории изучения и освоения Арктики. Л.: Гидрометеоиздат, 1964.

Перевалов 1949 – *Перевалов В.А.* Ломоносов и Арктика: из истории географической науки и географических открытий. М.–Л.: Изд-во Главсевморпути, 1949.

Печуров 1983 – *Печуров Л.В.* Шпицберген. М.: Мысль, 1983.

Просвиркина 1955 – *Просвиркина С.К.* Русская деревянная посуда. М.: Госкультпросветиздат, 1955.

Розенфельд 1968 – *Розенфельд Р.Л.* Московское керамическое производство XII–XVIII вв. / Археология СССР. Свод археологических источников. Вып EI-39. М.: Наука, 1968.

Розенфельд 1971 – *Розенфельд Р.Л.* Инструменты московских ремесленников // Древности московского кремля. М.: Наука, 1971. С. 253–267.

Русанов 1945 – *Русанов В.А.* Статьи, лекции, письма. М.–Л.: Изд-во Главсевморпути, 1945.

Отписки тобольских 1875 – Отписки тобольских воевод царю Михаилу Федоровичу о путях сообщения из Мангазеи на Русь // Русская историческая библиотека, издаваемая археографическою комиссиею Т. II. СПб., 1875. С. 1049–1095.

Самойлович 1927 – *Самойлович Р.Л.* Физико-географический и исторический очерк Груманта (Шпицбергена) // Каменноугольная промышленность Груманта (Шпицбергена). Л.: Науч. хим.-технич. изд-во, 1927. С. 5–35.

Самойлович 1930 – *Самойлович Р.Л.* Во льдах Арктики: Поход «Красина» летом 1928 года. Л.: Прибой, 1930.

Сидоров 1927 – *Сидоров А.Н.* Каменноугольная промышленность Шпицбергена // Каменноугольная промышленность Груманта (Шпицбергена). Л.: Науч. хим.-технич. изд-во, 1927. С. 89–113.

Соловьева 1976 – *Соловьева М.Н.* К открытию наскальных изображений и стоянки Ню-Олесунн (Шпицберген. Норвегия) // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. № 45–46. М.: Наука, 1976. С. 25–29.

Срезневский 1874 – *Срезневский В.* Северный резной календарь. СПб.: Имп. Акад. наук, 1874.

Станкевич 1951 – *Станкевич Я.В.* Бытовой инвентарь // Исторический памятник русского арктического мореплавания XVII века: Археологические находки на острове Фаддея и на берегу залива Симса. Л.–М.: Изд-во. Главсевморпути, 1951. С. 167–171.

Ставницер 1948 – *Ставницер М.* Русские на Шпицбергене. М.–Л.: Изд-во Главсевморпути, 1948.

Старков 1988 – *Старков В.Ф.* Коч – судно ледовое // Полярный круг. 1988. М.: Мысль, 1988. С. 207–216.

Старков 1990 – *Старков В.Ф.* Хронология и периодизация русских памятников на Шпицбергене // Очерки истории освоения Шпицбергена. М.: Институт археологии АН СССР, 1990. С. 124–133.

Старков 1998 – *Старков В.Ф.* Очерки истории освоения Арктики. Т. I. Шпицберген. М.: Научный мир, 1998.

Старков 2001 – *Старков В.Ф.* Очерки истории освоения Арктики. Т.II. Россия и Северо-восточный проход. М.: Научный мир, 2001.

Старков и др. 1983 – *Старков В.Ф. Корякин В.С., Завьялов В.И.* Русские поселения XVI в.

на Шпицбергене // Вестник Академии наук СССР. № 12. 1983. С. 109–113.

Старков и др. 2002 – *Старков В.Ф. Черносвитов П.Ю., Дубровин Г.Е.* Материальная культура русских поморов по данным исследований на архипелаге Шпицберген. Вып. I. Остатки судов. М.: Научный мир, 2002.

Старков и др. 2005 – *Старков В.Ф. Черносвитов П.Ю., Державин В.Л., Захаров В.Г., Звягин В.Н., Шарин В.В.* Материальная культура русских поморов по данным исследований на архипелаге Шпицберген. Вып. II Поселения и погребения. М.: Научный мир, 2005.

Суворов 1951 – *Суворов Е.К.* Рыболовные принадлежности // Исторический памятник русского арктического мореплавания XVII века: Археологические находки на острове Фаддея и на берегу залива Симса. Л.–М.: Изд-во Главсевморпути, 1951. С. 106–107.

Ушаков 1972 – *Ушаков И.Ф.* Кольская земля. Очерки истории Мурманской области в дооктябрьский период. Мурманск: Мурманское книжное издательство, 1972.

Фер 1936 – *Фер Г. де.* Плавания Баренца (Diarium nauticum). 1594–1597. Л.: Изд. Главсевморпути, 1936.

Филиппов 1901 – *Филиппов А.М.* Датский документ о посещении Шпицбергена русскими в XVI веке // Литературный вестник. 1901. СПб. Т. I. Кн. IV.

Фрумкин 1957 – *Фрумкин П.А.* К истории открытия Шпицбергена (письмо Джерома Мюнцера) // Летопись Севера. Вып. 2. М.: Географгиз, 1957. С. 142–147.

Хенниг 1961 – *Хенниг Р.* Неведомые земли. Т. II. М.: Изд-во иностранной литературы, 1961.

Хисдаль 2005 – *Хисдаль В.* Архипелаг Шпицберген (Свальбард): Природа и история. М.: Научный мир, 2005.

Хомутова 1982 – *Хомутова Л.С.* Технологическая характеристика кузнечных изделий и раскопок Тиверска и Паасо по результатам металлографического анализа // Кочкуркина С.И. Древняя корела. Л., 1982. С. 188–208.

Черных 1990 – *Черных Н.Б.* Результаты дендрохронологического изучения дерева из раскопок на архипелаге Шпицберген // Очерки истории освоения Шпицбергена. М.: Институт археологии РАН, 1990. С. 107–123.

Черных 1996 – *Черных Н.Б.* Дендрохронология и археология. М.: Nox, 1996.

Чернышев 1901а – *Чернышев Ф.Н.* Русская экспедиция на Шпицберген // Мир божий. № 2. 1901.С. 261.

Чернышев 1901б – *Чернышев Ф.Н.* Русская экспедиция на Шпицберген // Мир божий. № 3. 1901. С. 245.

Чернышев 1902 – *Чернышев Ф.Н.* Работы экспедиции по градусным измерениям на Шпицбергене в 1901 году // Изв. Акад. наук. 1902. V сер. Т. XVI. № 5. С. 151–152.

Шаскольский 1958 – *Шаскольский И.П.* Находка остатков поселений русских промышленников XVIII века на Шпицбергене // Известия Всесоюзного географического общества. 1958. Т. 90. С. 183–186.

Шидловский 1912 – *Шидловский А.Ф.* Шпицберген в русской истории и литературе. Краткий исторический очерк русских плаваний и промыслов на Шпицбергене и подробный указатель литературы и архивных дел, относящихся к этим вопросам. СПб., 1912.

Шпаро, Шумилов 1992 – *Шпаро Д.И., Шумилов А.В.* Капитан «Геркулеса». М.: Изд. политической литературы, 1992.

Albrethsen 1986 – *Albrethsen S.E.* Arkæologiske undersøgelser av den dansk-norske hvalfangst. Svalbardbuka. 1985–1986. Tromsø: Ursus Forlag. S. 75–91.

Albrethsen 1989 – *Albrethsen S.E.* Archaeological investigations of the 17th century whaling on Svalbard // Acta Borealia. 1989. Vol. 6. Issue 1. P. 43–51.

Albrethsen, Arlov 1988 – *Albrethsen S.E., Arlov T.B.* The discovery of Svalbard – a problem reconsidered // Fennoscandia archaeologica. Vol. V. 1988. P. 105–110.

Arlov 1988 – *Arlov T.B.* Svalbard 1596–1650 i historiografisk lys. Oslo: Norsk Polarinstitutt, 1988.

Atlas 1852 – *Atlas historique et pittoresque*. Paris, 1852.

Bjerck 1999 – *Bjerck H.B.* Overvåkning av kulturmiljø på Svalbard // Sysselmannes raportserie. Nr. 3. Longyerbyen, 1999.

Carlheim-Gyllensköld 1900 – *Carlheim-Gyllensköld V.* På åttionde breddgraden. Stockholm: Albert Bonniers Förlag, 1900.

Chernikh 1988 – *Chernikh N.B.* The problem of dendrochronology of Russian buildings on Spitsbergen – some notes regarding the discussion // Fennoscandia archaeologica. Vol. V. P. 117–118.

Chochorowski 1992 – *Chochorowski J.* Dendrochronologie der russischen Jägerstationen auf Spitzbergen und historische Tatsachen // Specimina Sibirica. T. V. The Arctic. Papers of an International Conference. Syktyvkar. 16–18 May 1991. Szombathely: Savariae. P. 53–62.

Chochorowski 1999 – *Chochorowski J.* Problemy dendrochronologii rosyjskich stacji lowieckich na Spitsbergenie. Krakow: Oficyna Crakovia, 1999.

Chochorowski, Jasinski 1988-a – *Chochorowski J., Jasinski M.E.* The structure of the pomor settlement complex on the Schönningholmane site (Hornsund, West Spitsbergen) archaeological data // Acta Borealia. 1988. Vol. V. Issue 1–2. P. 34–49.

Chochorowski, Jasinski 1988-b – *Chochorowski J., Jasinski M.E.* (1988-b). Traces of Pomor nautical penetration on the coast of North-Western Sørkappland, West Spitsbergen // Acta Borealia. 1988. Vol. V. Issue 1–2. P. 50–69.

Chochorowski, Jasinski 1995 – *Chochorowski J., Jasinski M.E.* Relics of Russia hunting stations on the Dunöeane (West Spitsbergen) // Polish polar research. 1995. Vol. 16. № 3–4. P. 267–280.

Christiansson, Simonsen 1957 – *Christiansson H., Simonsen P.* Scandinavian archaeo logical expedition to Spitsbergen // Polar Record. 1957. Vol. 8. No. 55. P. 348–349.

Christiansson, Simonsen – *Christiansson H., Simonsen P.* Stone age finds fron Spitsbergen // Acta borealia. B. Humaniora. № 11. 1970.

Conway 1901 – *Conway M.* Joris Carolus, discoverer of Edge Island: a forgotten Arctic explorer // The Geographical Journal. Vol. 17. № 6. P. 623–632.

Egede 1763 – *Egede H.* Description et histoire naturelle du Groenland, par mr. Eggede, missionaire et Evěque du Grönland. A Copenhague et Geneve: Chez les Fréres C.&A. Philibert, 1763.

Erngaard 1979 – *Erngaard E.* Grønland I tusene är. Copenhagen: Lademann, 1979.

Feyling-Hanssen 1955 – *Feyling-Hanssen R.W.* Stratigraphy of the marine Late-Pleistocene of Billefjorden, Vestspitsbergen. Tromsø, 1955 / Norsk Polarinstitutt Skrifter. Vol. 107.

Forster 1784 – *Forster J.R.* Geschichte der Entdeckungen und Schiffahrten im Norden. Mit neuer Originalkarten verseen. Frankfurt: Strauβ, 1784.

Gerritsz 1872 – *Gerritsz H.* Historie Du Pays nemme Spitsberghe. Harlem: J. Enschede & Amsterdam: M. Frederik Muller, 1872.

Hacquebord 1983 – *Hacquebord L.* De walvistvaart: geschiedenes van een bedrijfstag // Smeerenburg: Holland op z'n koudst. Groningen: Arctisch Centrum Rijksuniversiteit, 1983 / Mededelingen van het Arctisch Centrum. Nr. 7. S. 13–28.

Heintz 1966 – *Heintz A.* Russian opinion about the discovery of Spitsbergen // Norsk Polarinstitutt. Årbok 1964. Oslo, 1966. S. 175–203.

Hultgreen 2000 – *Hultgreen T.* Den russiske fangsten på Svalbard: En reanalyse av arkeologiske og historiske kilder. Doktoravhandling. Tromsø: Universitetet i Tromsø, 2000.

Rossnes 1998 – *Rossnes G.* Isfjorden N. Kulturminneregistrering 1998. Upubl. Rapport. Sysselmannens kulturminnearkiv.

Jacob 1983 – *S'Jacob H.* Het beeld van de Arctis, in beeld; van openbaringin de mitdeleeuwen tot waarneming in de nieuwe tijd // Smeerenburg: Holland op z'n koudst. Groningen: Arctisch Centrum Rijksuniversiteit, 1983 / Mededelingen van het Arctisch Centrum. Nr. 7. S. 1–12.

Jasinski 1993 – *Jasinski M.J.* Pomors in Grumant. Archaeological Studies of Russian Hunting Stations in Svalbard: Doktoravhandling. Vol. II. Tromsø, 1993.

Jasinski, Pękala 1994 – *Jasinski M.J, Pękala K.* The Swarthamaren archaeological site complex at Robert River, Recherchefjorden // Spisstittel. Særtrykk av artikkel fra: Wyprawy geograficzne na Spitzbergen, Lublin: UMCS, 1994. P. 21–25.

Jasinski, Starkov 1992 – *Jasinski M.J., Starkov V.F.* (1992). Preliminary account of archaeological investigation of a cultural layer in moraine deposits of Renard Glacier, Recherchefjorden // Polar Session. Arctic Natural Environment Problems. Lublin: Polish Academy of Sciences. P. 9–22.

Jasinski et al. 1993 – *Jasinski M.J., Starkov V.F. Zavyalov V.I., Zimin E.N.* Archaeological sites at Cape Renard, Bellsund // XX Polar Simposium. Man Impact on Polar Environment. Lublin: Wydawnictwo UMCS. P. 73–94.

Keilhau 1831 – *Keilhau B.M.* Reise i Øst-og Vest Finnmarken samt til Beeren-Eiland og Spitsbergen i årene 1827 og 1829. Christiania: Johan Krohn, 1831.

Krawczyk 1995 – *Krawczyk A.* Data for the history of the Dunoyane, Spitsbergen // Polish Polar Research. 1995. Vol. 16. No 3–4. P. 281–288.

Krawczyk 1996 – *Krawczyk A.* Remains of human activity in north-eastern Wedel Jarlsberg Land, Spitsbergen // Polar Session. Problems of the Contemporaneous and Pleistocene Periglacial Zone. Lublin: UMCS, 1996. P. 55–72.

Krawczyk, Reder 1989 – *Krawczyk A., Reder J.* Pozostałości osadnic osadnictwa sezonowego w północno-zachodniej części Ziemi Wedela Jarlsberga // Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen. Lublin: UMCS. P. 131–146.

Lamont 1876 – *Lamont J.* Jachting in the Arctic Seas, or, Notes of Five Voyages of Sport and Discovery in the Neighbourhood of Spitzbergen and Novaya Zemlya. London: Chatto and Windus, 1876.

Lierl 1969 – *Lierl H-I.* Einige Artefakte von Westspitzbergen // Abhandlungen und Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins im Hamburg. Neue Folge. 1969. Heft 14. S. 19–28.

Molaug 1968 – Molaug S. Hvalfangst på 1600-tallets Svalbard. Oslo, 1968 / Norsk Sjøfartsmuseum. Skrift № 42.

Norberg 1918 – *Norberg H.L.* Om Spitsbergens kolonisation i aeldre tider. Tromsø, 1918 / Tromsø Museums aarshefter. № 38–39.

Northeast Passage 1992 – The Northeast Passage from the Vikings to Nordenskiöld / Ed. Nils-Erik Raurala. Helsinki: Helsinki University Library, 1992.

Pagès 1782 – *Pagès P.M.F. de.* Voyages autour du monde et vers les deux poles par terre et par mer pendant les annees 1767, 1768, 1769, 1770, 1771, 1773, 1774 & 1776. A Paris Chez Moutard, 1782.

Reymert 1978 – *Reymert P.K.* Kulturvern og kulturminner på Svalbard // Årbok for Svaldard-1978. Longierbyen, 1978. P. 22–33.

Reymert 1979 – *Reymert P.K.* Svalbards historie // Ottar. 1979. № 110–112.

Risanger 1978 – *Risanger O.* Russerne på Svalbard, hvem er de? hva gjør de? Oslo, 1978.

Starkov 1986 – *Starkov V.F.* Russian arctic seafaring and the problem of the discovery of Spitsbergen // Fennoscandia archaeologica. 1986. Vol. III. P. 67–72.

Starkov 1988 – *Starkov V.F.* Russian sites and problem of chronology // Fennoscandia archaeologica. Vol. V. 1988. P. 111–116.

Starkov 1993 – *Starkov V.F.* Russian sites on Spitsbergen // XX Polar Symposium. Man impact on polar environment. Lublin: Wydawnictwo UMCS. P. 103–110.

Starkov 2005 – *Starkov V.F.* Methods of Russian heritage site dating on the Spitsbergen Archipelago // Acta Borealia. Vol. 22. Issue 1. P. 63–78.

Torfaeus 1706 – *Torfaeus T.* Gronlandia antiqua, seu veteris Gronlandiae descriptio Havniae: Typographéo Regiae Majestets et Universitatis, 1706.

Ziaja 1995 – *Ziaja W.* Environmental changes and remains of human activity in the South-Eastern Spitsbergen // Il Polo. 1995. V. 4. P. 38–43.

Источники

Российский государственный архив экономики. Фонд № 7566. Главное управление угольной и сланцевой промышленности (Главуголь) Наркомтяжпрома СССР. 1933–1939 гг. Фонд № 9570. Учреждения Северного морского пути. 1920–1964.

Государственный архив Мурманской области. Фонд № Р-162. Мурманский окружной Совет рабочих, крестьянских, красноармейских и рыбацких депутатов и его исполнительный комитет Мурманского округа Ленинградской области. 1926–1938.

Раздел II

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДЫ ШПИЦБЕРГЕНА

Введение

Уникальные природные особенности архипелага Шпицберген привлекают внимание ученых самых различных специальностей. Повышенный интерес к этому арктическому региону многочисленных исследователей обусловлен, прежде всего, его уникальной природой.

Исследования природы Шпицбергена и омывающих его морей проводятся уже длительное время, но только со второй половины XX века они приобрели характер комплексной научной программы. К числу ведущих участников этих исследований принадлежат научные и научно-производственные организации России – Полярная морская геологоразведочная экспедиция, ВНИИокеангеологии, ряд институтов Российской академии наук (Институт географии, Полярный геофизический, Мурманский морской биологический, Полярно-альпийский ботанический сад-институт и др.). По результатам работ этих учреждений создана современная база сведений о природе архипелага, морской среде, установлены закономерности развития морских экосистем в ледниковую эпоху и в настоящее время, получены оценки морских биологических ресурсов, изучена история заселения островов. Но, тем не менее, мы постоянно сталкиваемся с дефицитом информации о многих параметрах окружающей среды и источниках антропогенных нагрузок [Матишов, Дженюк, 2007].

В основе современных представлений о формировании природной среды шельфа и архипелагов Западной Арктики лежит теория океанического перигляциала – комплекса физико-географических, геологических и биологических явлений, развивающихся в полярных и умеренных широтах Мирового океана под влиянием покровов древнего и современного оледенения [Матишов, 1982, 1984; Матишов, Павлова, 1990]. Перигляциальные процессы сформировали географическую среду фиордов, побережий и долин Шпицбергена, его растительный покров и видовое разнообразие фауны. В настоящее время они регулируют процессы осадкообразования в прибрежных водах, динамику ледников и их воздействие на ландшафты прилегающей суши. Комплексное изучение природы Шпицбергена требует привлечения специалистов, представляющих все области наук о Земле. Поэтому вполне закономерно, что ведущая роль в этих исследованиях принадлежит академической науке. Так, институты Кольского научного центра РАН проводят исследования природы Шпицбергена и прилегающих морей по следующим направлениям:

– современные перигляциальные процессы и их влияние на геологические, геоморфологические и седиментологические особенности архипелага Шпицберген;

– влияние островных ледников на формирование фронтальных зон в прибрежье и на функционирование донных биоценозов;

– мониторинг сейсмической активности;

– исследования полярной ионосферы, полярных сияний, геомагнитной активности в области полярной шапки и связанных с ними геофизических процессов;

– влияние гелиогеофизических явлений на биологические объекты в авроральной зоне;

– региональные проявления современной динамики климата в Западной Арктике;

– биоразнообразие наземной и морской флоры и фауны, задачи его сохранения в условиях современного природопользования;

– адаптация арктической флоры и фауны к экстремальным условиям жизнедеятельности, рекомендации по интродукции арктических ви-

дов и восстановлению растительного покрова на разрушенных антропогенных местообитаниях;

– биопродуктивность вод архипелага и роль промысловых гидробионтов в сохранении устойчивости морских экосистем Баренцева, Гренландского морей и прилегающей части Арктического бассейна;

– мониторинг загрязнения наземных и морских прибрежных экосистем в районах локального антропогенного воздействия и в зонах аккумуляции поллютантов при их дальних переносах.

Для реализации этих направлений необходимо сосредоточить теоретические исследования и экспедиционную деятельность на решении ряда приоритетных научных проблем. Ниже дана их краткая характеристика.

Климат и океанография. Район Мирового океана, прилегающий к Шпицбергену, является одним из наиболее динамичных и показательных для оценок глобальных климатических изменений. Благодаря поступлению теплых атлантических вод акватория к западу от Шпицбергена отличается аномально теплым для своей широты климатом и отсутствием льда в течение всего года. К югу от Шпицбергена взаимодействие атлантических и баренцевоморских вод определяет климатические условия Европейского Севера России. Известное «потепление Арктики» 30-х гг. XX в. наиболее отчетливо проявилось именно на Шпицбергене. Оценки современного глобального потепления по отношению к Арктике остаются противоречивыми. Возобновление регулярных метеорологических и глубоководных гидрологических наблюдений в этих водах будет важным вкладом в оценки современных климатических тенденций и прогнозы региональной и глобальной экологической ситуации.

Геология и палеоэкология. Реконструкция геологической истории шпицбергенского шельфа необходима для оценок его ресурсного потенциала, а также является важным этапом сбора доказательной базы данных на право закрепления юрисдикции Российской Федерации на участках арктического шельфа, находящихся за пределами 200-мильной экономической зоны РФ. Продолжение палеоэкологических исследований имеет также большое общенаучное значение, так как позволяет выявить особенности эволюции морских экосистем в условиях нарушения устойчивости среды (таяние ледников, поступление взвешенного вещества, интенсивное осадкообразование, резкие изменения солености), что в современную эпоху может быть связано с антропогенными воздействиями.

Загрязнение морской среды и организмов. Воды, омывающие Шпицберген, могут рассматриваться как фоновый район, где практически отсутствуют местные источники загрязнения, но отмечается присутствие загрязняющих веществ в атлантической водной массе, куда они попадают с побережий Северной Америки и Западной Европы, а также из районов морской нефтегазодобычи и морских перевозок. То же относится к радиационному загрязнению от предприятий атомного комплекса и военно-морских сил некоторых западных стран. Регулярный отбор проб морской воды, донных осадков и организмов на химическое и радиационное загрязнение необходим для объективной оценки интенсивности трансграничных переносов и их влияния на морскую среду Баренцева моря и Арктического бассейна.

Морские биоресурсы. На протяжении последних десятилетий общая биомасса промысловых рыб и соотношение между основными промысловыми видами значительно изменялись под влиянием естественных климатических аномалий и неравномерного промыслового изъятия. Для оценки и прогноза рыбных запасов необходимо проводить ежегодные промысловые съемки. В настоящее время экспедиционные исследования в районе Шпицбергена резко сократились. Мониторинг промысловых объектов осуществляется в основном наблюдателями ПИНРО, находящимися на борту промысловых судов, что не позволяет проводить комплексные наблюдения за всеми компонентами морской экосистемы. Необходимо по меньшей мере один раз в год проводить специализированную экспедицию с программой ихтиологического и комплексного гидробиологического мониторинга. В ходе этих работ должен также проводиться сбор недостающих данных о нетрадиционных объектах промысла (северная креветка, исландский гребешок, морские ежи и звезды, голотурии и др.).

Материалы данного раздела монографии позволяют оценить состояние исследований при-

роды Шпицбергена в историческом контексте и наметить пути их дальнейшего развития.

В первой главе содержится исторический очерк основных этапов геологического изучения архипелага и прилегающих участков океанического дна с преимущественным вниманием к работам российских организаций и специалистов, выполненным в последние десятилетия. Приведены результаты российских геологических исследований этого региона. Проведено геологическое картирование архипелага на основе ГИС-технологий, выполнены тематические работы по стратиграфии, тектонике и магматизму в ключевых районах. Даны детальные оценки состояния минерально-сырьевой базы архипелага и представлены дальнейшие перспективы поисков полезных ископаемых. Определены первоочередные задачи геологических исследований на архипелаге, включая шельф.

Глава 2 подготовлена по материалам работ Мурманского морского биологического института, которые охватывают широкий диапазон процессов и явлений в морской среде и экосистемах – седиментация в зонах воздействия ледников суши, палеогеографические реконструкции, состояние донных биоценозов, структура и динамика орнитофауны. Впервые выполнена подробная периодизация послеледниковой истории природы архипелага. Приведены результаты экспедиционных работ ММБИ, связанных с познанием механизмов природных явлений, протекающих как на самом архипелаге, так и на его шельфе.

В главе 3 дана краткая история ботанических исследований на архипелаге. Представлены сводные результаты экспедиционных исследований флоры Шпицбергена, выполненных ПАБСИ в 2003–2006 гг. Существенно дополнена существующая база знаний о видовом разнообразии, экологии и ареалах растительности (в том числе ряда редких и очень редких видов), собрана наиболее полная в России коллекция мохообразных и лишайников Шпицбергена. Дано описание растительности основных типов наземных биотопов архипелага.

История и современные результаты гляциологических исследований на Шпицбергене представлены в главе 4, подготовленной специалистами Института географии РАН. Здесь даны описание нивально-гляциальной системы Западного Шпибергена и общая характеристика снежного покрова, приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований взаимодействия снежного покрова с многолетней мерзлотой, радиолокационного зондирования ледников. Основным итогом гляциологических исследований являются полученные впервые комплексные данные по современному оледенению архипелага.

Совокупность научных результатов, представленных в данном разделе, свидетельствует о значительном вкладе отечественной науки в познание геологической среды и экосистем Шпицбергена и подтверждает присутствие России в этом стратегически важном районе Арктики. Мы надеемся, что изложенные в данной монографии итоги исследований природы архипелага Шпицбергена станут важным звеном новых знаний об Арктике.

В подготовке данного раздела приняли участие: П.Р. Макаревич, Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН (введение), С.Л. Дженюк, Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН (введение), А.М. Тебеньков, Полярная Морская Геологоразведочная Экспедиция (глава I), А.Н. Сироткин, Полярная Морская Геологоразведочная Экспедиция (глава I), А.Н. Евдокимов, Полярная Морская Геологоразведочная Экспедиция (глава I), Н.М. Иванова, Полярная Морская Геологоразведочная Экспедиция (глава I), Г.А.Тарасов, Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН (глава 2), Н.А.Константинова, Полярный альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН (глава 3), Н.Е.Королева, Полярный альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН (глава 3), А.Н. Савченко, Полярный альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН (глава 3), Н.И. Осокин, Институт географии РАН (глава 4), Е.М. Зингер, Институт географии РАН (глава 4), Б.Р. Мавлюдов, Институт географии РАН (глава 4), Ю.А. Мачерет, Институт географии РАН (глава 4).

Глава 1

История и результаты российских геологических исследований на архипелаге Шпицберген

Архипелаг Шпицберген входит в систему краевых поднятий арктического шельфа и в то же время является форпостом континентальных структур Евразии на стыке Атлантического и Северного Ледовитого океанических бассейнов, что делает его уникальным объектом для исследования почти всех важнейших проблем геологии и минеральных ресурсов европейского сектора Арктики, в том числе российского шельфа.

Благодаря неослабевающему интересу к этому относительно доступному полярному архипелагу и его особому международному статусу, Шпицберген стал не только одним из наиболее изученных районов Арктики, но и своего рода научным полигоном, природа и ресурсы которого изучаются многочисленными специалистами разных стран и организаций.

Первая фундаментальная работа о Шпицбергене составлена профессором геологии Университета в Осло В.М. Кейльгау [Keilhau 1831], посетившем Шпицберген в 1827 году. В основу работы легли его геологические, палеонтологические и ботанические исследования.

Первая схематическая геологическая карта Западного Шпицбергена была составлена А.Э. Норденшёльдом [Nordenskiöld 1863; Nordenski4öld 1866] по результатам работ шведских экспедиций 1861, 1864, 1868, 1872 и 1873 годов, в которых он принимал участие.

В работах Норденшельда впервые даны подробные сведения о топографии и природе архипелага.

В 1870 и 1876 годах выходят классические работы О. Хеера [Heer 1870; Heer 1876] с монографическим описанием ископаемой флоры из третичных отложений Шпицбергена, сделанном на материале коллекций Норденшельда. Хеер пришел к выводу о миоценовом возрасте вмещающих флору отложений, однако дальнейшие исследования показали ошибочность этого заключения.

В конце XIX – начале XX века на Шпицбергене велись активные исследования. С 1882 по 1924 год на архипелаге работал ряд шведских экспедиций, в которых принимали участие Г.А. Натхорст [Nathorst 1884; Nathorst 1897] в 1882–1896 годах, Г. Андерсон [Andersson 1910] в 1899 году, Г. Де Геер [De Geer 1896; De Geer 1899; De Geer 1900; De Geer 1909] в 1882, 1896, 1899, 1901 годах, В. Хегбом [Högbom 1913] в 1909 году, Т. Хагерман [Hagerman 1925] в 1924 году и другие.

Исследования Натхорста по геологии Шпицбергена до сих пор не потеряли своего значения. Его геологическая карта почти без измене-

ний приводится в работе А. Хуля [Hoel 1929]. Значительный интерес представляет и изданная в 1910 году сводная работа Натхорста по геологии Шпицбергена, где предложена стратиграфическая схема третичных отложений, которая используется большинством исследователей вплоть до настоящего времени. Следует отметить, что возраст отложений оценивался Натхорстом как миоценовый на основании определений флоры О. Хеером и фауны Т. Фуксом [Fuchs 1883]. Последний определил морскую фауну на двух горизонтах третичных отложений, собранную в 1882 году во время совместной экспедиции Г. Натхорста и Г. Де Геера, а также фауну, обнаруженную шведской экспедицией (последние данные использованы также в работе Г. Натхорста за 1910 год) [Nathorst 1910].

Де Геер, совместно с геологами Густавом Норденшёльдом и Клинковстрёмом (Klinkowström), тщательно обследовали побережье Ис-фиорда и близлежащие районы, выделили почти все геологические формации от самых древних (Гекла-Хук) до самых молодых (третичных). Опубликованная в 1909 году работа Де Геера о тектонике Шпицбергена также представляет значительный интерес. В эти же годы в изучении Шпицбергена принимали участие австрийские, английские, французские, немецкие и русские экспедиции.

Первые российские геологические исследования были тесно связаны с работами по измерению дуги меридиана в рамках российско-шведской экспедиции 1899–1902 годов. Помимо геодезистов, в экспедиции принимали участие и геологи. Впрочем, основной целью экспедиции были все-таки геодезические измерения, поэтому геологические наблюдения носили случайный, несистемный характер. Тем не менее Х. Баклунд, одним из первых поднявшийся на высочайшую вершину Шпицбергена – г. Ньютонтоппен, не мог не отметить своеобразия слагавших ее горных пород. Позднее в Петербурге они были определены как граносиениты и монцониты.

С этим же периодом связано и появление на картах Шпицбергена первых географических названий в честь российских ученых, в том числе и геологов. Именем М.В. Ломоносова (да, он был и геологом!) названа гора на острове Эджа и ледяное поле на Земле Улафа. В честь А.П. Карпинского – во времена Шведско-российской экспедиции руководителя Геологического комитета России – названа гора на восточном побережье пролива Хинлопен. Гора и ледник с именем Х. Баклунда также появились на картах архипелага. Отмечены на картах имена российских геологов Ф.Б. Шмидта и руководителя полевых исследований Российско-шведской экспедиции академика Ф.Н. Чернышева.

В 1903–1904 годах английские и американские кампании приобретают право на разработку угольных залежей на побережье Адвент-фиорда, причем ежегодная добыча угля доходила до 40 тыс. т. В 1905 году на западном берегу Адвент-фиорда был создан постоянный поселок-рудник Лонгирсити (ныне Лонгирбюен, или Лонгир). Одновременно другие угольные кампании стали проводить топографические и геологические работы в районе Грён-фиорда (прежнее название – Грин-Гарбур), Бельсунн, Браганц-фиорда и других местах.

С 1906 года начинается интенсивное изучение Шпицбергена норвежцами. Большинство норвежских экспедиций того времени были приурочены к районам каменноугольных месторождений.

В 1909 году экспедиция, снаряженная на средства университета г. Осло, проводит геологические исследования в районе Ис-фиорда. Работу возглавляли геологи А. Хуль и Г. Холмсен [Holmsen 1911]. Они составили подробный разрез всех стратифицированных отложений, встречающихся на Шпицбергене. Эта работа имела большое значение для последующего изучения геологического строения архипелага.

В 1908 году на восточном берегу Адвент-фиорда (рудник Хьортхамен) начала работы английская угольная компания «Spitsbergen Coal and Trading C°», которая не добилась успеха и в том же году прекратила добычу угля. Рудник Хьортхамен был продан англичанами норвежской компании «A/S de Norske Kulfelter Spitsbergen». В этом же году норвежские промышленники Анкер и Гиорт занимают угленосные площади в Грён-фиорде.

В 1909 году шведская компания «Kulspids A/S» и синдикат из г. Ставангера застолбили пространство между Грён-фиордом и Колесбуктой.

В 1911 году на участке Баренцбург норвежским правительством была построена радиотелеграфная станция, действующая круглосуточно.

В этом же году компания «Norwegian Exploretion C°» застолбила площадь в Сассен-фиорде.

Интерес к шпицбергенскому углю в результате успешной эксплуатации американских шахт в Лонгиерсити продолжал расти. Немалый интерес вызвали также и результаты научных экспедиций, и с 1909 по 1922 год включительно Норвегия организовала новые экспедиции, в которых участвовали О. Холтедаль [Holtedahl 1912; Holtedahl 1914; Holtedahl 1920] и А. Хуль [Hoel 1920]. Основные полевые работы были проведены в районах Ис-фиорда, южнее Конгс-фиорда, вокруг Вуд-фиорда и в других местах.

В 1911–1912 годах геологические исследования на Шпицбергене проводил В.А. Русанов (следует отметить, что всего в эти годы на Шпицберген было направлено 12 экспедиций различных стран). Под начальством Русанова на остров отправлена экспедиция на небольшом судне «Геркулес», главным образом для изучения геологии архипелага и поисков угольных залежей. Экспедиция Русанова, в составе которой работал геолог Р.Л. Самойлович [Самойлович 1913], посетила Ис-фиорд, Бельсунн, Ван-Кейлен-фиорд, Брагандбей, Грён-фиорд, Сассен-фиорд, остров принца Карла и ряд других мест. В результате исследований была выявлена обширная угленосная площадь между Колесбухтой и Адвент-фиордом. К сожалению, значительная часть собранных коллекций по геологии и природе Шпицбергена погибла вместе с начальником экспедиции Русановым.

Оставшийся на Шпицбергене с двумя сотрудниками геолог Самойлович провел рекогносцировочное обследование и установил ряд заявочных столбов от имени Русанова, в частности на месторождении Грумант.

В 1913 году на основании сообщения Самойловича было организовано товарищество «Торговый дом Грумант – Агафёлов и К°». В том же году Самойлович вновь посетил Шпицберген, и его сотрудник П.В. Виттенбург провел геологические исследования и составил геологическую карту участка между Адвент-фиордом и Колесбухтой. В 1913 году Самойловичем была впервые организована добыча угля на Груманте. Было добыто 10 000 пудов угля.

В 20-е годы XX столетия геологические исследования Шпицбергена были направлены в основном на изучение угленосности архипелага и поиски полезных ископаемых. Работы зарубежных, российских и смешанных компаний сосредоточены преимущественно вдоль западного побережья Шпицбергена.

В 1928 году советской геологической экспедицией была проведена геологическая съемка района грумантского месторождения. По данным Е.М. Люткевича [Люткевич 1937а], геологическая карта этого района масштаба 1:50 000, составленная С.С. Малязкиным и В.И. Рейнекс на участке площадью 73 кв. км, в основном правильна. Однако в верховьях Фардален С.Ф. Малявкиным была ошибочно показана антиклиналь с выходом на поверхность угленосного горизонта. Советской экспедицией 1928 года изучался также участок горы Пирамиды [Люткевич 1937б].

Надо отметить, что ученые использовали любую возможность для изучения Арктики в целом и Шпицбергена в частности. Так, во время операций ледокола «Красин» по спасению экспедиции У. Нобиле в 1928 году Р.Л. Самойлович посетил северную часть Северо-Восточной Земли и собрал коллекцию гранитов, гнейсов и сланцев, слагающих кристаллический фундамент архипелага.

В 1931 году советское правительство выкупает все акции общества «Русский Грумант» и становится полным владельцем угольной шахты на Груманте.

В начале 1932 года был организован трест «Арктикуголь», которому были поручены все работы по изучению и эксплуатации принадлежащих СССР угольных месторождений на острове Шпицберген. В этом же году Советское правительство приобретает у голландской фирмы «Nespicu» еще два участка – Баренцбург и Тундру Богемана. Таким образом, к концу 1932 года трест «Арктикуголь» владел четырьмя концессионными участками – Баренцбург, Грумант, Гора Пирамида и Тундра Богемана, причем все советские участки были сосредоточены в районе Ис-фиорда.

В 1932 году на Шпицберген по заданию треста «Арктикуголь» была направлена Шпицбергенская партия Ленинградского геологического треста.

В составе этой партии работали геологи Е.И. Люткевич и В.А. Котлуков. Котлуков изучал район Баренцбургского месторождения, для чего составил геологическую карту восточного побережья Грён-фиорда масштаба 1:10 000 (к опубликованной работе Котлукова приложена лишь карта масштаба 1:15 000) [Котлуков 1936]. Котлуков несколько изменил схему стратиграфического членения третичных отложений, предложенную А. Натхорстом, а также по литологическому составу расчленил на пачки отложения мела и нижней свиты угленосных песчаников палеогена восточного побережья Грён-фиорда. Автором собрана коллекция ископаемой флоры и фауны из третичных отложений, которая к моменту опубликования работы еще не была определена. Приведенная в работе Котлукова фауна из меловых пород определена лишь до вида. В работе дается детальная характеристика угленосности района Баренцбурга и произведен подсчет запасов по двум пластам угля на площади 68,53 км^2. Эти запасы Котлуков оценил в 16,6 млн т.

Е.М. Люткевич детально изучил район Грумантского месторождения и прилегающие площади у Адвент-фиорда и Колесдалена, а также провел отдельные маршруты между Грён-фиордом и Колесдаленом.

На основании собственных работ и с учетом исследований В.А. Котлукова Люткевич в 1937 году опубликовал статью «Геология третичных угленосных отложений Шпицбергена района Ис-фиорда» [Люткевич 1937б] и составил геологическую карту масштаба 1:100 000 территории между Грён-фиордом и Большой Медвежьей долиной.

Е.М. Люткевичем описан стратиграфический разрез третичных отложений и приведена сводная стратиграфическая колонка масштаба 1:10 000. При этом схема Натхорста была несколько изменена. Большой заслугой Люткевича является выявление крупного разлома в районе Колесдален, а также описание разлома в районе поселка Грумант. Однако, как установлено в 1962 году, оба эти разлома на местности прослеживаются несколько иначе, чем это показано Люткевичем. Так, Грумантский разлом не затухает у Малой Медвежьей долины, а прослеживается вплоть до Колесдалена, причем плоскость сбрасывателя в районе Груманта является наклонной, чем и обусловлено его кажущееся широтное простирание. Люткевич довольно детально описал угленосность района и привел данные по запасам Грумантского и Баренцбургского месторождений.

В целом работы В.А. Котлукова и Е.М. Люткевича очень ценны для понимания геологического строения территории между Грён-фиордом и Бьерндален, а составленные ими геологические карты с посвитным расчленением третичной толщи в основном правильно отражают характер тектонической структуры и выгодно отличаются от карты, приложенной к работе А. Хуля 1929 года [Hoel 1929].

С организацией в 1932 году треста «Арктикуголь» геологические исследования, направленные в первую очередь на изучение угольных месторождений, становятся более регулярными. До начала 60-х годов XX столетия работы, проводимые трестом, были сосредоточены на ограниченных участках вблизи угольных рудников Баренцбург, Пирамида и Грумант и имели главным образом прикладное значение.

Из зарубежных экспедиций довоенного времени надо отметить экспедиции Оксфордского университета и, особенно, кембриджские экспедиции под руководством Б. Харланда [Harland 1997], который за долгие годы работы (вплоть до 1990-х годов) воспитал целую плеяду геологов-шпицбергенцев (D. Gee, D. Manby, Flood, P.F. Friend и др.).

С 1948 года интенсивные геологические исследования начинают проводиться Норвежским полярным институтом (НПИ) во главе с геологом Туре Елсвиком (T. Gjelsvik; с 1960 года – директором института). Наибольший вклад в изучение архипелага и создание геологических карт Шпицбергена внесли Й. Ута (Y. Ohta), А. Йелле (A. Hjelle), В. Даллманн (W. Dallmann), Т. Сигеруд (T. Sigerud), С. Елвеволд (S. Elvevold).

Полномасштабные отечественные региональные геолого-геофизические исследования на Шпицбергене были начаты в 1962 году Научно-исследовательским институтом геологии Арктики (НИИГА) (с 1981 года – Всесоюзный государственный институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана (ВНИИОкеангеология) (*рис. 1–3*) и в настоящее время продолжа-

ются в основном Полярной морской геологоразведочной экспедицией (ПМГРЭ).

Помимо сборников научных статей по геологии Шпицбергена, выпущенных в 1965, 1967, 1976 и 1983 годах, в НИИГА – ВНИИОкеангеология были изданы три монографии [Красильщиков 1973; Лившиц 1973; Евдокимов 2000]. Десятки научных статей опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных периодических изданиях, а в 1998 году вышла книга «Российские геологические исследования на Шпицбергене в 1962–1996 годах» [Российские геологические исследования 1998], составленная из расширенных рефератов научно-производственных отчетов шпицбергенской партии. Редактором книги был А.А. Красильщиков, в то время главный геолог шпицбергенской партии ПМГРЭ. Книга в полной мере раскрывает основные направления и этапы геологических исследований на Шпицбергене.

В изучении метаморфических и магматических комплексов фундамента Шпицбергена в различные годы принимали участие А.А. Красильщиков, Б.Г. Лопатин, С.А. Абакумов, М.Г. Равич, В.Г. Куно, Т.Е. Ширшова, Л.А. Чайка, В.Е. Мильштейн, Н.П. Голованов, Л.Н. Ильченко, А.Н. Сироткин, А.М. Тебеньков и др.

Большой вклад в исследования девонских отложений архипелага внесли работы Л.Г. Мурашова, Ю.П. Бурова, Ю.И. Мокина, В.Г. Колесника, А.И. Панова и др.

Рис. 1. Погрузка вездеходов на самоходную баржу перед полевыми работами. Колсбей, 1962 год

Платформенный чехол, в том числе с целью изучения его перспектив на горючие полезные ископаемые, изучался большим коллективом специалистов: Ю.Я. Лившиц, Т.М. Пчелина, М.Л. Верба, Е.Г. Бро, В.И. Устрицкий, В.Л. Шварц, И.В. Школа, Н.К. Евдокимова и др.

Специализированные исследования верхнепалеозойских отложений выполнены Б.П. Гавриловым, А.В. Павловым, В.И. Устрицким, Ю.Я. Лившицем, Г.П. Сосипатровой, Ю.П. Буровым, Л.А. Чайкой, А.Ф. Дибнер, А.С. Бирюковым, Н.К. Евдокимовой, М.Ю. Милославским и другими учеными.

В исследованиях комплекса мезозойских отложений архипелага приняли участие: Т.М. Пчелина, В.Н. Соколов, Б.П. Гаврилов, Б.А. Клубов, В.Н. Васильев, М.В. Корчинская, М.Ю. Милославский, В.А. Басов и др.

Кайнозойские формации изучались Ю.Я. Лившицом, Д.В. Семевским и Е.П. Шкатовым.

Магматические образования Шпицбергена исследовались в разные годы Ю.П. Буровым, Г.А. Ковалевой, А.М. Тебеньковым, С.А. Абакумовым, А.Н. Евдокимовым, Е.А. Кораго. Перспективы архипелага на горючие полезные ископаемые оценены в работах Ю.Я. Лившица, А.И. Панова, В.Ф. Непомилуева, А.В. Павлова, Н.К. Евдокимовой, М.Л. Вербы, К.Н. Белоусова, М.Н. Мирзаева, Т.М. Пчелиной и др.

Оценка архипелага на рудные и нерудные полезные ископаемые определена по результатам исследований, выполненных Л.Л. Степановым, А.А. Красильщиковым, Г.А. Ковалевой, С.Ф. Духаниным, Ю.И. Мокиным, В.С. Гарсковым, С.И. Турченко, Д.Б. Бархатовым, А.М. Тебеньковым, В.В. Хайловым, А.Н. Евдокимовым, А.А. Макарьевым, Е.А. Кораго, А.Н. Сироткиным и др.

Геофизические исследования на архипелаге в различные годы проводили А.Б. Воеводина, В.С. Поздеев, В.К. Кербиц, В.В. Молчанов, Б.Н. Дав, Р.Г. Куринин, А.Л. Пискарев, В.А. Рахин, А.П. Кубанский, В.Н. Троян, И.З. Балашов, О.В. Томилина, Г.П. Аветисов и др.

Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования выполнялись Н.И. Обидиным, А.И. Пановым, В.Ф. Непомилуевым, О.Н. Вой-

новым, В.Н. Ивановым, И.С. Постновым, К.Н. Белоусовым, И.Ю. Мисник, А.Д. Касаткиным и др.

Геофизические исследования суши носят в известной мере случайный характер. Лишь аэромагнитной съемкой масштаба 1:1 000 000, а затем и 1:500 000 архипелаг покрыт полностью. Однако почти все съемки последних лет являются до сих пор собственностью норвежских фирм. В 1980-е годы выполнено наземное магнитометрическое профилирование на острове Медвежий и в центральной части западного побережья Шпицбергена. Одновременно собран большой материал по физическим свойствам горных пород фундамента и осадочного чехла.

Значительный объём сейсмических исследований на шпицбергенском шельфе был выполнен различными зарубежными организациями – Геологической обсерваторией Ламонт-Доэрти, США; Национальным центром по изучению океанов, Франция; Германской организацией по наукам о земле и полезным ископаемым; Норвежским нефтяным директоратом; Норвежским институтом континентального шельфа; Бергенским университетом и др. По результатам этих исследований составлен сейсмический атлас западного Свальбарда.

Российские научно-исследовательские организации начали изучение шпицбергенского шельфа сейсмическими методами в 1960-е годы. Всесоюзный научно-исследовательский институт морской геологии и геофизики (НИИМоргео) в 1962–1963 годах проводил профильные работы методом отраженных волн (центральный луч) (МОВ ЦЛ) и корелляционных методов преломленных волн (КМПВ) в западношпицбергенской акватории, включая фиорды Ван-Майен и Ис-фиорд. В 1972 году ВНИИМоргео выполнил отдельные профильные работы МОВ ЦЛ в южной части шельфа. В результате были получены первые представления о строении континентального склона, обнаружен срединный хребет, впоследствии названный именем Книповича, выявлено продолжение западного борта западношпицбергенского грабенообразного прогиба.

С середины 1970-х годов планомерное изучение Шпицбергенского шельфа начала мурманская Морская арктическая геологоразведочная экспедиция (МАГЭ). Первые сейсмические работы в модификации МОВ ЦЛ МАГЭ выполнила в западных фиордах Ван-Майен и Ис-фиорд в 1976 году. В конце 1980-х годов МАГЭ переходит на выполнение сейсмических работ только в модификации общей глубинной точки (ОГТ).

В результате изучено строение западной и северо-западной части шпицбергенского шельфа и его континентальной окраины. Оконтурены основные структурные элементы, проведено тектоническое районирование. Осуществлена стратиграфическая привязка основных отражающих горизонтов в осадочном чехле. В 1989–1991 годах и в 2000-е годы МАГЭ продолжила региональные сейсмические работы на южношпицбергенском шельфе методами общей глубинной точки (МОГТ), преломленных волн (МПВ), непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСАП) в сочетании с гравимагнитными и геологическими исследованиями. В результате комплексной интерпретации разносторонне охарактеризовано строение южношпицбергенского шельфа, западной окраины Баренцева моря и прилегающей части Норвежско-Гренландского глубоководного бассейна. Выделены три главные тектонические области, различающиеся типом земной коры: область древней платформы с палеозойскими комплексами на гетерогенном фундаменте, переходная область континент-океан (рифтогенная деструкция континентальной коры) и область

Рис. 2. МИ-4 перед вылетом на полевые работы. Пирамида, 1962 год

океанической коры с кайнозойским осадочным бассейном. В платформенной области установлено продолжение на шельфе Шпицбергена ветви каледонид, которая маркируется прогибами, заполненными девонской молассой.

В целом с 1976 года по настоящее время МАГЭ отработала на шпицбергенском шельфе и прилегающей западной акватории десятки тысяч километров сейсмических наблюдений, которые являются основной базой для проведенных глубинных построений в рамках составления геологической карты архипелага Шпицберген.

Кроме сейсмических работ МОГТ МАГЭ проводила с 1985 года сейсмоакустическое профилирование и донное опробование, главным образом в комплексе с работами МОГТ или с гравиметрическими и гидромагнитными исследованиями. В результате этих работ изучена верхняя часть разреза и рельеф кровли доплиоценовых отложений. На Восточно-Шпицбергенском шельфе по данным сейсмоакустического профилирования построена схематическая геологическая карта со снятым четвертичным покровом и схема распределения мощности четвертичных отложений. По результатам донного опробования составлены литологические разрезы по профилям, схемы распределения осадков, был выполнен комплекс лабораторных исследований, состоящих из определений физико-механических свойств донных отложений. Проводились гранулометрический, минералогический, люминосцентно-битуминологический, спектральный, газохроматографический анализы. В пределах Восточно-Шпицбергенского шельфа на основе изучения распределения в донных осадках углеводородных газов и битумов установлены локальные аномалии метана и его гомологов, а также повышенные содержания углеводородов в целом. Анализ показателей предельности и сухости показал высокую вероятность глубинных источников углеводородов.

Гравимагнитные исследования на Шпицбергенском шельфе носили систематический характер и включали отдельные профильные и площадные работы. Начиная с 1973 года планомерные исследования проводились в основном Полярной морской геологоразведочной экспедицией и Морской арктической геологоразведочной экспедицией. В северо-западной части Баренцевского шельфа

Рис. 3. Изучение первых коллекций, собранных Шпицбергенской экспедицией в 1962 году

Справа налево: начальник экспедиции Валентин Николаевич Соколов, геологи Александр Аркадьевич Красильщиков и Борис Александрович Клубов

проводилась гидро- и аэромагнитная съемка масштабов 1:1 000 000 и 1:500 000. В результате были составлены карты графиков и изолиний аномального магнитного поля, схемы изогипс поверхности магнитоактивных горизонтов и тектонического районирования фундамента, сводные геомагнитные разрезы.

За прошедшие годы в результате проведения комплексных геолого-геофизических работ, а также бурения организациями Министерства геологии РСФСР трех параметрических скважин выявлены основные закономерности геологического строения архипелага, дана общая оценка его нефтегазоносности, угленосности и металлоносности. В 1980–1990-е годы завершены обобщающие отчеты по геологическому строению и оценке перспектив нефтегазоносности архипелага Шпицберген и прилегающего шельфа, по геологии и металлоносности западного побережья Шпицбергена, подготовлена серия геологических карт архипелага масштаба 1:1 000 000 в ГИС-технологии с объяснительными записками и сопутствующими базами данных, на русском и английском языках изданы «Стратиграфический словарь Шпицбергена» [Стратиграфический словарь 1990] и сборник «Российские геологические исследования на Шпицбергене 1962–1996 годов

(расширенные рефераты отчетов)» [Российские геологические исследования 1998].

Вклад российских геологов высоко оценен и международной научной общественностью. При поддержке Норвежского полярного института за заслуги в изучении Шпицбергена именами геологов НИИГА были названы три вершины архипелага: Valentinryggen – в честь Валентина Николаевича Соколова; Burovtoppen – в честь Юрия Павловича Бурова и Krasil'śćikovtoppen – в честь Александра Аркадиевича Красильщикова.

В рамках государственной норвежской программы НПИ проводит среднемасштабное геологическое картирование на норвежских топоосновах с последующим изданием геологических карт масштаба 1:100 000. К выполнению этой программы привлекаются геологи разных стран. Специальное двустороннее соглашение об участии в геологическом картировании Шпицбергена было заключено между НПИ и ПГО «Севморгеология» в 1989 году и продлено НПИ и Полярной экспедицией в 1994 и 2001 годах. За это время к изданию подготовлено около 20 листов карт. Треть из них составлена при участии российских геологов.

В результате международного сотрудничества со шведской программой «Сведарктик» и НПИ при проведении специализированных стратиграфических и геохронологических исследований существенно дополнились наши знания о доказаледонской истории архипелага. Впервые надежно установлено существование в составе фундамента Шпицбергена карельских и гренвильских комплексов.

Если обобщить результаты работ зарубежных и российских геологов, геологическое строение архипелага представляется на данный момент следующим образом.

Шпицберген является крайним северо-западным выступом материковых структур Евразии. Этот блок отличается разнообразием и широким возрастным диапазоном геологических формаций. В геологическом строении архипелага и прилегающего шельфа принимают участие в разной степени метаморфизованные вулканогенно-осадочные и интрузивные комплексы докембрия и нижнего палеозоя, осадочные толщи среднего-верхнего палеозоя, мезозоя и палеогена, вмещающие позднемезозойскую трапповую формацию, а также полифациальные образования четвертичного возраста.

На Шпицбергене традиционно выделяются три главных структурно-формационных комплекса (этажа), типичных для молодых подвижных платформ и эпиплатформенных орогенных областей. Нижний этаж представляет складчатый фундамент платформы, окончательно сформировавшейся в результате каледонского тектогенеза; средний, или промежуточный, этаж сложен мощным орогенным комплексом наложенных впадин девонского возраста; верхний этаж – гетерогенный осадочный чехол молодой платформы, разрез которого венчается комплексом четвертичных осадков [Красильщиков 1973; Harland 1997].

В пределах фундамента Шпицбергенского архипелага выделяются 3 главных литотектонических блока («provinces» [Harland 1985]; «terranes» [Ohta et al. 1989]): юго-западное побережье, северо-западный район Шпицбергена и северо-восток архипелага. Эти крупные блоки различаются типом разрезов, интенсивностью и характером процессов магматизма и метаморфизма, стилем структурных дислокаций и геохронологическими характеристиками. Вместе с тем в составе фундамента каждого из блоков большинством исследователей с той или иной степенью достоверности выделяется три структурных этажа: нижний (раннепротерозойский, карельский), средний (раннерифейский, готский?) и верхний (байкальско-каледонский, рифейско-раннепалеозойский) [Красильщиков, Ковалева 1976].

Наиболее полный разрез, считающийся тектонотипом шпицбергенских каледонид, изучен на полуострове Ню-Фрисланд. Метаморфические комплексы Ню-Фрисланда объединяются в серию Атомфьелла [Красильщиков 1973: 33–59], которая делится на ряд свит, сложенных гнейсами и плагиогнейсами, гранат-слюдяными сланцами, амфиболитами, кварцитами и мраморами. Характерно также присутствие метаморфизованных интрузий базитов и реоморфических гранитоидов. Между нижнепротерозойской серией Атомфьелла и перекрывающей ее преимущественно сланцевой серией Моссель предполагается структурное несогласие, трансформированное каледонскими тектонометаморфическими процессами. Вероятно, также структурным несогласием отделены от серии

Моссель карбонатно-терригенные отложения неопротерозойского возраста. Они прорваны гранит-граносиенитовым массивом Ньютонтоппен, каледонский возраст которого был установлен еще в 1960-е годы K/Ar и Rb/Sr методами [Hamilton et al. 1962] и подтвержден данными работ геологов ПМГРЭ [Tebenkov et al. 1996].

На Северо-Восточной Земле наиболее древними отложениями являются мезопротерозойские турбидиты серий Бренневинс-фиорд и Хелветесфлиа [Gee, Tebenkov 1996], перекрываемые со структурным несогласием гренвильским вулканогенным комплексом Капп-Ханстен (Свартраббане для центральной части Северо-Восточной Земли) с возрастом магматизма 950 млн лет [Gee et al. 1995]. Такой же возраст имеют и синорогенные граниты, прорывающие мезопротерозойские отложения Северо-Восточной Земли [Gee et al. 1995; Johansson et al. 2002]. Неопротерозойские породы серии Мерчисон-фиорд со структурным несогласием перекрывают подстилающие комплексы и совместно с ними испытали складчатость и метаморфизм, вплоть до образования мигматитов, во время каледонской орогении [Tebenkov et al. 1999a; Johansson et al. 2002]. Завершающим событием формирования каледонского фундамента Северо-Восточной Земли было внедрение посторогенных гранитов массивов Рийп-фиорда, Дьюпскиллоддена и др. [Gee et al. 1999].

Фундамент западного побережья Шпицбергена, при всем различии отдельных стратиграфических схем, расчленяется на несколько литостратиграфических комплексов (серий, свит).

Наиболее древний (домезопротерозойский?) возраст имеют метаморфизованные в условиях зелено-сланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций породы серий Исбьернхамна (к северу от залива Хорнсунн). Породы серии сложены слюдяными и гранат-биотитовыми сланцами с пачками кварцитов и мраморов.

Выше по разрезу в разных частях побережья выделяются стратиграфически эквивалентные (мезопротерозойские) осадочно-вулканогенные толщи, вмещающие магматические комплексы габбро-диоритовой (с гранитами?) и спилит-диабазовой формаций [Тебеньков 1983]. К последней, по-видимому, следует относить и своеобразную толщу (70 м) катаклазированных кварцевых порфиров, описанную на северо-западном побережье залива Хорнсунн [Smulikowski 1968; Balashov et al. 1995]. К мезопротерозою также условно относится сложный по составу комплекс Вестготабреен (к югу от Сен-Джонс-фиорда), метаморфизованный в условиях низких температур и высоких давлений [Horsfield 1972; Dallmeyer et al.1990].

На северо-западе Шпицбергена в составе фундамента выделяются сланцы, кварциты и мрамора серий Конгсвегон и Кросс-фиорд и их мигматизированные аналоги (серия Смеренбург-фиорд). Кроме каледонских датировок времени последнего метаморфизма (430 млн лет) и внедрения посторогенных гранитов (413 млн лет), в последние годы среди мигматитов обнаружены небольшие тела и реликты гранитов и диоритов с возрастом в 950 млн лет [Peucat et al. 1989; Ohta et al. 2002].

Корреляция крупных литостратиграфических единиц, выделенных в разных районах архипелага, позволяет наметить в первом приближении общие структурно-тектонические комплексы (этажи): нижний, промежуточный и верхний. Верхняя возрастная граница последнего фиксируется в большинстве районов посторогенными гранитоидными интрузиями каледонского возраста.

Орогенный комплекс каледонид представлен мощной (до 8 км) толщей сероцветно-красноцветных обломочных отложений девонского возраста. Литотипом подобного рода орогенных формаций считается «Old Red Sandstone» – «Древний красный песчаник» Великобритании.

На Шпицбергене главной структурой, в которой сохранился девонский орогенный комплекс, является субмеридиональный грабен Земли Андре, осложненный узким внутренним горстом. К востоку от зоны разломов Вейде-фиорд – Билле-фиорд девонские отложения не встречены, однако некоторые исследователи допускают возможность распространения первичного девонского бассейна до Северо-Восточной Земли [Буров, Семевский 1976]. Вдоль западного ограничения грабена выступают древнейшие отложения девона, представленные конгломератовыми толщами, соотношение которых друг с другом не всегда ясно. Останцы девонских конгломератов были обнаружены и западнее граничного разлома, на островах в Конгс-фиорде [Gjelsvik 1974]. Крайне

важный вопрос о продолжении девонского грабена к югу от Ис-фиорда под верхнепалеозойским-палеогеновым чехлом Западно-Шпицбергенского грабенообразного прогиба остается открытым, поскольку выполненные здесь сейсмические работы оказались в этом плане малоинформативны, а наиболее глубокие скважины, пробуренные в пределах прогиба, не вышли из отложений пермского возраста. В то же время на юге Шпицбергена, вблизи залива Хорнсунн снова появляются нижне-среднедевонские отложения, правда в других фациях и уменьшенной мощности.

Следует отметить, что на фоне разнопорядковой ритмичности, свойственной всему разрезу девона Шпицбергена, наблюдается общая тенденция смены континентальных фаций морскими сероцветными и уменьшение роли грубообломочного материала, что свидетельствует о затухании во времени тектонического (орогенного) процесса.

Платформенный чехол развит главным образом в южной половине острова Западный Шпицберген и почти на всех восточных островах архипелага.

В составе чехла выделяются три разновозрастных комплекса, разделенных разного ранга несогласиями: верхнепалеозойский (включающий нижний карбон), мезозойский и раннекайнозойский (палеогеновый). Каждый из этих комплексов отличается только ему присущим типом и режимом седиментации, характером фаций и фациальных изменений, стилем платформенных дислокаций.

За основание платформенного чехла архипелага и, соответственно, его верхнепалеозойского комплекса принимается подошва угленосных нижнекаменноугольных отложений, накапливавшихся почти повсеместно в обстановке минимальной тектонической активности, в условиях, близких к пенеплену. Вышележащая часть верхнепалеозойского комплекса (средний карбон-пермь) представлена преимущественно карбонатными толщами, фациальная специфика которых (проявление пестроцветных конгломератов в основании среднего карбона, присутствие на различных стратиграфических уровнях мощных гипсоносных пачек) – свидетельствует о нестабильном режиме осадконакопления.

Мезозойский комплекс, детально изученный советскими геологами [Корчинская 1982; Пчелина 1983], отличается широким площадным распространением и сравнительно монотонной терригенной седиментацией. Анализ его мощностей и фаций показывает, что наиболее заметные изменения происходили в субширотном направлении, и это наводит на мысль о периодически проявлявшейся субмеридиональной палеозональности, унаследованной, по-видимому, от структурного плана каледонид. Отсутствие на архипелаге верхнемеловых отложений свидетельствует об общем воздымании региона, которое сопровождалось максимумом проявлений траппового магматизма [Буров и др. 1976], особенно широко представленных на востоке района.

Верхний, палеогеновый комплекс локализован в пределах крупнейшей платформенной структуры архипелага – Западно-Шпицбергенского грабеноообразного прогиба. Значительная мощность (свыше 2000 м) и, соответственно, высокая скорость седиментации, обломочный состав отложений, необычно высокая степень метаморфизма палеогеновых углей отражают обстановку повышенной тектонической активности. В эоцене вдоль западного побережья Шпицбергена происходит заложение узких грабен-прогибов, быстро заполнившихся грубообломочным материалом (до 3000 м) растущих горных хребтов. В плиоцене эпиплатформенный орогенез, вероятно, достиг кульминации, окончательно определив современный структурный план всего шпицбергенского региона. Обособились крупнейшие структуры чехла: Восточно-Шпицбергенское поднятие, Сассендаленская моноклиналь, Западно-Шпицбергенский грабенообразный прогиб, прогиб пролива Ольги. Вдоль западного побережья Шпицбергена сформировалась сложная зона смятия осадочного чехла – «Западная граничная зона разломов» [Harland 1961; Лившиц 1973: 102–108]. Эта зона прослеживается от Конгс-фиорда до вершины залива Хорнсунн и далее фиксируется геофизическими методами на шельфе, по крайней мере до острова Медвежьего. Повышенная мобильность западной части архипелага фиксируется в течение всей платформенной истории архипелага. В позднепалеозойское и мезозойское время эта подвижность была, видимо, связана с

особенностями строения фундамента, а в ранне- и особенно позднекайнозойское время – с влиянием рифтовой зоны Срединно-Атлантического хребта [Harland 1997].

Главные этапы тектонической истории Шпицбергена от протерозоя до современности сопровождались проявлениями магматической активности, отражающей тектонические различия или сходство отдельных блоков архипелага. Самым молодым свидетельством связи тектоники и магматизма являются вулканические постройки четвертичного возраста, сохранившиеся на северо-западе Шпицбергена.

Единственным обоснованием хозяйственно-экономического присутствия России на архипелаге в настоящее время является разработка угольных месторождений. Поиски альтернативного сырья являются одной из важнейших задач прикладных геологических исследований. Уже на первом этапе региональных работ были обнаружены отдельные проявления и зоны минерализации меди, железа, свинца, цинка, редких и радиоактивных металлов. В 1980-е годы специально изучалась металлогения главным образом западного побережья Шпицбергена. Составлены кадастры рудопроявлений и схема металлогенического районирования, карта угле- и битумопроявлений масштаба 1:1 000 000, сопровождаемая схемой размещения пунктов рудной минерализации и проявлений камнесамоцветного сырья.

К наиболее перспективным относятся месторождения барита, гипса, фосфоритов, расположенные вблизи российских поселков. Прогнозная оценка запасов для барита составляет 300 000 т, гипса – 1100 млн т, фосфоритов на участках, близких к российским поселкам, – более 60 млн т. Дальнейшая разведка и возможное использование этих полезных ископаемых тесно связаны с сохранением инфраструктуры российских рудников на норвежском архипелаге Шпицберген.

Действительно, если о месторождениях угля, являющегося основным добываемым сырьем на территории Шпицбергена, известно достаточно много и на эту тему опубликовано множество статей, то о проявлениях и месторождениях других полезных ископаемых известно гораздо меньше.

Вопрос о твердых полезных ископаемых (негорючих) архипелага Шпицберген рассматривается в литературе очень редко. В нашей стране небольшие публикации посвящены главным образом отдельным проявлениям того или иного типа [Евдокимов 1990; Сироткин 1990; Тебеньков, Кораго 1992; Евдокимов и др. 2003]. Некоторые работы [Кораго 1996; Российские геологические исследования 1998; Tebenkov et al., 1999б; Сироткин 2006; Сироткин и др. 2007] дают более общее представление о перспективности территории архипелага на полезные ископаемые этих видов.

Работа по поиску и эксплуатации месторождений твердых полезных ископаемых на Шпицбергене началась в начале XX века. В это время группа иностранных (в основном – западноевропейских) компаний занималась поисками и одновременной разработкой месторождений различного сырья. Среди них надо отметить следующие: цинковые руды на Земле Норденшельда, фосфориты на Земле Диксона, облицовочный материал (мрамор) на полуострове Бломстранд, гипс на Земле Бюнсова и др. Сейчас невозможно судить о методиках поисковых работ и принципах оценки месторождений, но в упомянутых выше районах можно наблюдать остатки разведочных и/или эксплуатационных горных выработок, отвалов и горного оборудования. Однако по разным причинам ни одно из месторождений архипелага в то время не было принято в постоянную и долговременную разработку.

Шпицбергенская партия ФГУ НПП ПМГРЭ проводит геологические исследования на архипелаге с 1962 года. На первом этапе работ, которые были в основном нефтепоисковыми, твердые полезные ископаемые исследовались в ходе попутных поисков при среднемасштабных геологических съемках или тематических работах. В это время были описаны проявления, связанные в основном с комплексами осадочного чехла (фосфориты, гипс). Целенаправленные работы по изучению металлогении Шпицбергена начались с конца 1970-х годов и были сосредоточены главным образом вдоль западного побережья архипелага и в его центральной части. Со второй половины 1980-х годов геолого-поисковые работы были продолжены в центральной части западного побе-

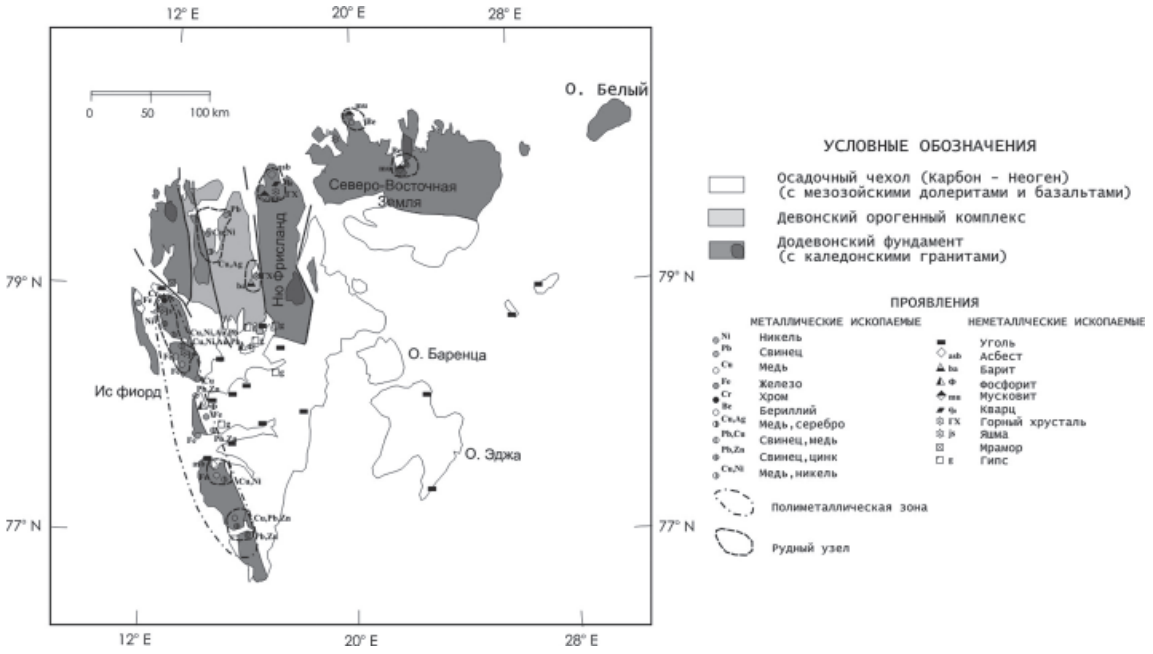


Рис. 4. Схема размещения полезных ископаемых архипелага Шпицберген [Тебеньков и др. 2004]

режья Шпицбергена и отличались значительной комплексностью (геологическая съемка масштаба 1:50 000, геофизика, геохимия, шлиховое опробование, ландшафтные и геоморфологические исследования). В процессе работ были выявлены и описаны проявления железа, цинка, свинца, меди, золота, горного хрусталя.

С начала 1990-х годов (с перерывами) ведутся работы по геологическому доизучению площади развития структур девонского грабена Шпицбергена и его тектонического обрамления. Важной составляющей этих исследований являются поисковые работы, в ходе которых были выявлены либо доизучены крупные проявления полиметаллов (медь, свинец, серебро), барита, горного хрусталя. Большое значение имеют выявленные здесь в последнее время тела кимберлитоподобных пород.

На сегодняшний день в пределах архипелага известны многие десятки проявлений твердых полезных ископаемых [Tebenkov et al. 1999b, Тебеньков и др. 2004] (*рис. 4–9*). Их распределение по площади неравномерно, а плотность выявленных проявлений напрямую зависит от степени геологической изученности того или иного района. Проявления металлических полезных ископаемых на архипелаге по геохимическому признаку разделяются на три группы: сидерофильные, халькофильные, литофильные. Сидерофильная группа представлена следующими рудными формациями: магматогенной (скарново-железорудная, медно-никелевая, железо-титан-ванадиевая, хромитовая), экзогенной (гематит-гетитовая, силикатно-никелевая и хромитовая), жильной сидеритовой. Халькофильная группа представлена формациями: жильной (барит-свинцово-цинковой, свинцово-цинковой, барит-медно-свинцовой, медно-серебряной), стратиформной (цинк-медноколчеданной и медноколчеданной метаморфогенной) и метасоматической (мышьяк-никелевой, золото-цинк-медной). Литофильная группа представлена магматогенно-метасоматической редкометально-редкоземельной, осадочной германиевой и инфильтрационной урановой.

Нерудные полезные ископаемые представлены месторождениями и проявлениями барита, фосфоритов, гипса, кварц-оптического сырья, камнесамоцветного сырья (яшма и горный хрусталь), асбеста, мусковита, мрамора.

Краткая геологическая и вещественная характеристика проявлений приведена в виде кадастров в производственных отчетах Шпицбергенской партии ПМГРЭ [Российские геологические исследования 1998]. В соответствии с действующими инструкциями, большая их часть оценивается как пункты минерализации.

Из металлических полезных ископаемых на Шпицбергене известны проявления железа, хрома, меди, свинца, цинка, золота, серебра, редких металлов, радиоактивных элементов и др.

Наиболее крупные проявления железа известны в районе западного побережья Шпицбергена. Большинство из них приурочено к кремнисто-карбонатным породам рифея. На севере Земли Принца Карла, на равнине Даудманс, на западе и юго-западе Земли Норденшёльда и на восточном побережье Решёрш-фиорда в кварцитах, кремнистых доломитах и сланцах рифейского возраста присутствуют стратифицированные пласты и линзы, обогащенные гематитом и магнетитом. На Земле Веделя Ярлсберга обнаружено проявление титано-магнетитовой руды, связанное с интрузией габбро-верлитов среднерифейского возраста. На западе Земли Норденшёльда и на равнине Даудманс описаны проявления железа в виде переотложенных сплошных гематитовых руд в базальных горизонтах нижнего карбона, что послужило основанием отнести их к формации кор выветривания.

Проявления хрома известны на восточном побережье пролива Форланд, где они связаны с метасоматитами по ультраосновным породам. Эти породы сегодня представлены серпентинитами и лиственитами с обильной вкрапленностью хромита и магнетита. Фрагменты зон этих метасоматитов известны во многих местах равнин Сварт, Каффи и Сарса. На равнине Сарса за счет размыва метасоматитов в четвертичное время сформированы россыпные проявления хромита и магнетита.

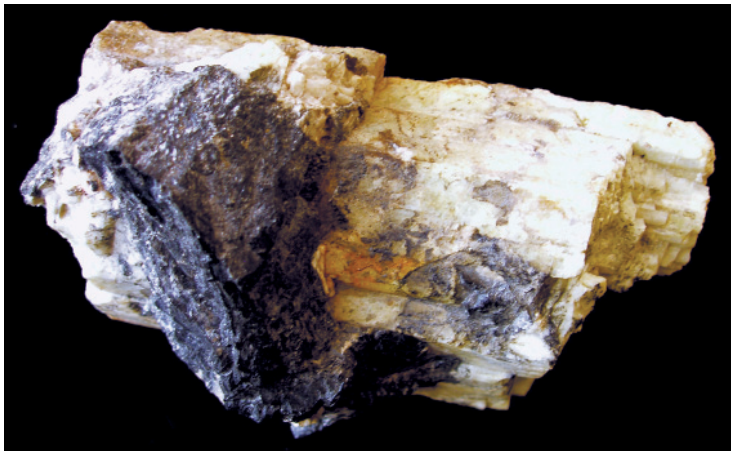


Рис. 5. Кристалл берилла из пегматитов Северо-Восточной Земли

В центральной части Шпицбергена, в районе Лифде-фиорда, Бокк-фиорда и Вуд-фиорда, известна группа проявлений меди, связанных со стратифицированными телами ранне-среднепротерозойских метаморфических парапород разного состава. Их общей особенностью является одинаковая степень метаморфизма и присутствие вкрапленно-жильного оруденения борнит-пирит-халькопиритового состава. Часть сульфидного материала ремобилизована в ходе наложенных процессов и переотложена в виде секущих жил в этих же телах и вмещающих их породах. Из крупных проявлений этого типа надо отметить проявления ледников Фридриха, Вонбреен и Рубинбреен. Они характеризуются большой мощностью рудных тел и высоким (до 10%) содержанием сульфидов.

Проявления галенита отмечены в пределах девонского грабена в центральной части архипелага. Наиболее интересные – на северо-западе Земли Андре и на западном берегу Бокк-фиорда. Последнее проявление характеризуется присутствием мономинеральных галенитовых жил мощностью до 1 м при протяженности до 50 м.

Пункты минерализации никеля известны на Западном Шпицбергене, в районе восточного побережья пролива Форланд, где они связаны с телами непуитсодержащих серпентинитов.

Редкие металлы представлены пунктами минерализации бериллия в телах пегматитов на Северо-Восточной Земле. Пегматиты локализованы как внутри каледонских гранитоидов, так и в метаморфических породах среднего протерозоя, которые граниты прорывают. В составе пегматитов встречаются берилл, турмалин, ортит, которые образуют хорошо выраженные кристаллы размером до 20 см. Второй тип редкоземельной-редкометалльной минерализации характерен для угленосных формаций осадочного чехла. Наибольший интерес представляет германий, высо-

кие содержания которого известны в пластах месторождения Пирамида.

Радиоактивные элементы представлены урановой минерализацией, которая связана с пачками углистых аргиллитов раннекаменноугольного возраста (юго-восток полуострова Ню-Фрисланд и Земля Диксона). Масштабы проявления незначительны.

Комплексные проявления цветных металлов – из наиболее значительных на архипелаге. Среди них выделяются полиметаллические проявления западного побережья и центральной части Шпицбергена, что явилось основанием для выделения Западно-Шпицбергенской [Кораго 1996] и Центрально-Шпицбергенской [Сироткин 2006] полиметаллических зон.

Полиметаллические руды западного побережья представлены проявлениями мыса Минерал и острова Синкхолмен (западная часть Земли Норденшельда) и проявлениями Купер-Кэмпа, горы Мотала и горы Анкерфьеллет (район Сент-Джонс-фиорда).

Два наиболее значительных проявления (остров Синкхолмен, мыс Минерал) разрабатывались в 1924–1926 годах; на острове Синкхолмен было добыто 240 т богатой сфалеритовой руды, однако из-за экономической нерентабельности в 1926 году работы были прекращены. Оба проявления структурно контролируются зонами брекчий в карбонатных толщах рифейско-вендского (?) возраста. Количество рудных минералов в рудных брекчиях достигает 30–40%. Основную массу составляет сфалерит, в подчиненном количестве присутствуют галенит и пирит, в единичных случаях – халькопирит и блеклая руда. По данным химического анализа руды характеризуются высокими содержаниями цинка, свинца, меди, кадмия, серебра.

Полиметаллические проявления в районе Сен-Джонс-фиорда связаны со слюдисто-кварц-карбонатными метасоматитами (лиственитами), для которых в целом характерна халькофильная рудная ассоциация (свинец – цинк – кобальт – мышьяк), включающая также никель и хром [Тебеньков, Кораго 1992]. С этой ассоциацией связаны повышенные содержания золота. Рудная минерализация представлена рассеянной вкрапленностью магнетита, пирита, галенита, сфалерита, халькопирита. Золотометрическим анализом повышенное содержание золота (до 1–2 г/т) установлено в пробах с северного побережья Сен-Джонс-фиорда и горы Мотала; здесь же пластинчатые зерна самородного золота обнаружены в протолочках метасоматитов и шлиховых пробах.

В центральной части Шпицбергена описана серия полиметаллических проявлений, приуроченных к мощным разломным зонам, по которым сочленяются нижне-среднепротерозойские породы фундамента с породами девонского грабена. Из них надо отметить проявления горы Сигурд, горы Халвданпигген, горы Ризефьелла, полуострова Петермана.

Проявление Сигурд находится в восточной части одноименной горы [Евдокимов 1990]. Проявление связано с глубинным разломом, разделяющим породы докембрия и нижнего девона, и локализуется на участках пересечения оперяющими нарушениями северо-западного простирания горизонтов серых глинистых известняков. В зонах этих нарушений формируются известняковые брекчии, сцементированные кварц-баритокальцитовым жильным материалом. Обломки брекчий, жильный материал и вмещающие известняки содержат сульфидную минерализацию (блеклая руда, борнит, халькозин, ковеллин, халькопирит, пирит, редко галенит) и корки азурита и малахита. Всего насчитано 8–10 зон протяженностью до 1000 м. По результатам работ выявлены

Рис. 6. Яшма Шпицбергена. Равнина Каффейра, западное побережье

высокие содержания меди и серебра [Сироткин 2006].

Проявления Халвданпигген и Ризефьелла располагаются в 15–20 км к северу от проявления Сигурд и приурочены к тому же глубинному разлому. По своим характеристикам они похожи на проявление Сигурд, но отличаются более широким развитием баритовой минерализации. Минеральный состав руд: блеклая руда, борнит, халькопирит, халькозин, пирит, виттихенит, эмплектит, самородные золото, висмут и серебро, азурит, малахит, куприт, тенорит, барит, кальцит, кварц. Руды характеризуются высоким содержанием меди, висмута, золота [Сироткин и др. 2007].

Недавно было обнаружено и описано несколько проявлений в районе горы Вактерфьеллет, которая находится к востоку от горы Сигурд, на некотором удалении от зоны глубинного разлома. Наиболее крупное проявление здесь приурочено к зоне брекчий, сформированных нарушением северо-западного простирания в пачке известковистых песчаников. Минеральный состав руд – блеклая руда, халькозин, халькопирит, пирит, минералы группы прустит-пираргирит, борнит, киноварь, азурит, малахит, гематит, барит, кальцит, кварц. Анализ ситуации также указывает на схожесть этого проявления с проявлением Сигурд. В целом для этой части центрального Шпицбергена характерно большое количество проявлений полиметаллов, приуроченных к западной тектонической границе девонского грабена. Самые северные известны сегодня в районе Лифде-фиорда, южные – в районе Диксон-фиорда.

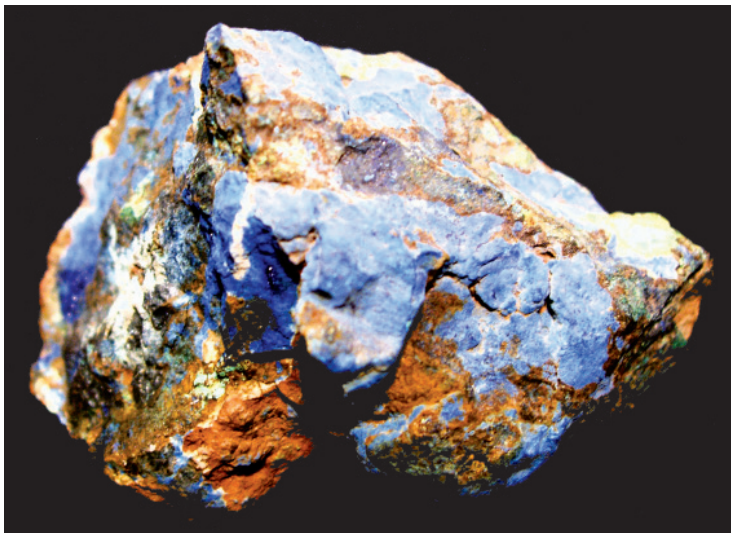


Рис. 7. Азурит. Проявление горы Сигурд на северо-западе Шпицбергена

В восточном борту грабена, в районе Ауст-фиорда, известно крупное комплексное проявление полуострова Петерман. Здесь полиметаллическое оруденение приурочено к мощному кварцево-жильному полю, генетически связанному с Биллефиордской зоной глубинных разломов и имеющему многоэтапную историю формирования. Поле состоит из главной зоны тектонического дробления и окварцевания и сопряженных с ней вспомогательных зон дробления и кварцево-жильной минерализации. Каждая зона сложена различного вида брекчиями, которые сцементированы и пересечены массой жильных образований кварцевого, карбонатного и баритового составов. Главная зона дробления имеет протяженность 15–16 км при мощности от 30–50 м до 1000 м.

В пределах поля выявлено несколько крупных тел рудной брекчии и кварцево-жильной проработки. По минеральному составу руд выделяются борнит-пирит-халькопиритовые и халькопирит-галенитовые. Выявлены высокие содержания в рудах меди и свинца, а также значимые количества серебра и золота. Имеющиеся данные позволяют утверждать, что перспективы этой структуры связаны с ее более глубокими горизонтами [Сироткин 2006].

Из неметаллических ископаемых на архипелаге представляют интерес проявления кварца, барита, флюорита, фосфоритов, гипса, а также обнаруженные недавно тела кимберлитоидов. По большинству описанных проявлений сделана оценка прогнозных ресурсов.

Оптические материалы представлены проявлениями горного хрусталя и жильного кварца, которые располагаются в верховьях долины Моссель (полуостров Ню-Фрисланд). В этом районе было выделено хрусталеносное поле Конгрыйсен, в пределах которого были обнаружены 4 хрусталеносные зоны [Сироткин 1990]. Зоны, представляющие собой участки концентрации относительно сближенных хрусталеносных кварцевых жил, располагаются в породах нижнего протерозоя. Наиболее мощная и продуктивная зона – зона Тобреен – приурочена к антиклинали

субмеридионального простирания. Вмещающие породы подвержены процессам хлоритизации, альбитизации, окварцевания. Кварцевые жилы здесь имеют преимущественно широтное простирание, крупные субмеридиональные жилы встречаются редко. Характерно наличие минерализованных трещин, также широтного простирания. Кварцевые жилы имеют протяженность до 40 м при мощности до 1,5–2 м. По данным спектрохимического анализа горный хрусталь и жильный кварц данного проявления удовлетворяет требованиям отраслевых стандартов (ОСТ 41-01-152-79) по химическим примесям и могут рассматриваться как сырье для плавки. Учитывая особенности кварцево-хрустальной минерализации участка Моссель, ее однозначно можно отнести к генетическому типу кварцевых безрудных гидротермально-метаморфических хрусталеносных жил и минерализованных трещин, являющемуся главным геолого-промышленным типом месторождений горного хрусталя [Дроздов и др. 1985].

Химическое сырье представлено на архипелаге проявлениями барита и флюорита. Баритовая минерализация нередко отмечается в кварц-карбонатных жилах в разных районах Шпицбергена. Наиболее существенные проявления обнаружены в горах к западу от Аустфиорда. Месторождение Риддерборгенское находится в южной части полуострова Петерман и обнаружено геологами Ленинградской партии ПГО «Северкварцсамоцветы». Оно связано с Петермановским кварцево-жильным полем, располагается в восточном борту главной зоны тектонического дробления и окварцевания и представляет собой крутопадающую зону дробления девонских песчаников, сцементированных баритом, реже кварцем и сидеритом. На фоне рассеянного распределения баритовой минерализации отмечается концентрированное развитие барита в прожилково-жильных зонах. Всего в пределах проявления выделено 4 таких зоны. По простиранию они прослеживаются на 600–1800 м, мощность меняется от 5 до 15 м. Каждая зона включает в себя одну центральную баритовую жилу (мощность от 0,2 до 3 м) и серию оперяющих прожилков. Коэффициент баритоносности – 0,9–1,0.

По результатам лабораторных и технологических исследований барит Риддерборгенского месторождения отнесен к высококачественному, сверхчистому сырью. Он рекомендован для получения микробарита с дальнейшим использованием в качестве белого пигмента при производстве красок и эмалей, а также сульфата бария, используемого в медицине. Рассчитанные прогнозные ресурсы позволяют отнести это месторождение к разряду крупных.

Проявление барита Цейпельдален расположено на западном побережье Ауст-фиорда в верховьях Цейпельдален. Рудные тела представлены ветвящимися жилами и неправильной формы зонами песчаниковых брекчий с баритовым цементом. Брекчированные зоны мощностью до 4 м приурочены непосредственно к разломам либо слагают сближенные до 2–3 м околожильные пространства при крайне неравномерном (50%) содержании барита. Качество барита высокое, содержание составляет 80–90%, вредные примеси в пределах допусков для I сорта.

Проявление флюорита Мораброен находится к северу от Экман-фиорда, в верховьях одноименного ледника. Проявление располагается в непосредственной близости от Брейбогенского глубинного разлома и локализовано в породах нижнего девона, представленных песчаниками и алевролитами. Для них характерно сильное окварцевание, осветление, пятнистая окраска. Во многих местах отмечается интенсивное брекчирование. Песчаники вмещают большое количество жил

Рис. 8. Гипс. Район рудника Пирамида

флюоритового и кварц-карбонат-флюоритового состава. Мощность жил достигает 1,5–3,0 м при простирании до 10 м и больше. Жилы имеют субширотное простирание и крутое залегание.

Флюорит формирует как мономинеральные жилы (обычно это наиболее мощные и протяженные тела), так и флюоритовые линзы в карбонат-кварц-флюоритовых жилах. Для флюорита обычны гигантокристаллические агрегаты мономинерального состава с полосчатыми и друзовыми текстурами. Встречаются друзы крупных (до 5–6 см) кубических кристаллов. Цвет минерала непостоянен: полупрозрачный бесцветный, матовый, желтоватый, зеленый, фиолетовый разных оттенков. Глубокий фиолетовый цвет встречается очень редко [Сироткин и др. 2007]. Данные, полученные для проявления Морабреен, позволяют отнести это проявление к кварц-флюоритовому типу флюоритовой формации [Иванова и др. 1976].

Агрохимическое сырье представлено на архипелаге проявлениями фосфоритов. Фосфатоносные формации широко развиты на архипелаге и приурочены к стратиграфическому диапазону триас – нижний мел [Пчелина 1965; Пчелина 1967]. Наиболее мощной и отчетливо выраженной во всех районах архипелага фосфатсодержащей толщей является существенно аргиллитовая толща анизийского и ладинского ярусов среднего триаса. Фосфаты присутствуют в виде конкреций, иногда образующих скопления и обогащающих отдельные пачки; они являются породообразующим компонентом глинисто-фосфоритовых и карбонатно-фосфоритовых прослоев мощностью от нескольких см до 2–5 м или образуют самостоятельные маломощные (до 0,6 м) прослои желваковых и зернистых фосфоритов.

В результате работ Шпицбергенской партии ПМГРЭ выявлены ряд районов, в том числе вблизи рудников Баренцбург и Пирамида, перспективных на выявление крупных месторождений фосфатного сырья. По всем объектам проведено опробование и оценены прогнозные ресурсы. Желваковые фосфориты характеризуются высоким содержанием пятиокиси фосфора и высокой лимоннорастворимостью; по содержанию вредных примесей и экологически контролируемых элементов они в соответствии с ОСТами относятся к среднесортным [Сироткин и др. 2004]. Ниже в качестве примера приводится краткая характеристика проявлений фосфоритов на западном побережье Грён-фиорда (район рудника Баренцбург).

Фосфатоносная среднетриасовая толща на западном побережье Грён-фиорда прослежена на 17 км к югу от Ис-фиорда при видимой мощности до 100 м. Содержание P_2O_5 в конкрециях составляет от 18,39% до 24,2%; в фосфоритовой породе – 14,4%. Наиболее высокие содержания P_2O_5 характерны для средней части анизийского яруса (до 15,40%). Прогнозные ресурсы составляют 12,07 млн т, что соответствует запасам крупного месторождения. Общие прогнозные ресурсы фосфоритовых руд в районе Ис-фиорда оцениваются в 800 млн т [Тебеньков и др. 2004: 34].

Из строительных материалов наибольший интерес на Шпицбергене могут вызывать месторождения гипса. По нашим данным, повышенной гипсоносностью отличаются верхнепалеозойские отложения центральной и восточной частей Шпицбергена [Тебеньков и др. 2004: 34]. С ними связана серия месторождений, располагающихся в окрестностях рудника Пирамида (районы Земли Диксона и Земли Бюнсова). В качестве примера приведем описание месторождения гипса Пирамида.

Месторождение Пирамида находится на западном берегу Билле-фиорда, в районе рудника Пирамида. Площадь – около 40 кв. км. Разработка гипса производилась в 1948 году для нужд строительства. В настоящее время добыча прекращена. Основные залежи гипсов располагаются в прибрежной зоне. Гипсоносность связана с отложениями пермо-карбона, в которых пласты гипсов и ангидритов имеют мощность от 10 см до 22 м. Суммарная мощность обобщенного гипсового пласта составляет 200–290 м. Гипс преобладает белый, серый, сахаровидный (алебастр), редко – розовый, мелкокристаллический, с четко видимыми прослоями серого ангидрита. Еще реже встречается крупнокристаллический гипс. Отмечены отдельные линзы до 0,2 м в поперечнике монокристаллического полупрозрачного гипса. Гипсы соответствуют 1 и 2 сорту по ГОСТ 4013-82. Из него получено гипсовое вяжущее марок Г-4, 6 и 10. Ангидритовое вяжущее имеет

марку 150 и 250. Прогнозные ресурсы составляют 516 млн т. Общие прогнозные ресурсы гипса по этому району составляют 2330 млн т [Тебеньков и др. 2004: 35].

Среди других видов неметаллических полезных ископаемых следует упомянуть проявления горнотехнического сырья (асбест и мелкочешуйчатый мусковит) и поделочных камней (горный хрусталь и яшма). Здесь же необходимо отметить обнаруженные недавно дайковые поля кимберлитоподобных пород в районах Вейде-фиорда и Экман-фиорда. Дайки щелочного-ультраосновного состава раннекарбонового возраста по своим петрохимическим и минералогическим характеристикам соответствуют субщелочным пикритоидам и могут быть отнесены к породам кимберлитового типа. Изучение состава акцессорных минералов позволило отнести эти образования к проявлениям пироповой фации кимберлитового магматизма [Евдокимов и др. 2004; Евдокимов и др. 2005; Евдокимов и др. 2006]. Сходство структурного положения и возраста этих пород с Гренландской кимберлитовой провинцией и, с другой стороны, с кимберлитовой провинцией Зимнего Берега Архангельской области позволяет предположить существование кимберлитовых полей на Шпицбергене.

На территории архипелага выделяются три минерагенические структуры ранга областей. Это Западно-Шпицбергенская и Центрально-Шпицбергенская полиметаллические зоны и Центрально-Шпицбергенский угленосный бассейн.

Проявления металлических полезных ископаемых в пределах Западно-Шпицбергенской зоны тяготеют к комплексам пород каледонского фундамента, активизированного в результате молодых альпийских движений, связанных с раскрытием Северной Атлантики. На севере зоны выделяется Восточно-Форландский рудный узел (показанный на карте как «зона», благодаря линейному, вытянутому контуру), полиметаллические проявления которого связаны в основном с метасоматитами и серпентинитами каледонских офиолитовых комплексов. В центральной части Западного Шпицбергена выделен Чемберлендаленский рудный узел. Здесь проявления рудных полезных ископаемых тяготеют к дифференцированным магматитам основного-ультраосновного состава. Расположенный на юге Хорнсуннский рудный узел также, по-видимому, связан генетически с каледонскими тектоно-термальными событиями.

Металлические и неметаллические полезные ископаемые в пределах Центрально-Шпицбергенской полиметаллической зоны располагаются как в породах докембрия, так и девонского комплекса. В пределах зоны выделяются два рудных района: Брейбогенский флюорит-полиметаллический и Ауст-фиордский барит-полиметаллический. Каждый из районов контролируется зоной глубинных долгоживущих разломов и имеет длительную историю своего становления. В пределах районов выделяются рудные поля, для которых характерно присутствие 1–2 крупных проявлений полезных ископаемых в породах девона и нескольких более мелких – в породах как докембрия, так и девона.

Помимо рудных узлов, входящих в состав минерагенических областей, на архипелаге выделяется ряд самостоятельных структур сходного ранга. На Северо-Восточной Земле оконтурены Нордкапский и Рийп-фиордский рудные узлы с мусковитовой и редкометальной минерализацией, тесно связанные с каледонскими позднe-, посттектоническими гранитоидами. На севере Ню-Фрисланда выделяется Моссельбухтинский рудный узел, проявления которого тяготеют к

Рис. 9. Кристалл галенита в баритовой жиле. Остров Медвежий

комплексам раннего протерозоя. Со спокойными платформенными условиями связаны проявления Билле-фиордского угле-гипсоносного района.

Представляется очевидным, что основные рудные узлы Шпицбергена тяготеют либо к меридиональным тектоническим структурам каледонского и третичного возраста, либо к их пересечению с более молодыми широтными тектоническими нарушениями.

В ходе углепоискового и параметрического бурения и эксплуатации шахт на Шпицбергене были выявлены проявления нефти и газа. Для дальнейшей оценки перспектив углеводородного сырья необходимо проведение комплекса подготовительных работ, включая сейсморазведочные (МОВ ОГТ модификации 3D), составление структурных карт районов, оценка прогнозных ресурсов и выбор места заложения разведочных скважин.

Дальнейшие перспективы поисков полезных ископаемых на архипелаге, в первую очередь нефти и газа, связаны с изучением геологического строения прилегающего шельфа.

В настоящее время на архипелаге Шпицберген силами Полярной морской геологоразведочной экспедиции ведутся геологические исследования по следующим направлениям:

1. Завершение составления комплекта карт архипелага с прилегающим шельфом масштаба 1:1 000 000 с объяснительными записками. Карты составляются с использованием ГИС-технологий (стандарт ARC/VIEW) с максимальным приближением к требованиям, принятым для территории России.

2. Геологическое картирование и составление серии листов карт норвежской разграфки масштабов 1:100 000 и 1:200 000 по договору о сотрудничестве с Норвежским полярным институтом. Программа рассчитана до 2010–2015 года. Карты издаются в Норвегии с указанием авторства (или участия) российских и зарубежных исследователей.

3. Специализированные (тематические) геологические работы в районах, ключевых с точки зрения оценки полезных ископаемых или понимания стратиграфии, тектоники и магматизма архипелага. Часть этих работ проводится в тесном сотрудничестве со специалистами ВНИИОкеангеология, ГНПП «Севморгео», Мурманского морского биологического института, Норвежского полярного института, Университета г. Уппсала и Музея естественной истории в Стокгольме.

Для достижения максимальной эффективности геологических исследований в дальнейшем представляется необходимым развивать кооперацию с национальными и международными институтами и организациями, ведущими работы на архипелаге Шпицберген.

Первоочередными задачами на архипелаге, включая шельф, являются:

1) составление комплектов карт различных масштабов с объяснительными записками для оценки перспектив полезных ископаемых, тектонических реконструкций и выбора направлений дальнейших исследований;

2) проведение геофизических, в первую очередь сейсмических, и структурно-геологических работ с целью оценки перспектив нефтегазоносности архипелага и прилегающего шельфа.

Глава 2

Комплексные исследования перигляциальных процессов и состояния морских экосистем на Западном Шпицбергене

Ледники, открытые геологические обнажения, альпийский тип рельефа с крутыми склонами гор, теплые воды Гольфстрима, омывающие западные и северные берега острова Западный Шпицберген, богатая морская фауна и современные природные процессы, а также изначально молодой ледниковый ландшафт делают архипелаг естественной природной лабораторией для изучения механизмов природных явлений, протекающих как на самом архипелаге, так и на его шельфе. Поэтому геолого-географические, гидробиологические и океанологические особенности этого уникального региона привлекали специалистов Мурманского морского биологического института (ММБИ) начиная с 1969 года. Эта была первая экспедиция ММБИ, организованная совместно с НИИГА, по изучению донных отложений фиордовых губ Западного Шпицбергена (*рис. 1*). В ходе экспедиционных работ и лабораторного изучения проб получено целостное представление об осадконакоплении фиордов и отмечено, что в современном седиментогенезе основную роль играет тонкозернистый терригенный материал, выносимый талыми ледниковыми водами [Тарасов 1977] .

После длительного перерыва, в 1982 году, была проведена комплексная экспедиция на НИС «Дальние Зеленцы» (рейс № 13) под руководством академика Г.Г. Матишова. Маршрут рейса со станциями проходил по губам и заливам Западного Шпицбергена и по прибрежному шельфу. На станциях отбирались пробы донных осадков, пробы воды по горизонтам на гидрологогидрохимический состав (температура, соленость, кислород, биогенные вещества и др.), изучались планктонные и бентосные организмы. Кроме того, в заливе Ис-фиорд с целью визуального наблюдения за состоянием донных животных и характером донных отложений и мезорельефа был выполнен ряд погружений в подводном аппарате «Зеленецкая». Таким образом, впервые были проведены комплексные исследования природы подводного ландшафта и состояния экосистем в прибрежных водах архипелага.

В течение шести лет, с 1990 по 1995 год, проводились палеоэкологические исследования в фиордах Хорнсунн и Бельсунн в содружестве с польскими учеными по совместной программе «Эколого-геофизическое изучение шельфа и прибрежной зоны Западного Шпицбергена». К этому периоду польскими исследователями были изучены динамика современных ледников, гляциокарстовые процессы, атмосферное загрязнение острова и прилегающей территории, современные геоморфологические процессы и комплекс геофизических наблюдений. Соответственно, исследования ММБИ были ориентированы на те на-

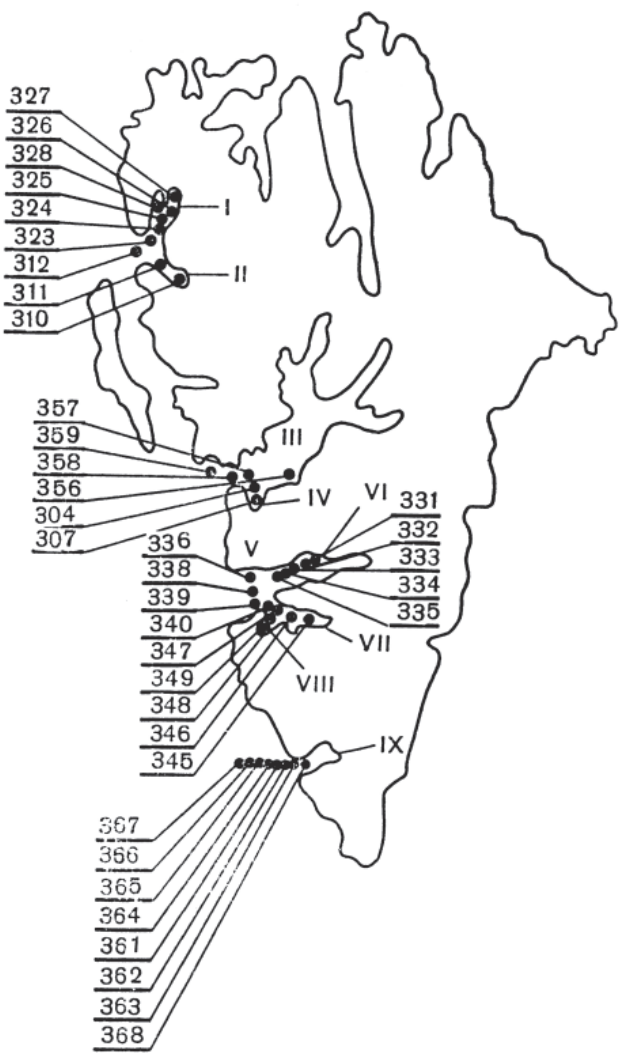


Рис. 1. Схема расположения грунтовых станций (304–368)

I – Кросс-фиорд; II– Конгс-фиорд; III – Ис-фиорд; IV – Грен-фиорд; V – Бельсунн; VI – Ван-Мейен-фиорд; VII – Ван-Келен-фиорд; VIII – Решерш-фиорд; IX – Хорнсунн

правления научных исследований, над которыми польские ученые работали меньше всего. Цель наших исследований заключалась в изучении ландшафтно-экологических особенностей района фиорда Хорнсунн с использованием литолого-фациальных, актуопалеонтологических и гидробиологических методов. Опробование донных отложений и гидролого-гидробиологические сборы выполнялись с борта НТС «Помор». Кроме того, большой объем работ был выполнен в береговой зоне с использованием надувной резиновой лодки «Зодиак». Был проведен широкий комплекс исследований по изучению геоморфологических и других ледниковых и перигляциальных процессов и явлений [Тарасов и др. 1993].

Особый интерес в фиорде Хорнсунн вызывает изучение моренных комплексов полуострова Трескален, расположенных поблизости и параллельно к нему надводных моренных гряд – моренных образований, оставленных активно отступающим ледником. Относительная высота гряд убывает с запада на восток с 40 до 15 м. В рельефе поверхности морен выделяется волнисто-холмистый рисунок с амплитудами превышения в 2–3 м. Представлены они однотипными отложениями темно-серого цвета, состоящими в разных пропорциях из частиц глинисто-песчаной размерности с обилием каменного материала. Крупнообломочная часть морен включает в себя угловатые обломки местных пород самых различных величин и степеней обработки. Отдельные обломки пород имеют четкие следы ледниковой штриховки и царапины. Мелкозернистая составляющая отложений морен напоминает бетонную массу. Местами, особенно на крутых откосах, в теплый летний период морена подвергается оттаиванию, и благодаря пастообразной консистенции эта масса свободно стекает вниз по склону в виде грязевого потока.

Исследования показали, что в моренах в достаточном количестве содержится фауна: фораминиферы, целые и битые створки раковин двустворчатых моллюсков *(Chlamys islandica, Hyatella arctica, Mya truncata, Elliptica elliptica, Tridonta borealis, Astarte crenatd)*, отмечено присутствие хорошо сохранившихся конгломератов красных известковистых водорослей рода *Lithotamnion*. На створках *Chlamys islandica* обнаружены корковые и комкообразные колонии мшанок *Cellepora ventricosa, Cellepora sp., Porella princeps, P. minuta, Microporella ciliata,* домики седентарных полихет рода *Spirorbis* и основания разрушенных домиков *Balanus sp.* [Denisenko, Tarasov 1992]. Многочисленны мелкобитые обломки раковин других видов бентосных организмов. Характерно, что многие раковины створок моллюсков в толще морены встречаются в хорошо сохраненном виде.

Из всех видов моллюсков самыми многочисленными являются раковины исландского гребешка. Они встречаются повсеместно как на поверхности моренных гряд, так и в толще отложений. Радиоуглеродные датировки из створок раковин *Chlamys islandica* на высокой террасе (40 м) показали возраст (8380±80) лет (ГИН-7083), а на нижней террасе – (7090±200) лет (ГИН-7084).

Не меньший интерес представляет распределение современных живых видов моллюска *Chlamys islandica* на дне фиорда Хорнсунн. С этой целью было выполнено несколько дночерпательных станций в районе Трескалена. Однако во всех этих пробах не оказалось моллюсков. Во время проведения очередного рейса НИС «Дальние Зеленцы» в 2001 году (нач. экспедиции – доктор биологических наук П.Р. Макаревич), по инициативе Г.А. Тарасова выполнена бентосная съемка фиорда Хорнсунн. Работами была охвачена вся территория фиорда от кутовой части до выхода в открытое море, в том числе и на шельфе Шпицбергена. Ни на одной из 17 бентосных станций вообще не было обнаружено живых особей моллюсков *Chlamys islandica*. Методические погрешности по отбору дночерпательных проб исключаются, так как на одних и тех же станциях выполнялось до 5 подъемов или спусков пробоотборника. Следовательно, исландский гребешок в фиорде отсутствует.

Рассматривая проблему обитания исландского гребешка в данном районе, мы пришли к заключению, что на месте нынешнего фиорда в позднеледниковье простирался обширный пролив, по которому соединялись воды Гренландского и Баренцева морей. С изменением гидрологического режима и установлением нормальной прибрежно-морской обстановки с активной гидродинамикой в пролив переселялись многие виды шельфовых донных организмов, в том числе исландский гребешок. Судя по радиоуглеродным датировкам и данным высотного положения голоценовых морских террас, такая обстановка на архипелаге возникла после распада ледников последнего оледенения. Считается, что окончание дегляциации ледников последнего оледенения на архипелаге Шпицберген происходило в интервале 16–13 тысяч лет назад, а максимальные скорости вздымания до 70 мм в год устанавливаются на отрезке 10–9 тысяч лет назад, и общая амплитуда поднятия составляет 140 м за голоцен. Для района Хорнсунн изобазы вздыманий за последние 9 тысяч лет составляют 40 м. В целом отмечается сводовое гляциоизостатическое вздымание в голоцене при возрастании максимальных его величин к востоку. В малый ледниковый период современные ледники Хорн и Хамберг перекрывают восточную часть пролива Хорнсунн, и, таким образом, пролив перестает существовать. При продолжающемся гляциоизостатическом подъеме архипелага сквозная циркуляция водной массы меняет свое направление и гидрологический режим. В результате Хорнсунн приобретает черты полузакрытого водоема – фиорда. С изменением природных условий фиорда делается невозможным существование моллюсков *Chlamys islandica*. Как следствие, они исчезли или переместились на шельф Западного Шпицбергена. В определенной мере эти моллюски встречаются во многих районах Баренцева моря: в прибрежной зоне Мурманского берега, Новой Земли, а также Западного Шпицбергена, в особенности в проливах – в зоне действия сильных придонных течений [Денисенко 1989].

Предположение о существовании пролива Хорнсунн подтверждается также материалами изучения фораминифер и данными польских исследователей, проводивших радиозондирование ледника Хорна и установивших, что его ложе расположено более чем на 10 м ниже уровня моря. Проводя сравнение комплексов фораминифер раннеголоценового возраста и современных сообществ фораминифер в фиордах Шпицбергена, И.А. Погодина [Погодина 2002] отмечает, что климатические условия раннего голоцена значительно отличались от современных. Большее видовое разнообразие, значительное количество бореально-арктических видов, стеногалинных форм, прекрасная сохранность раковин свидетельствуют о том, что раннеголоценовые комплексы фораминифер сформировались в условиях высокой гидродинамической активности при постоянном поступлении атлантических вод нормальной морской солености.

В 1994 году постановлением Отделения общей биологии Российской академии наук была организована Шпицбергенская биостанция ММБИ (*рис. 2*). Основными направлениями научных исследований были обозначены:

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Бюро Отделения общей биологии

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

3 марта 1994г. № 14

Москва

О создании биостанции на архипелаге Шпицберген в п. Баренцбург в рамках Международной экологической лаборатории Мурманского морского биологического института Кольского научного центра РАН

Бюро Отделения общей биологии РАН ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Считать целесообразным создание биологической станции в рамках Международной экологической лаборатории Мурманского морского биологического института Кольского научного центра РАН (архипелаг Шпицберген, п. Баренцбург).

2. Утвердить основные направления научных исследований биостанции:

– получение сравнительных данных о биоразнообразии, исследование морских экосистем на северном участке действия западной ветви Гольфстрима;

– разработка модели процессов влияния талых (пресных) ледниковых вод на морскую экосистему в ледниковых бухтах разного типа Западного Шпицбергена;

– исследование динамических процессов в арктических экосистемах и других явлений природы.

Рис. 2. Постановление Отделения общей биологии РАН о создании биостанции в Баренцбурге

– получение сравнительных данных по биоразнообразию, исследование морских экосистем на северном участке действия западной ветви Гольфстрима;

– разработка модели процессов влияния талых (пресных) ледниковых вод на морскую экосистему в ледниковых бухтах разного типа Западного Шпицбергена;

– исследование динамических процессов в арктических экосистемах и других явлений природы.

Официальное открытие биостанции в Баренцбурге состоялось в 1994 году во время экспедиции на НИС «Всеволод Березкин» (начальник рейса – Г.А. Тарасов). В ходе полевых работ был собран большой материал по литологии, гидрологии и гидробиологии. Уже на базе новой биостанции в 1995 году сотрудниками института проведена комплексная научная экспедиция в заливе Грёнфиорд по изучению влияния ледников на донные осадки, бентосные организмы и фитопланктонное сообщество, макрофиты и структуру водной массы. Исследования выявили интересные закономерности в распределении донной фауны в районах стока талых ледниковых вод. Это почти полное отсутствие фауны в верхней 1,5-метровой зоне и обильное ее развитие на глубине 4–5 м, что объясняется сильным распреснением поверхностного слоя воды и наличием фронтальной зоны при встрече пресной и морской воды.

Более регулярным исследованиям природы Шпицбергена способствовало решение Правительства РФ «О финансировании деятельности российских организаций на архипелаге Шпицберген» (постановление № 491 от 5 июля 2000 года). С 2001 года ММБИ стал выполнять научные работы по теме «Исследование современных перигляциальных процессов, формирования ледниковых отложений, прибрежных биоресурсов, птичьих базаров, мест обитания тюленей и белых медведей на архипелаге». Одновременно стали ежегодными морские экспедиционные работы на НИС «Дальние Зеленцы» в фиордах и заливах Шпицбергена с целью изучения экосистемы прибрежных вод (*рис. 3*). В этот период большой объем работ выполнен на архипелаге по следующим направлениям: изучение перигляциальных природных процессов и современного ледниково-

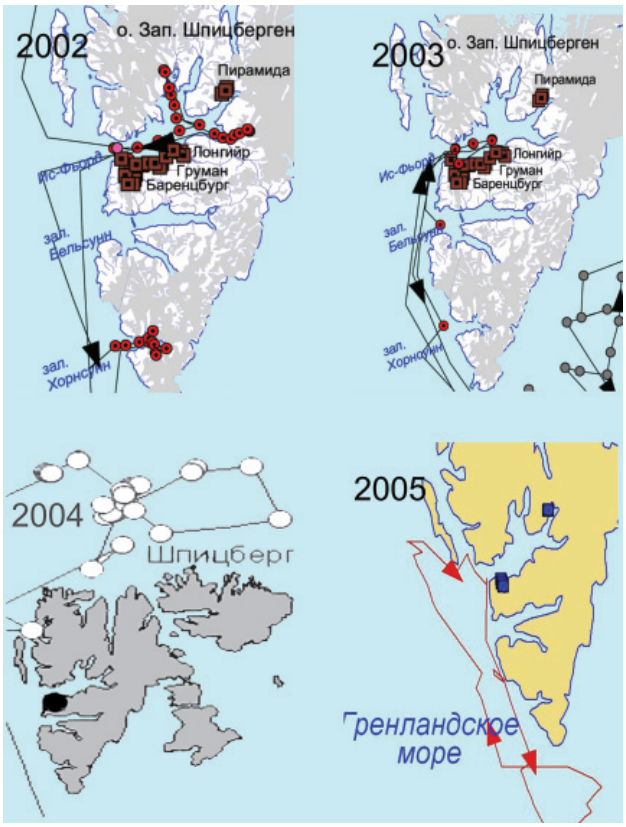


Рис. 3. Рейсы научно-исследовательского судна «Дальние Зеленцы» (2002–2005 годы)

моренного рельефа, потоки осадочного вещества и современный седиментогенез, новейшая палеогеография Западного Шпицбергена, особенности экосистемы фиордовых заливов (бентос, планктон, морские млекопитающие, орнитофауна и др.). Основные результаты этих исследований изложены сотрудниками ММБИ в сборниках статей «Комплексные исследования природы Шпицбергена», вып. 2–7 [Комплексные исследования 2002–2007].

Так, альгологами во главе с доктором биологических наук Г.М. Воскобойниковым проанализированы проективное покрытие, видовой состав и размерно-весовые характеристики макрофитов, различающихся по степени прибойности и характеристике грунта. Отмечена обедненность видового состава водорослей в прибрежье Шпицбергена и относительно низкое проективное покрытие по сравнению с имеющимися данными по Мурманскому побережью Баренцева

моря. В районе исследований были обнаружены следующие виды водорослей: *Phaeophyta-Alaria esculenta (L.) Grev., C. tomentosa Lyngb., C. filum (L.) Lam., D. viridis (Mul.) Lam., Desmarestia aculeata (L.) Lam., Elachista fucicola (Veil.) Aresch., F. distichus L., F. vesiculosus L., L. saccharina (L.) Lam., L. digitata (Huds.) Lam., Pylaiella litoralis, Sacchorhiza dermatodea De la Pyl.; Rhodophyta – Halosaccion ramentaceum, Odonthalia dentata (L.) Lyngb, Palmaria palmata (L.) Kuntze., Ptilota plumosa (Huds.) Ag.; Chlorophyta – Acrosiphonia arcta (Dillw.), Cladophora sp.* Среди исследованных районов Западного Шпицбергена наиболее богато по видовому составу побережье мыса Старостина.

Сравнительно хорошо изучены донные биоценозы залива Грён-фиорд, фиордов Ис-фиорд, Бельсунн и Хорнсунн. Наблюдения показали, что именно в июле, самом теплом для исследуемого региона месяце года, в период кратковременного лета, наблюдается максимальное разнообразие фауны беспозвоночных, что обусловлено появлением обильной кормовой базы (зоопланктона), вызванный вспышкой фитопланктона, которая, в свою очередь, возникает в ответ на четкую стратификацию воды, что характерно для контактной зоны водных масс разного происхождения. В данном случае это относительно теплые и соленые атлантические воды Западно-Шпицбергенского течения и холодные и распресненные воды ледникового стока. Все это доказывает, что Грён-фиорд, как и все фиорды Западного Шпицбергена, относится к высокопродуктивной зоне. А наиболее высокой продуктивностью отличается средняя часть залива, находящаяся вблизи границы вод ледникового стока, которая мигрирует примерно в районе от долины реки Альдегонда до бухты Ларвика.

Был проанализирован видовой состав, биогеографическое распространение и особенности количественного распределения доминантного вида бентосна – амфипод.

По данным О.С. Любиной [Любина 2006], в исследованных фиордах Западного Шпицбергена идентифицировано 64 таксона амфипод 22 семейств. Самыми обычными в исследованных акваториях видами являются широко распространенные бореально-арктические бокоплавы: *Haploops tubicola (частота встречаемости 59%), Arrhis phyllonyx (43%), Ampelisca eschrichti (39%), Unciola leucopis (22%).* В акватории относительно небольшого залива Хорнсунн зафиксировано максимальное количество видов. При значительном обилии видов относительное таксономическое разнообразие амфипод этого фиорда минимальное (R = 0,3). Отмечается, что в районе исследования преобладают бореально-арктические амфиподы (более 50%). Менее трети видов имеют арктическое распространение. Максимальное количество арктических видов встречено в Грён-фиорде (33%), в то время как в акватории залива Бельсунн (Ван-Куелен-фиорд) арктические виды отсутствуют. Среди подавляющего большинства бореально-арктических амфипод в исследованных фиордах преобладают виды атлантического происхождения. Максимальное число этих видов зафиксировано в заливе Бельсунн (27%) и в Грён-фиорде. Полученная картина биогеографического распространения амфипод свидетельствует о значительном влиянии атлантических вод на фауну юго-западной части Шпицбергена.

Особенностью количественного распределения амфипод в районе исследования является их высокая биомасса (в среднем 1,294±0,32 г/м^2) на фоне относительно небольшой плотности поселения (103,15±25,8 экз/м^2). По числу встреченных видов на единицу площади фауну амфипод можно охарактеризовать как обедненную (в среднем по 4,5±0,3 вида на станцию). Максимальная биомасса амфипод (свыше 20,6 г/м^2) обнаружена в куту Грён-фиорда на глубине 60 м на илисто-глинистом грунте. Наибольшая плотность поселения (около 1500 экз/м^2) выявлена на каменистой литорали этого же водоема в поселениях литорально-криопелагического вида *Gammarus setosus.* Как отмечает О.С. Любина, наличие относительно теплых атлантических водных масс у юго-западных побережий Шпицбергена является причиной преобладания в фауне амфипод бореально-арктических видов. Поселения амфипод с высокой биомассой приурочены к районам смешения водных масс различного происхождения и сосредоточены либо в устьях заливов, либо на небольших глубинах (60–90 м), где воды ледникового и речного стока смешиваются с морскими водами, образуя высокопродуктивные фронтальные зоны. При продвижении в глубь заливов

в поселениях амфипод происходит снижение таксономического разнообразия и возрастает средняя масса особей.

В видовой структуре донной фауны Грён-фиорда полихеты составили 38% [Фролова 2006]. Видовое разнообразие многощетинковых червей, оцениваемое количеством видов на 0,3 м^2, достигает максимального значения – 40 видов в средней части Грён-фиорда на глубине 117 м на илистом грунте с крупной галькой и щебнем. Повсеместно отмечен пик видового разнообразия на глубине 4–6 м. Наиболее распространены (частота встречаемости более 70%) виды полихет: *Scoloplos acutus, Lumbrineris sp., Terebellides stroemi, Chaetozone setosa, Eteone agg.flava*. Основу фауны многощетинковых червей Грён-фиорда составляют бореально-арктические виды. Арктические виды встречались лишь на глубинах менее 60 м, а глубже возрастает количество бореальных видов. Биомасса многощетинковых червей в Грён-фиорде варьирует от 0,2 до 92,16 г/м^2, составляя в среднем по всему диапазону глубин 33,09±4,52 г/м^2. Минимальная биомасса полихет зарегистрирована в кутовой части залива на глубине 1,5 м на алеврито-пелитовом грунте с примесью мелкозернистого песка в биоценозе амфиподы *Onisimus litoralis*. Сюда интенсивно поступает осадочный материал и пресная вода, источником которых является ледник. Максимальная биомасса отмечена в средней части фиорда на максимальной глубине 143,5 м на мелкопесчанистом иле, подстилаемом плотной темно-серой глиной, в биоценозе двустворчатых моллюсков *Yoldia hyperborea*. В верхней сублиторальной зоне отмечен пик биомассы на глубинах 4–6 м с последующим снижением на глубинах 8–15 м. С увеличением глубины залива биомасса постепенно возрастает, достигая максимальных значений в глубоководной депрессии фиорда. Плотность поселения многощетинковых червей в Грён-фиорде изменяется от 17 до 20 367 экз./м^2. Минимальная плотность поселения полихет отмечена на глубине 1 м в бухте Лаврика, близ обширной осушки.

Орнитологами С.Ф. Марасаевым [Марасаев 2003] и Н.Ю. Иваненко [Иваненко 2006] изучены основные природные особенности гнездовой биологии птиц, тенденции изменения численности и их факторы, видовое разнообразие и характер пребывания птиц. Исследованиями отмечено, что в районе Ис-фиорда встречается 23 вида птиц. Наиболее многочисленными видами оказались глупыш, обыкновенная гага, моевка, люрик, толстоклювая кайра. На гнездовании преобладали моевка и люрик, на пролете – глупыш, в линных скоплениях – обыкновенная гага. Численность и распределение птиц по территории определяется наличием характерных для вида кормовых или гнездовых стаций и толерантностью вида к антропогенному беспокойству. Заселение территории видами птиц, гнездящимися в окрестностях Грён-фиорда, неоднородно. Для каждого вида можно выделить наиболее предпочитаемые биотопы. Короткоклювый гуменник, например, гнездится в основном на западном берегу фиорда, поскольку там расположены наиболее предпочитаемые для этого вида гнездовые биотопы, а также по территории вблизи озер, для вождения выводков. Несколько видов, такие как обыкновенная гага, моевка, бургомистр, определенно предпочитают гнездиться вблизи поселка Баренцбург, вероятно из-за сильного пресса хищничества со стороны песца, – к населенному пункту этот хищник близко не подходит. Следует заметить, что песцы в данном районе представляют серьезную опасность не только для наземно гнездящихся видов и в меньшей степени для короткоклювого гуменника и полярной крачки, поскольку эти виды способны активно оборонять гнезда, – но и для люриков и чистиков, гнездящихся на невысоких обрывах. Так, на горе Копань песец пробирался по осыпи на высоте около 130 м.

Гнездование в определенных биотопах влияет и на сроки размножения. У некоторых видов период размножения сильно растянут во времени. Так, например, у бургомистров, гнездящихся на постройках и на обрыве горы Копань, птенцы появились примерно на месяц раньше, чем у птиц, гнездящихся на земле. Для большинства видов птиц, гнездящихся в Грён-фиорде, характерно гнездование из года в год в определенных местах. У полярной крачки места гнездования могут быть постоянными (например, колония на вертолетном ангаре на мысе Хеередден) или менять расположение. Возможно, поэтому в прежние годы в районе нефтебазы колонии обнаружено не было.

Сотрудниками отдела геологии изучены рельеф дна и донные отложения приледникового

озера Ледовое (*рис. 4*), находящегося в кутовой части залива Грён-фиорд, у фронта ледников Западный и Восточный Грёнфиорд, а также конечная напорная морена, которая отделяет озеро от залива. Исследования дают основание утверждать, что предположительно озеро образовалось в верховье палеозалива менее 1000 лет назад в результате активной подвижки ледника Грёнфиорд и заполнения депрессии озера талыми ледниковыми водами (*рис. 5*).

В ходе работ с седиментологическими ловушками установлено, что в летний сезон, в период активного таяния ледников в заливе Грён-фиорд, в районе устья реки Грендален, на дне аккумулируется в сутки до 605 г/м^2 осадочного минерального вещества (*рис. 6*). Здесь же, по данным ловушки, простоявшей в течение года, количество осадочного материала составляет порядка 90 г/м^2 в сутки. При этом основной объем осадочного минерального вещества выносится и оседает в заливе в течение трех летних месяцев (с июня по август), а в феврале-марте отмечается практически нулевая седиментация. В продольном профиле залива количество поступаемого материала убывает с удалением от верховья залива. Например, в осевой глубоководной зоне залива в районе ледника Альдегонда летом в сутки оседает на дно порядка 24 г/м^2, а с удалением на 2 км на выход от залива, несколько севернее мыса Финносет, – 14,3 г/м^2 минерального вещества.

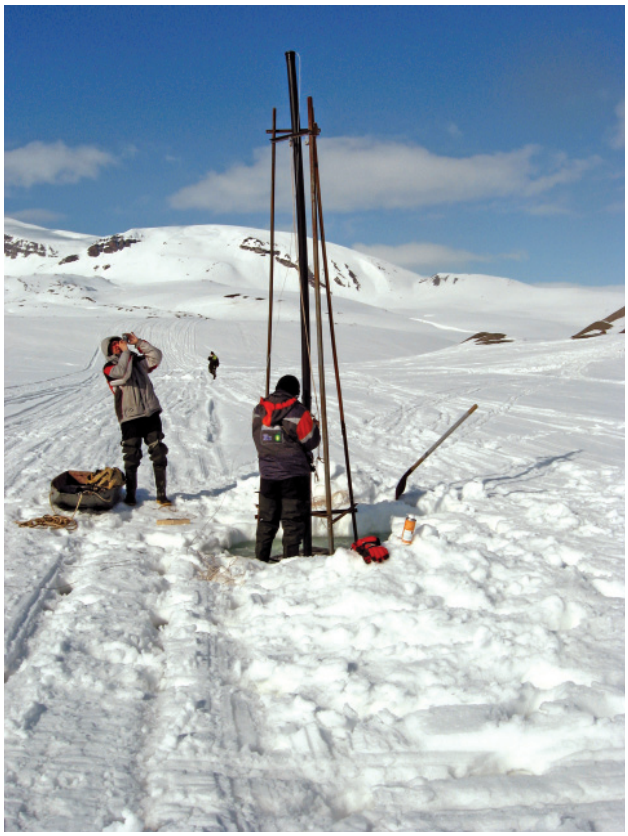


Рис. 4. Буровые работы со льда

На снимке (слева направо): инженер А.В. Кузнецов, аспирант О.В. Кокин, инженер В.Г. Белоусов. Фото Г.А. Тарасова

В двух работах, написанных автором этого раздела совместно с О.В. Кокиным [Тарасов, Кокин 2007; Кокин, Тарасов 2007], представлена история развития Западного Шпицбергена в голоцене в хронологической последовательности.

12–11 тысяч лет назад – аллеред (древнеголоценовый межстадиал). В результате эвстатического повышения уровня моря, начавшегося 18–20 тысяч лет назад, уже около 11 тысяч лет назад на архипелаге началось формирование 60-метровых морских террас (в центральной части Западного Шпицбергена), отложения которых перекрывают верхнеплейстоценовую толщу осадков. Однако усилившееся в древнем и раннем голоцене гляциоизостатическое поднятие островов архипелага опережало эвстатическое повышение уровня моря, вследствие чего на протяжении голоцена здесь образовалась лестница морских террас, возраст которых закономерно уменьшается от верхних к нижним.

Поднятие территории различных районов архипелага в древнем голоцене шло неравномерно. Известно, что наибольшие скорости и амплитуда поднятий отмечены в восточной части архипелага. В юго-западной и северо-западной части Западного Шпицбергена происходило формирование 10–20-метровых террас, в центральной его части – 60-метровых, а на востоке острова и Северо-Восточной Земле – 75–85-метровых террас. Поверхности этих террас во многих местах скрываются под современными ледниками, что указывает на значительно меньшие размеры оледенения в этот период.

11–10 тысяч лет назад – молодой дриас (стадия факседален?). Ранее считалось, что в эту

эпоху на архипелаге происходило наступание ледников, обусловивших формирование мощных напорных морен. Позже, благодаря данным радиоуглеродного датирования, было устновлено, что подобные морены – более молодого возраста. Таким образом, в настоящее время мы не имеем на Шпицбергене надежно охарактеризованных в возрастном отношении стадиальных морен эпохи позднего дриаса. Но не исключено, что продвижение отдельных ледников в это время имело место. Считается установленным, что оледенение в этот период имело меньшие размеры.

10–8 тысяч лет назад – пребореал и бореал. Морские террасы, сформировавшиеся в этот этап, занимают кутовые части фиордов и нередко проникают по долинам, подходя вплотную к современным ледникам. Есть все основания предполагать, что эти террасы распространяются и под ледники, что свидетельствует об их меньших размерах в этот период. В центральной части Западного Шпицбергена (Билле-фиорд) пребореалу и бореалу соответствуют террасы высотой 40–60 м (комплекс террас Муа).

По радиоуглеродным датировкам морских моллюсков, отобранных нами из отложений напорного вала ледника Грёнфиорд (9480±100, ГИН-13830 и 9400±100 лет, ГИН-13831), можно сделать вывод, что в этот период уже началось морское осадконакопление в кутовой части залива Грён-фиорд.

8–2,5 тысяч лет назад – атлантика, суббореал (среднеголоценовый теплый межстадиал). По мнению Л.С. Троицкого [Троицкий 1971], в начале атлантического периода, произошла активизация ледников, приведшая к формированию в ряде мест стадиальных морен (стадия дамес-морена, около 7800 лет назад). Такой вывод Л.С. Троицкий делает на основании радиоуглеродного датирования органического материала из толщи так называемой Дамес-морены, отложенной ледником Паула. На наш взгляд, определение возраста стадии дамес-морены пока преждевременно. Можно также предполагать, что переотложение морских осадков со дна фиорда и формирование стадиальных морен произошло позже, возможно даже в последнюю стадию трескелен (существование которой установлено более достоверно).

Отметим еще один важный факт. На основании микрофаунистического анализа (по фораминиферам) отложений из напорного вала на полуострове Трескелен (залив Хорнсунн), образовавшихся в интервале 8380±80 (ГИН-7083) – 7090±200 лет (ГИН-7084), И.А. Погодина [Погодина 2002] установила, что условия среды осадконакопления в фиорде в этот период соответствуют понятию «климатический оптимум». Водные массы имели более высокие температуры по сравнению с нынешними. Ледниковые покровы, вполне вероятно, имели меньшие размеры.

Кроме того, можно предполагать, что напорные морены и стадиальные валы, по которым выделяют голоценовые стадии, образованы подвижками ледников, не отвечающими общей тенденции оледенения архипелага. Так, например, на фоне общего сокращения оледенения архипелага с начала XX века отмечалось наступание отдельных ледников, носившее в ряде случаев характер резких подвижек (например, пульсация ледника Фритьоф в 1997 году).

В период климатического оптимума (5500–5000 лет назад) ледники имели наименьшие размеры за весь голоцен. В это время на островах архипелага формируются морские террасы с богатой фауной, содержащие теплолюбивые элементы, которые в настоящее время не обитают в районе Шпицбергена *(Ciprina islandica, Mytilus edulis, Littorina littorea* и др.) [Оледенение Шпицбергена 1975]. В настоящее время значительная часть по-

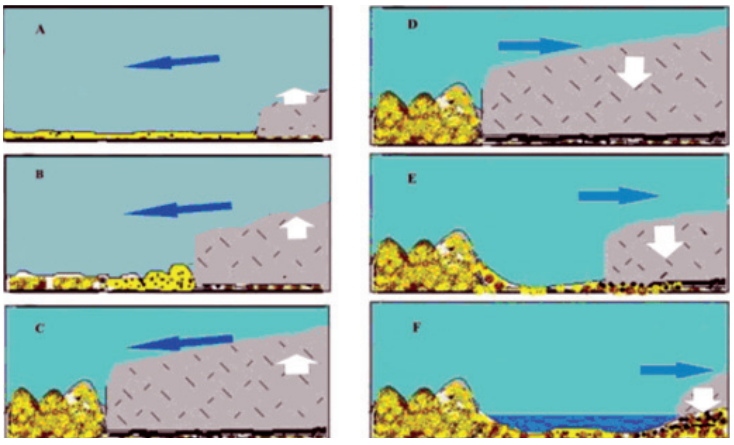


Рис. 5. Схема формирования напорной морены и депрессии приледникового озера в верховье залива Грён-фиорд

A, B, C – стадии наступания ледника;
D, E, F – стадии сокращения (деградации) ледника

Рис. 6. Установка седиментологической ловушки в заливе Грён-фиорд
На снимке: проф. Г.А. Тарасов (справа), инженер А.В. Кузнецов. Фото О.В. Кокина

верхности этих террас погребена под ледниками, что указывает на существенно меньшие размеры оледенения архипелага в эпоху климатического оптимума голоцена. Потепление не привело, вероятно, к полному исчезновению ледников на архипелаге, о чем свидетельствуют довольно крупные валуны в отложениях террас этого времени, принесенные, видимо, айсбергами [Оледенение Шпицбергена 1975].

В атлантике и суббореале продолжалось морское и ледниково-морское осадконакопление в кутовых частях Грёнфиорда, Хорнсунна [Тарасов и др., 1993], Ван-Мейен-фиорда [Гляциология Шпицбергена, 1985].

До недавнего времени считалось [Оледенение Шпицбергена 1975; Гляциология Шпицбергена 1985], что конец суббореала ознаменовался похолоданием и увлажнением климата и наступанием ледников в пределах архипелага. Стадия этого времени была выделена Л.С. Троицким [Оледенение Шпицбергена 1975] на основании радиоуглеродных датировок из толщи напорного вала ледника Грёнфиорд (8000–3250 лет назад). Он считал, что в этом временном интервале в кутовой части Грёнфиорда происходило морское осадконакопление, а подвижка ледника и образование напорной морены произошло несколько позднее (3000–2500 лет назад). Эту стадию Л.С. Троицкий назвал стадией грёнфиорд [Троицкий 1971].

Полученные радиоуглеродные датировки морских моллюсков (2020±120 (ГИН-13633), 2080±80 (ГИН-13634), 9480±100 (ГИН-13830), 9400±100 (ГИН-13831) лет), отобранных нами, позволяют расширить отрезок времени, когда в заливе шла морская аккумуляция (9400–2020 лет назад). Получается, что подвижка ледника, переотложившая морские осадки кутовой части залива, произошла не раньше, чем 2020 л.н. Скорее всего, это было в стадию трескелен (800–100 лет назад).

К стадии грёнфиорд Л.С. Троицкий относит также некоторые напорные морены, на дистальном склоне которых морские террасы отсутствуют или выражены только у их подножий (например, напорные краевые валы у ледников Ушер, Комфортлесс, Холмстрём). Возраст и торфа, и плавника из толщи напорной морены ледника Ушер определен в 8025±95 (Лп-46) и 3620±60 (Лл-24) лет [Гляциология Шпицбергена 1985]. Эти датировки не противоречат образованию данной морены в стадию трескелен, а не грёнфиорд. Достоверных данных о возрасте напорных валов ледников Комфортлесс и Холмстрём пока нет.

Таким образом, пока нет оснований считать напорный вал ледника Грёнфиорда стратотипом для выделения одноименной стадии (3–2,5 ты-

сяч лет назад). Однако мы не отрицаем возможности существования ледниковой стадии в это время.

2,5–0,8 тысяч лет назад. Субатлантика (позднеголоценовый межстадиал). Абсолютный возраст (1970–800 лет) древесины-плавника, извлеченного из молодых морен ледников, спускающихся в море, указывает на время отступания ледников [Гляциология Шпицбергена 1985]. Эти данные, вероятно, свидетельствуют о том, что по крайней мере в течение I–XII веков н. э. на архипелаге имело место сокращение оледенения, что хорошо согласуется с представлениями о теплой и засушливой эпохе в Европе в первом и начале второго тысячелетия нашей эры («второй климатический оптимум»).

0,8–0,1 тысяч лет назад. Малый ледниковый период (стадия трескелен). Судя по наиболее молодым радиоуглеродным датировкам органических остатков из современных морен, наступание ледников началось не ранее XIII–XIV веков и достигло своего максимума, вероятно, в XVIII–XIX веках [Оледенение Шпицбергена 1975].

Существование данной стадии бесспорно. Для многих ледников максимальное их продвижение в конце XIX столетия, совпадающее с внешним краем молодых морен, зафиксировано непосредственно на картах. Однако все же существуют некоторые разногласия в мнениях о времени начала наступания ледников, а также о периоде их максимального продвижения.

0,1–0 тысяч лет назад. Современный этап. С начала XX века по настоящее время большинство ледников отступает [Оледенение Шпицбергена 1975]. Освободившийся от ледника рельеф местности характеризуется проявлением свежих холмисто-грядовых форм, еще не измененных экзогенными процессами, то есть не переработанных процессами перигляциальной денудации и эрозии. Однако активное действие этих процессов, главным из которых является эрозия потоков талых вод, уже началось. Вынос большого объема обломочного материала этими потоками обусловливает высокие скорости осадконакопления в фиордах Шпицбергена.

Таким образом, в настоящее время для голоценового оледенения Западного Шпицбергена более или менее точно установлена последняя стадия наступания ледников (стадия трескелен). Существует предположение о наличии еще трех ледниковых стадий, которые древнéе стадии трескелен (стадии факседален, дамес-морены, грёнфиорд). Вероятно, что продвижение ледников в эти три стадии было меньше, чем в малый ледниковый период. Существование стадии дамес-морены и гипотезы о ее возрасте требуют подтверждения. Достоверные следы стадий факседален и грёнфиорд в настоящее время неизвестны.

Глава 3
Исследование растительного покрова архипелага Шпицберген

Введение

Исследования растительного покрова Шпицбергена продолжаются более двух столетий, однако флора и растительность архипелага изучены недостаточно. Даже видовой состав таких групп, как мохообразные, лишайники и тем более цианопрокариоты, выявлен далеко не полно. Крайне скудны сведения о распространении и экологии видов этих групп. Актуальным остается тщательное изучение всего спектра видов, включая мохообразные и лишайники в растительных группировках архипелага, что позволит дополнить и уточнить имеющиеся результаты классификации и типологии растительности архипелага, провести детальный фитогеографический анализ и сделать на его основе выводы о возможных путях миграции видов и глобальных климатических изменениях. Поэтому включение в 2002 году работ Полярно-альпийского ботанического сада-института (ПАБСИ) Кольского научного центра РАН по теме «Изучение флоры, растительности и продуктивности в арктических сообществах архипелага Шпицберген» в программу по обеспечению деятельности российских организаций на архипелаге Шпицберген было своевременным и оправданным. ПАБСИ является признанным в стране центром по изучению мохообразных и лишайников. Здесь сосредоточены крупнейшие коллекции мохообразных и лишайников севера и гор России. Основные задачи, поставленные перед институтом заключались в следующем:

– уточнение видового разнообразия и распространения на архипелаге мохообразных, лишайников, цианопрокариот;

– изучение особенностей структуры и функционирования наземных экосистем архипелага;

– характеристика биологического круговорота в арктических экосистемах;

– выявление уровня антропогенного воздействия на видовой состав растений и лишайников и на наземные экосистемы;

– разработка рекомендаций по охране, оптимальному использованию и восстановлению экосистем архипелага.

Зональное положение архипелага Шпицберген

Согласно схеме геоботанического районирования В.Д. Александровой [Александрова 1977], архипелаг Шпицберген расположен в двух растительных зонах: полярных пустынь и тундровой. Остров Северо-Восточная Земля относится к зоне полярных пустынь, тогда как остальная часть архипелага расположена в подзоне арктических тундр (ее северной полосе). А. Эльвебакк [Elvebakk 1985; Elvebakk 1990] в соответствии с собственным районированием Арктики и Шпицбергена, а вслед за ним И. Мёллер [Möller 2000] выделяют на архипелаге следующие зоны: арктических полярных пустынь (Arctic Polar Desert Zone), северо-арктическую (Northern Arctic Tundra Zone) и средне-арктическую (Middle

Arctic Tundra Zone) тундровые зоны и (как подзону средне-арктической зоны) зону тундровой растительности внутренних фиордов (Inner Fjord Zone).

Зона арктических полярных пустынь охватывает восточную часть острова Западный Шпицберген, восток Северо-Восточной Земли, восточные побережья островов Эджа и Баренца, а также острова Хопен, Квитоя и Короля Карла. Суровость климата обусловила здесь очень низкий уровень видового разнообразия сосудистых растений и несомкнутый, разорванный характер растительного покрова, в котором преобладают мохообразные и лишайники (*рис. I*).

К северо-арктической тундровой зоне относится северное и северо-восточное побережье, южная часть Западного Шпицбергена, запад Северо-Восточной Земли, запад островов Эджа и Баренца, а также остров Принца Карла. Растительный покров здесь также несомкнут, характерны субнивальные группировки, в которых доминирует *Phippsia algida*[1], и пятнистые тундры с преобладанием ожики *Luzula confusa*.

По мере уменьшения суровости климата с востока на запад северо-арктическая тундровая зона сменяется средне-арктической. Здесь характерны пятнистые тундры с доминированием кустарничков *Dryas octopetala*, иногда совместно с *Cassiope tetragona*, сомкнутость растительного покрова достигает 25–50%.

Зона тундровой растительности внутренних фиордов представляет особый интерес, поскольку такие единицы районирования не выделяются на других арктических территориях. На Шпицбергене она включает внутренние части побережий крупных фиордов – Ис-фиорд, Бельсунн, Конгс-фиорд, Вуд-фиорд и Вийде-фиорд. Климат этих территорий в меньшей степени испытывает влияние моря, чем западное побережье Шпицбергена. Растительный покров сомкнутый (*рис. II*), в нем встречается более 75% всего видового состава сосудистых растений Шпицбергена.

Таким образом, на архипелаге Шпицберген зональность проявляется в меридиональном направлении – как, например, в восточном секторе Евразии. Причиной зональной смены растительности с запада на восток является влияние на климат архипелага перемещающихся вдоль берегов Шпицбергена течений – вдоль западного берега теплого Западно-Шпицбергенского, а вдоль восточного и южного – холодных – Баренца и Восточно-Шпицбергенского.

Краткая история ботанических исследований на архипелаге

Геоботанические исследования

Начиная с освоения Шпицбергена и вплоть до настоящего времени геоботанические исследования были одной из главных задач большинства научных экспедиций. Поэтому растительность архипелага уже к концу прошлого столетия была изучена довольно полно. Подробное описание кустарничковых тундр и болот побережья Ис-фиорда и окрестностей Хорнсунна сделал С. Эурола [Eurola 1968; Eurola 1971]. Растительность птичьих базаров архипелага рассмотрена С. Эурола и А. Хакала [Eurola, Hakala 1977], а приморских засоленных маршей – рядом немецких ботаников [Walton 1922; Hofmann 1968; Thannheiser 1976]. Флористическая классификация растительности сделана чешским ботаником E.Hadač [Hadač 1946; Hadač 1989]. Синтаксономический обзор высших единиц растительности архипелага выполнил Elvebakk [Elvebakk 1985]. Были составлены карты растительности архипелага [Brattbakk 1981–1985]. Многочисленные статьи о растительности побережий Ис-фиорда, Вуд-фиорда и Конгс-фиорда, окрестностей поселков Лонгирбюен и Пирамида в 90-е годы прошлого столетия опубликованы немецкими геоботаниками [Thannheiser 1992; Thannheiser 1994; Thannheiser, Möller 1994; Thannheiser et al. 1998; Thannheiser, Wűthrich 1999; Müller 2000].

Проводилось сравнение состава и структуры растительности арктических тундр Шпицбергена и горных тундр Фенноскандии [Virtanen, Eurola 1997].

[1] Латинские названия даны для сосудистых растений по С.К. Черепанову [Черепанов, 1995], для мхов – по М.С. Игнатову и О.М. Афониной [Игнатов, Афонина, 1992], для печеночников – по Н.А. Константиновой и А.Д. Потемкину [Konstantinova, Potemkin 1996], для лишайников – по R. Santesson et al. [Santesson et al. 2004].

Российские геоботанические исследования

Изучением растительности архипелага начиная с 1977 года занимались ученые Института географии РАН (ИГРАН). Их работы были направлены на уточнение статуса растительных сообществ в центральной и южной части Западного Шпицбергена, реконструкцию развития растительности в голоцене, выявление разнообразия растений отдельных территорий архипелага, в том числе заносных [Тишков 1983; Тишков 1985а; Тишков 1985б; Тишков 1996; Tishkov 1985]. В районе Ню-Олесунна и Рейндален в 1988 году ими проведены комплексные стационарные исследования, которые включали оценку продуктивности растительного покрова, его мозаичности, связей с залеганием мерзлоты и т. д. Сотрудниками ИГРАН были изучены хроно-хорологические ряды на морских террасах в заливах Грён-фиорд, Бельсунн, Хорнсунн и др., ряды первичных сукцессий на разновозрастных моренах, морских валах, промышленных отвалах в районе Баренцбурга, Колсбея, Пирамиды, Лонгирбюена. В 1983–1988 годах в долине реки Колс и в поселке Баренцбург были заложены опыты по экологической реставрации растительности антропогенно нарушенных участков арктических тундр.

В 1988 году специалисты Института географии совместно с представителями администрации Свальбарда провели полевую экспертизу вездеходной дороги Баренцбург – Вассдален, а в 2007 году – обследование растительного покрова вдоль планируемой автомобильной дороги Баренцбург – Колсбей.

Флористические исследования

Итоги изучения флоры Шпицбергена подведены в конце XX века норвежскими исследователями, подготовившими каталог растений, грибов, водорослей и цианопрокариот Шпицберена [Elvebakk, Prestrud 1996]. В каталоге приводятся списки известных и, для некоторых групп, исключенных видов, с более или менее детальной характеристикой распространения и экологии, сделаны обзоры опубликованных по каждой группе работ. Анализ результатов публикаций за более чем три века исследований показал, что даже флора сосудистых растений изучена недостаточно, не говоря уже о мохообразных, лишайниках, цианопрокариотах [Frisvoll, Elvebakk 1996; Sculberg 1996; Константинова 2003]. После издания каталога появилось лишь очень немного статей, посвященных преимущественно единичным находкам новых для архипелага и редких на Шпицбергене

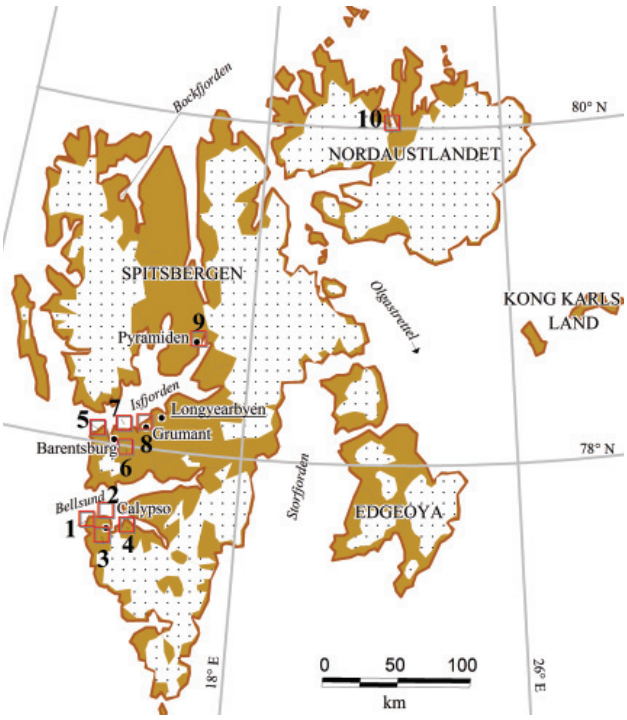


Рис. 1. Схематическая карта Шпицбергена с указанием пунктов, обследованных Н.Е. Королевой

1 – южный берег залива Бельсунн и Гренландского моря между Калипсо и Дундердален; 2 – окрестности научной станции Калипсо; 3 – долина реки Чемберлен, северо-западный склон горы Обсерваториенфеллет; 4 – долина реки Решёрш, северный и северо-восточные склоны гор Мартинфеллет и Берцелиустинген; 5 – западное побережье залива Грён-фиорд, долина реки и озера Конгресс; 6 – долина реки Грён, северный и северо-западный склоны гор Грёнфеллет, окружающие долину; 7 – окрестности Баренцбурга, приморские террасы склоны горы Грёнфеллет; 8 – окрестности поселка Грумант, долина реки Колесэльва, юго-западные и южные склоны горы Русколен; 9 – окрестности поселка Пирамида; 10 – Северо-Восточная Земля, побережье Рийп-фиорда

видов. Поэтому флористические исследования ПАБСИ крайне актуальны.

Ботанические исследования ПАБСИ

Полярно-альпийский ботанический сад начал свою работу на Шпицбергене в 1990 году, когда Н.Е. Королева в составе отряда ИГРАН обследовала южное побережье залива Бельсунн, побережья заливов Грён-фиорд и Колсбей, а также окрестности поселка Пирамида (*рис. 1*).

Вместе с орнитологами И. Покровской и Г. Тертицким в июле 1990 года она обследовала несколько птичьих базаров на южном побережье залива Бельсунн, на участке от станции Калипсо до побережья Дундербукты. Были сделаны учеты птичьего населения, описания растительности, собран гербарий. В результате обработки материалов было выявлено, что растительность на конусах выноса под скалами с колониями птиц, обогащенная органическими азотом и фосфором, резко отличается как по внешнему облику, так и по видовому составу от окружающих тундровых сообществ (*рис. III*). Здесь формируются высокопродуктивные и бедные видами специфические орнитогенные сообщества, существующие благодаря жизнедеятельности птичьих колоний [Королева 2004а].

Геоботаническое обследование территорий, находящихся в зоне внутренних фиордов (побережий Грён-фиорда и залива Колсбей) в июле и августе 1990 года показало, что их растительный покров несколько отличается по структуре от растительности побережья Бельсунна. На террасах располагаются сомкнутые ивково-моховые сообщества, а в долине реки Грен – бугристые болота. В окрестностях поселка Баренцбург и недалеко от старого рудника Грумант Королевой вместе с сотрудником отряда О.Н. Шубниковой проведена оценка результатов восстановления растительного покрова, уничтоженного в результате строительства, горной разведки и добычи. Наиболее перспективным способом рекультивации в условиях Арктики оказалась посадка целых разнотравно-злаковых дернин – именно так был успешно восстановлен растительный покров на некоторых улицах Баренцбурга. Было выявлено, что восстановление естественного растительного покрова после антропогенного воздействия в арктической тундре обычно происходит примерно по той же схеме, что и естественные аллогенные сукцессии (смена растительных группировок, вызванная внешними причинами), и требуется длительное время до создания сомкнутого растительного покрова [Королева 2004б].

В полевые сезоны 1990 и 2003 годов на склоне горной цепи Грёнфиордфеллет, на геоботаническом профиле было изучено изменение растительности на высотном градиенте. Особенность этой горной цепи – в том, что в нижней и средней части склонов выражены две или три широкие террасы, а участки склонов между террасами имеют значительную крутизну и сложены в основном сыпучим материалом. При сравнении геоботанических описаний, сделанных на профиле, было установлено, что распределение растительных сообществ на горных склонах и террасах в значительной мере определяется топографическим градиентом и условиями увлажнения [Королева 2003]. На пробных площадях профиля были собраны некоторые редкие для архипелага виды лишайников, а 2 вида найдены на Шпицбергене впервые [Урбанавичене, Урбанавичюс 2004].

В июле 2003 года обследованы окрестности поселков Лонгирбюен (долина Адвентдален) и Баренцбург (долина Грендален), расположенных в зоне внутренних фиордов, где описана растительность основных типов наземных биотопов [Королева и др. 2008].

На *приморских маршах*, заливаемых морской водой во время прилива, развиваются небогатые видами сообщества, где преобладают немногочисленные галофитные (растущие при высоком содержании солей) виды осок и злаков, звездчатка приземистая, ложечная трава. На *приморских галечных пляжах*, свободных от воздействия приливно-отливных морских вод, но обогащенных минеральными солями и органическими соединениями за счет штормовых выбросов, растительный покров также небогат и разрежен, здесь встречается очень декоративный приморский вид мертензия морская (*рис. IV*), ложечная трава и немногие другие виды. *В плакорных (зональных) местообитаниях* (на ровных или слабонаклонных участках приморских аккумулятивных террас, сложенных моренными отложениями или морскими осадками) и *местообитаниях горного плакора* (на поверхностях предгорных террас или

участках слабонаклонных склонов, сложенных моренными отложениями или элювием горных пород, умеренно заснеженные зимой, хорошо дренированные и умеренно увлажненные летом) наиболее обычны ивково-моховые сообщества (*рис. V*). Здесь доминируют кустарничек ивка полярная и мохообразные, местами также обильны камнеломки (*рис. VI*), злаки и ожики. Эти сообщества характеризуются самым высоким видовым разнообразием. В *олигохионных и ахионных горных местообитаниях* (на крутых или слабонаклонных щебнистых и каменистых горных склонах, вершинах и гребнях, слабо заснеженных зимой и хорошо дренированных летом) растительный покров несомкнут и составлен, преимущественно, мохообразными – например *Racomitrium lanuginosum* (*рис. VII, VIII*) и лишайниками, представителями родов *Ochrolechia, Flavocetraria, Cetraria, Stereocaulon, Peltigera*. Из сосудистых растений встречаются крупки, камнеломки, смолевка бесстебельная, ивка и ожики. В *субнивальных местообитаниях* (на относительно пониженных участках горных склонов и в ложбинах на предгорных и приморских террасах, где снег задерживается до середины июля, и, соответственно, вегетационный сезон значительно сокращен) характерны некоторые виды камнеломок, лютик крошечный (*рис. IX*), в сообществах

Рис. 3. Н.А. Константинова описывает бугристые тундры в долине Рейндален

Рис. 2. Полигональные тундры в долине озера Линэ

доминируют мохообразные (*Anthelia juratzkana, Pleurocladula albescens*, виды из родов *Kiaeria* и др.) и лишайники (*Cetrariella delisei, Stereocaulon alpinum, Solorina crocea*) (*рис. X*). В результате морозной сортировки водонасыщенных грунтов на террасах образуются *полигональные образования* – специфические формы микрорельефа, где в центральной, более приподнятой части полигона и в пониженной окраинной его бровке возникают контрастные типы местообитаний. Такие полигональные тундры простираются на десятки метров по приморским террасам, а среди интересных видов, встречающихся в центральной части полигонов, – камнеломка плоскоглавая (*рис. 2*). На внутренних побережьях крупных фиордов встречаются *бугристые болота* – болота со специфическими, обусловленными мерзлотными процессами формами микрорельефа – буграми, представляющими собой выпуклые образования, окруженные сырыми, заболоченными понижениями (*рис. 3*). Обычны в исследованных районах, как и в целом на Шпицбергене, **минеральные болота**, расположенные в переувлажненных понижениях на приморских аккумулятивных террасах, в долинах рек и ручьев (*рис. 4*). Здесь часты злаки (дюпонция, лисохвост альпийский) и пушицы (*рис. XI*). Сплошной моховой покров составлен *Sanionia uncinata, Straminergom stramineum, Sarmentypnum sarmentosum* и некоторыми другими видами мохообразных. *Орнитогенные местообитания* на обследованных побережьях занимают участки гор-

ных склонов под гнездовьями птиц, обогащенные органическим веществом. Растительность таких мест резко отличается от окружающих тундровых сообществ своей изумрудной зеленью. Здесь преобладают злаки *Poa alpina, P. arctica, Festuca rubra*, в мохово-лишайниковом покрове встречаются сфагновые мхи, на скалах ярко выделяются пятна лишайников из рода *Xantoria* (*рис. XII*).

Регулярные комплексные экспедиции ПАБСИ

С 2003 года организуются регулярные экспедиции сотрудников ПАБСИ на архипелаг, в которых с каждым годом принимает участие все большее число специалистов, расширяется круг изучаемых вопросов. В 2004 году начались исследования флоры цианопрокариот (Д.А. Давыдов) и печеночников (Н.А. Константинова, А.Н. Савченко), а также изучение продуктивности арктических растительных сообществ (Н.Ю. Шмакова) и гидрохимии поверхностных вод и почв окрестностей поселка Баренцбурга (Г.М. Кашулина). В последующие годы к работе подключились специалисты по другим группам организмов: мхам (О.А. Белкина) и лишайникам (И.Н. Урбанавичене), значительно расширен район исследований.

Особенности изучения флоры в высоких широтах

Мохообразные и лишайники – важнейший компонент растительности Севера (*рис. XIII*). Роль в растительном покрове этих групп постепенно увеличивается с юга на север, изменяется и соотношение общего числа видов мхов, печеночников, лишайников и сосудистых растений во флорах крупных регионов. Если во флоре Ленинградской области сосудистые растения явно превалируют, то во флоре Мурманской области они уступают свои позиции мохообразным и лишайникам, а на Шпицбергене их доля становится очень небольшой (*рис. 5*). С другой стороны, эти группы организмов являются наименее изученными. Именно поэтому основное внимание в работах ПАБСИ уделялось мохообразным и лишайникам.

Большинство мохообразных и лишайников – мелкие и очень мелкие организмы, что часто делает невозможным точное их определение в поле. К тому же в арктических районах они нередко приобретают необычную форму. Так, растения становятся более мелкими, побеги мхов и печеночников, нередко значительно более густо облиственные, часто приобретают несвойственную для них в низких широтах окраску, в частности красноватый или пурпурно-коричневатый оттенок, нередко происходит увеличение размеров клеток, обусловленное полиплоидией [Schuster 1988]. Одна из особенностей северных популяций мохообразных – частое отсутствие генеративных особей. Некоторые виды могут длительное время быть представлены в каком-либо регионе только мужскими или женскими популяциями, а порой и вообще исключительно в стерильном виде. Эти особенности крайне затрудняют определение видов, что отмечают все исследователи Арктики, в том числе изучавшие флору Шпицбергена. Так, например, С.О. Линдберг пишет, что идентификация мохообразных Шпицбергена занимает очень много времени и дается с огромными трудностями, поскольку многие образцы приходится изучать по несколько (до 6) раз, прежде чем принять окончательное решение об отнесении его к тому или иному виду [Lindberg 1867: 536; цит. по Frisvoll, Elvebakk 1996: 59–60]. Нам приходилось убеждаться в верности этого утверждения неоднократно [Константинова, Королева 2003].

Рис. 4. Минеральное болото в долине реки Рейндален

Спецификой идентификации одной из групп мохообразных, а именно печеночников, является необходимость исследования внутриклеточных структур у живых растений. Как подчеркивал Р.М. Шустер [Schuster 1988], изучение печеночников исключительно на гербарном материале неминуемо приводит к серьезным ошибкам и «непониманию» таксонов. Необходимо тщательное изучение числа, формы и структуры масляных телец, сохраняющихся в гербарии порой не более нескольких дней. Масляные тельца – это внутриклеточные образования, имеющие очень разную форму, структуру и размеры от одного-двух до 10–20 мкм диаметром (*рис. 6*), и исследование их возможно только под микроскопом. Поэтому микроскоп был постоянным нашим спутником во всех экспедициях. В сложных полевых условиях Шпицбергена просматривались только те образцы, в которых масляные тельца разлагаются очень быстро, даже после небольшого подсушивания. Остальные образцы изучались на базе в Баренцбурге, где некоторое время хранились на холоде. Практически все работы по изучению печеночников, проводившиеся на архипелаге ранее, основывались на гербарных сборах, т.е. масляные тельца не изучались, что приводило к ошибкам в идентификации видов, особенно из таких «трудных» родов как *Lophozia* и *Scapania*.

Одной из характерных черт группировок мохообразных Крайнего Севера является большое число видов в куртинах. Порой в образцах размером около 5 квадратных сантиметров насчитывается до 20 и даже 30 видов мохообразных. Определение таксонов из многовидовых куртин очень трудоемко, поскольку требуется сначала тщательно изучить всю куртину под бинокуляром, вычленить несколько экземпляров каждого вида, затем приготовить необходимые препараты (нередко тончайшие срезы листьев, стеблей, стенки коробочки и так далее). Только после этого проводится изучение препарата под микроскопом и идентификация таксона.

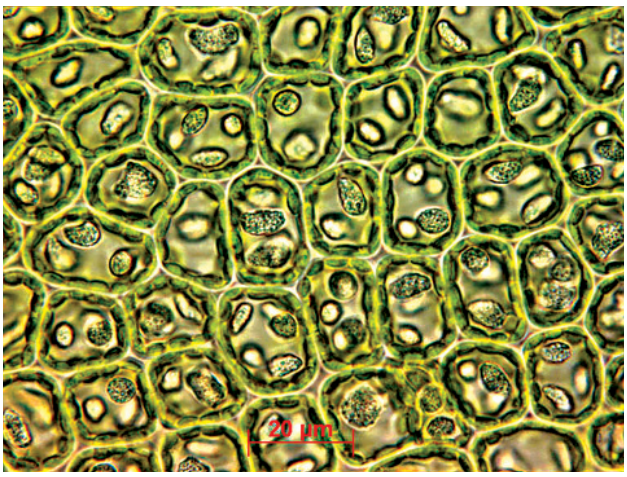


Рис. 6. Масляные тельца в клетках печеночника *Orthocaulis kunzeanus*

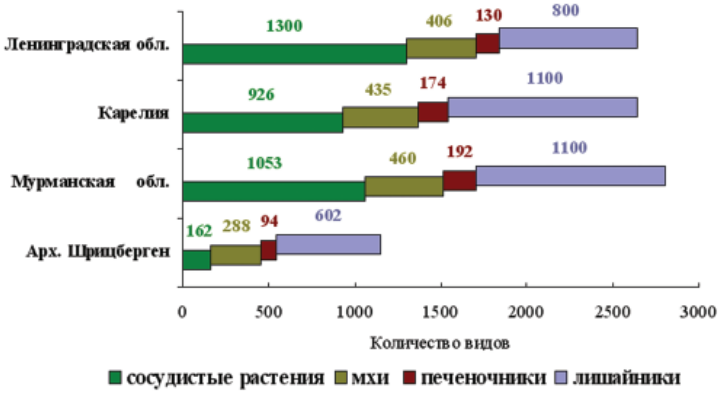


Рис. 5. Соотношение видового разнообразия разных групп в некоторых флорах Европейского сектора

Все перечисленные особенности обусловливают большую трудоемкость изучения флор мохообразных и лишайников. Этим же объясняется и объективная невозможность более или менее полного выявления флоры даже в ходе очень тщательных сборов в течение одного года и необходимость повторного обследования одних и тех же регионов. В течение 5–10 полноценных рабочих дней каждый специалист собирает от 200 до 400 образцов, идентификация которых может занять от 2 до 3 месяцев. Поэтому длительное обследование одного района экспедициями ПАБСИ не проводилось.

Экспедиция 2004 года

Первая комплексная экспедиция ПАБСИ проведена в 2004 году. Выделенных денег хватило на работы в окрестностях поселка Баренцбург пяти сотрудников. В экспедиции принимали участие

доктор биологических наук Н.А. Константинова, кандидат биологических наук Н.Ю. Шмакова, кандидат биологических наук О.А. Белкина, доктор биологических наук Г.М. Кашулина, младший научный сотрудник Д.А. Давыдов и инженер А.Н. Савченко. Обследование проводилось на побережье Грён-фиорда (горы Гренфиордфьеллет, Олвсварден, плато Гунарварден), в долинах рек Грен, Холлендарельва (Богебеккен) и на побережье Ис-фиорда (Сельсбухта, мыс Дрессельхюз). За исключением Давыдова, собиравшего цианопрокариоты в течение месяца, остальные сотрудники занимались обследованием региона 10 дней: с 23 июля по 1 августа. Работы проводились достаточно интенсивно. Благодаря благоприятным погодным условиям выходы в поле были ежедневными, маршрутами охвачен довольно большой район (*рис. 7*).

Восточное побережье Грён-фиорда и долины реки Грен до начала работ ПАБСИ оставались одной из слабо обследованных территорий в отношении разнообразия биоты и, в частности, таких групп, как водоросли, грибы, лишайники, мхи и печеночники, не говоря уже о цианопрокариотах. Отчасти дело в том, что эта территория с 1931 года принадлежала СССР, а затем России, так что ботанические работы в окрестностях Баренцбурга проводились преимущественно советскими учеными или учеными из бывших социалистических стран. Исторически сложилось так, что усилия советских ботаников были направлены на изучение флоры и растительности огромных пространств Севера в пределах СССР. Из высокоарктических районов наибольшее внимание уделялось Земле Франца-Иосифа, где проводились стационарные исследования, в ходе которых собирались мохообразные и лишайники для геоботанических описаний. На Шпицбергене же подобные работы не велись. Таким образом, флора споровых растений восточного побережья Грён-фиорда и, в частности, долины реки Грен оказались изученными очень слабо.

Район заметно отличается от большинства территорий Шпицбергена по составу пород и, как следствие, видовому составу биоты. В целом на архипелаге преобладают нейтральные и карбонатные почвы, а в окрестностях Баренцбурга превалируют бескарбонатные почвы, что отражается на разнообразии всех групп организмов. Поэтому неудивительно, что здесь найдены новые для архипелага и редкие на Шпицбергене виды. Некоторые из них оказались нередкими и местами обильными в обследованном районе. Так, в долине реки Грен на одной из террас вдоль берега и в русле мелководного ручья почти чистые заросли-ковры образует печеночник *Gymnocolea inflata* (*рис. XIV*), который ранее был известен на архипелаге из 8 точек нахождения [Frisvoll, Elvebakk 1996]. На периодически затапливаемых берегах ручьев и речек на побережье Ис-фиорда и Грён-фиорда местами обильна *Scapania tundrae* – вид, который А. Фрисволл и А. Эльвебакк отнесли к редким на архипелаге [Frisvoll, Elvebakk 1996: 70, 113]. На первой террасе Ис-фиорда в Селисбухте найден исключенный ранее [Frisvoll, Elvebakk 1996: 134] из списка видов архипелага *Odontochisma elongatum*. На переувлажненной почве, покрывающей щебень по понижениям, вид доминирует в сообществах экотона между ивково-моховой тундрой и злаково-гипновым болотом. Нередким в районе оказался другой, исключенный ранее из списка видов ар-

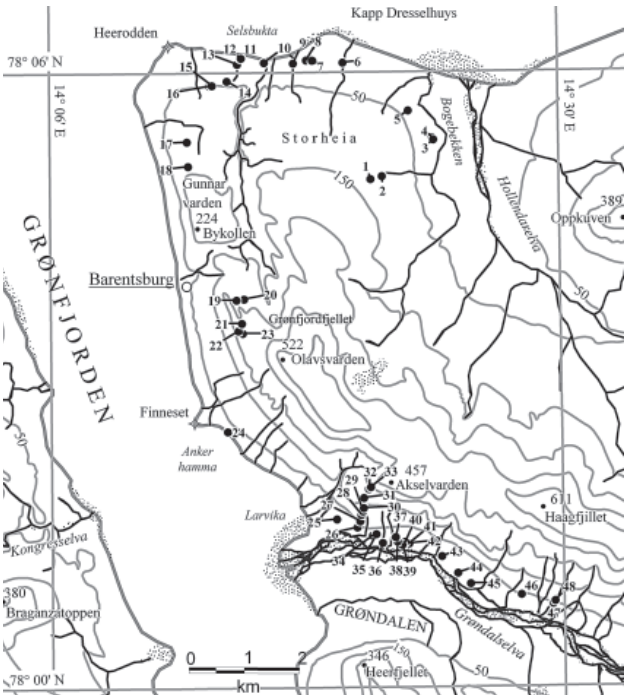


Рис. 7. Места сбора растений в Грён-фиорде

хипелага печеночник – *Lophozia excisa*. Еще один вид (*Dichiton integerrimum*), исключенный ранее из списка печеночников Шпицбергена [Frisvoll, Elvebakk 1996: 127], собран в небольшом количестве в основании стеблей мха в нижнем течении реки Грендальсельва, на слабо заросшей отвесной каменистой стенке среди разнотравно-злаково-моховой тундры на берегу замшелого ручья.

Участие в растительном покрове мохообразных и лишайников на восточном побережье Грён-фиорда, как и на всем архипелаге, велико. В широких долинах рек Грен и Холлендарельва распространены бугристые кустарничково-моховые тундры (*рис. 8*). Бугры покрыты сплошным мохово-лишайниковым ковром, в котором наряду с широко распространенными на архипелаге мохообразными *Aulacomnium turgidum* (*рис. XV*), *Sphenolobus minutus*, *Tritomaria quinquedentata*, видами из родов *Dicranum, Sanionia, Lophozia* и других, встречаются редкие на Шпицбергене виды из рода *Sphagnum*. На верхушках бугров, на отмирающих мхах в этих тундрах впервые на архипелаге обнаружены *Lophozia silvicoloides* и *Anastrophyllum sphenoloboides* [Константинова, Савченко 2007]. Разнообразие видов в таких сообществах очень велико: в одном сообществе встречается до 20–30 видов мохообразных.

На экскрементах животных (в основном оленей) в сырых понижениях бугристых тундр изредка встречаются виды мхов из семейства сплахновых. Нередко у них имеются очень яркие и красочные спорогоны, напоминающие на первый взгляд цветы сосудистых растений (*рис. XVI*).

Рис. 8. Бугристые тундры в Грёндален

На горных склонах и приморских террасах побережья залива описаны 9 типов растительных сообществ (ассоциаций). Наиболее богаты видами и разнообразны зональные ивково-моховые сообщества, формирующиеся в условиях, средних по увлажнению и уровню зимнего снежного покрова [Королева и др. 2008]. Это могут быть как растительные сообщества с сомкнутой растительной дерниной и выраженной вертикальной структурой (ярусом из ожики и злаков и лишайниково-моховым ярусом), так и небольшие кустарничково-моховые подушечки в трещинах, окружающих полигоны. Вследствие низкой эдификаторной роли сосудистых растений, из-за действия криогенных процессов и из-за особенностей микрорельефа в ожиково-ивково-моховой дерновине формируются разрывы и появляются свободные местообитания. На них в первую очередь поселяется синузия печеночных мхов (*Gymnomitrion corallioides, Scapania obcordata*), корковых лишайников (*Ochrolechia* spp. *Protopannaria pezizoides, Psoroma hypnorum*) и листоватого лишайника *Solorina crocea*. Эта синузия может занимать значительную часть сообщества, располагаясь в центре полигонов в полигональных тундрах. С увеличением сомкнутости яруса мхов (*Sanionia uncinata, Hylocomium splendens, Dicranum spp.*) ее площадь уменьшается по причине некоторого антагонизма групп, сменяющих друг друга в сукцессионном ряду [Матвеева 1998].

Местами на горных склонах растительность очень разрежена. Порой на огромных пространствах в несколько десятках и сотнях квадратных метров, покрытых щебнем, можно встретить лишь разрозненные куртинки ожики и очень своеобразные сферические подушки мхов из родов *Racomitrium* и *Grimmia*, по виду похожие на маленьких «ежиков» (*рис. 9, XVII*).

В результате проведенных работ на восточном берегу Грён-фиорда сотрудниками ПАБСИ выявлено 43 вида печеночников, 93 вида мхов, 93 таксоналишайников и 22 вида цианопрокариот [Королева и др. 2008], в том числе 4 таксона печеночников, 3 вида лишайников, три вида

Рис. 9. Сферические подушки мхов на щебнистом склоне плато Гунаварден. Геоботаник Н.В. Матвеева в раздумье: как это описать?

мхов и 2 вида цианопрокариот приводятся для Шпицбергена впервые. В районе обнаружены новые местонахождения многих редких и очень редких на Шпицбергене видов. Значительно большее число новых для Шпицбергена видов цианопрокариот по сравнению с другими группами объясняется их слабой изученностью на архипелаге. Подавляющее большинство ранее неизвестных на архипелаге цианопрокариот – широко распространенные в мире виды, в том числе и в Арктике [Давыдов 2005].

Наряду с изучением флоры и растительности, в 2004 году были начаты исследования продукционного процесса в сообществах на побережье Ис-фиорда и Грён-фиорда. Изучены запасы и структура фитомассы в маловидовом ивково-птилидиево-саниониевом сообществе и пигменты пластид у 25 видов растений из основных типов растительных сообществ в окрестностях поселка Баренцбург [Шмакова 2005]. Содержание пигментов в исследованных видах довольно разнообразно, однако в целом растения этого региона характеризуются низкой концентрацией хлорофиллов. По мнению Н.Ю. Шмаковой [Шмакова 2005], это объясняется ограничением биосинтеза из-за низкой температуры и специфического светового режима.

Еще одно направление, по которому проводились работы в 2004 году, – изучение геохимических особенностей почв и химического состава растений. В окрестностях поселка Баренцбург на 5 площадках определено содержание большого спектра элементов в почвах и охарактеризованы особенности их профильной дифференциации [Кашулина 2006], а также содержание 13 элементов у 5 видов растений [Кашулина и др. 2007].

По результатам изучения региона подготовлена монография «Флора и растительность побережья Грён-фиорда», включающая обзор растительности и аннотированные списки видов [Королева и др. 2008] и несколько статей [Давыдов 2005; Кашулина 2006; Кашулина и др. 2007; Константинова, Савченко 2007; Урбанавичене, Урбанавичюс 2004; Шмакова 2005].

Экспедиция 2005 года

В 2005 году отряд в составе 6 сотрудников: доктора биологических наук. Н.А. Константиновой, кандидата биологических наук. Н.Е. Королевой, кандидата биологических наук О.А. Белкиной, кандидата биологических наук И.Н. Урбанавичене,

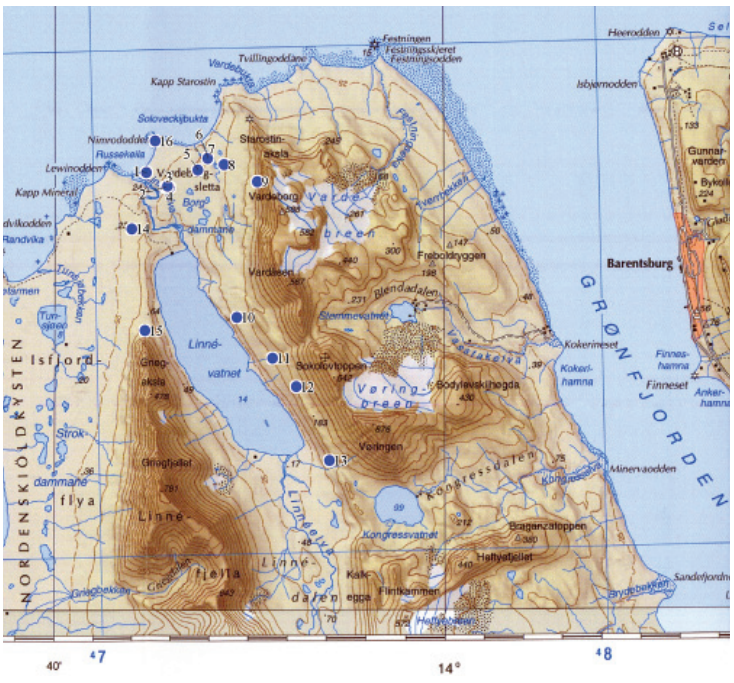


Рис. 10. Точки сбора образцов на мысе Старостина, в Русской долине

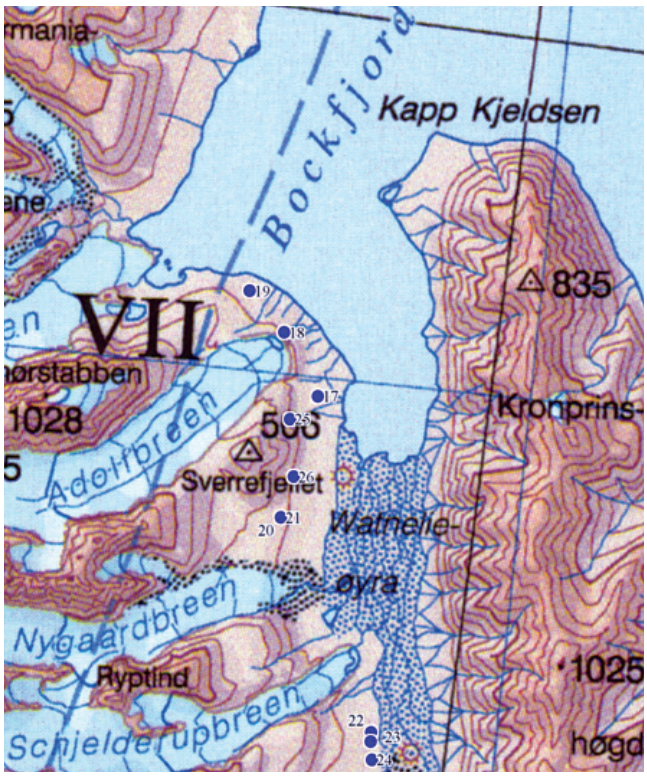


Рис. 11. Точки сбора образцов в Бокк-фиорде

Рис. 12. Прибытие отряда в Бокк-фиорд
Слева направо: О.А. Белкина, Н.А. Константинова, Д.А. Давыдов, Н.Е. Королева

младшего научного сотрудника Д.А. Давыдова и инженера А.Н. Савченко – провел обследование двух территорий: долины озера Линэ (бухта Русская, остров Западный Шпицберген) и западного побережья Бокк-фиорда (*рис. 10, 11*).

Отряд был доставлен вертолетом в бухту Русская и разместился в домике, расположенном вблизи северной оконечности озера Линэ. Здесь работы проводились с 21 по 25 июля у подножья и на склонах гор Вардеборг и Гриег, по берегам реки и озера Линэ, на первой и второй морских террасах в бухте Русская (*рис. 10*). Регион расположен в северо-арктической зоне, согласно районированию А. Эльвебакка [Elvebakk 1985]. На плакоре значительные площади занимают ожиково-кустарничково-лишайниковые сообщества и группировки, где в напочвенном покрове преобладает синузия накипных и листоватых лишайников (*Ochrolechia* spp., *Lecidea* sp., *Peltigera* spp., *Solorina crocea*, *S. saccata*). Из сосудистых растений наиболее обычны смолевка бесстебельная, многочисленные камнеломки, крупки (*рис. XVIII, XIX*). В районе нередки красочные пятнистые дриадово-ракомитриевые тундры, около птичьих базаров – злаково-разнотравно-моховые луговины.

В отличие от побережья Грён-фиорда, в бухте Русской и долине озера Линэ преобладают кальцефильные и базифильные растения и лишайники. В полигональных пятнистых тундрах, которые широко распространены на морских террасах, в понижениях по краям полигонов нередки *Orthocaulis quadrilobus*, *Tritomaria quinquedentata*, *Blepharostoma trichophyllum* var. *brevirete* и др. На пятнах на разных стадиях зарастания местами обычны *Aneura pinguis*, *Sauteria alpina*, *Odontoschisma macounii*, *Anthelia juratzkan*a и др. На микроповышениях в центре полигонов на щебне и мелкоземе местами доминирует печеночник *Gymnomitrion corallioides*. Одним из наиболее распространенных видов, занимающих местами значительные площади, является *Orthocaulis quadrilobus*. В местах выхода сильно минерализованных грунтовых вод он вместе со мхами образует специфические «наплывы» (*рис. XX*). Вид встречается как в различных типах тундр, так и вокруг выходов грунтовых вод, образуя местами чистые заросли. На солифлюкционных склонах к

реке Линэ, при основании склонов на мелкоземе и мелких камешках, а также в пятнистых тундрах широко распространен слоевищный печеночник *Sauteria alpina* (*рис. XXI, XXII*).

На склоне западной экспозиции горы Гриег, расположенной на восточном берегу озера Линэ, значительные пространства занимают крупнокаменистые россыпи. Подобные формы рельефа не встречаются на восточном побережье Грёнфиорда. Здесь были найдены несколько редких на архипелаге печеночников (*Scapania spitsbergensis, Diplophyllum taxifolium)*.

В изученном районе выявлено 68 редких и очень редких на Шпицбергене лишайников, включая 6 новых для архипелага таксонов. Некоторые из этих видов оказались нередкими в обследованном районе [Урбанавичене, Урбанавичюс 2006].

В Бокк-фиорде работы проводились с 27 по 30 июля. Отряд разместился в большой палатке с печкой (*рис. 12, 13*), которые предоставили геологи Полярной морской геологоразведочной экспедиции из г. Ломоносова. Если бы не их всесторонняя помощь, в частности – рекомендации по выбору места размещения лагеря и планирования маршрутов, нам вряд ли бы удалось поработать так эффективно в столь короткие сроки. Побережье Бокк-фиорда – одно из часто посещаемых мест на архипелаге, поскольку здесь находятся термальные источники и четвертичные вулканы, вызывающие большой интерес как туристов, так и ученых. Работали здесь и профессиональные бриологи [Frisvoll, Elvebakk 1996], обнаружившие ряд редких для Шпицбергена видов. Тем не менее тщательное обследование всех представленных на западном побережье экотопов специалистами и последующее изучение внутриклеточных структур живых растений в Баренцбурге позволили значительно расширить представление о распространении редких на Шпицбергене видов и выявить новые для архипелага таксоны [Константинова, Савченко 2006].

На западном побережье Бокк-фиорда преобладают мохово-дриадовые и кассиоповые тундры, составляющие красочную мозаику, у подножья вулкана Сверре (*рис. XXIII*) нередки пушицево-осоково-моховые болота. Возле термальных источников обнаружены пятна орнитогенных травяно-злаковых луговин, чередующихся с кустарничковыми ивково-дриадовыми тундрами (*рис. 14*). Со склонов гор сбегают многочисленные ручьи, на берегах которых местами обильна *Lophozia polaris* – вид, ранее достоверно известный на Шпицбергене только из одной точки в Конгрессдален [Hadač 1989] (определение J. Vana). В дриадово-кассиопеевых мохово-лишайниковых тундрах най-

Рис. 13. Наше жилище на берегу Бокк-фиорда

Рис. 14. Орнитофильная растительность около термальных источников – предмет пристального изучения геоботаника Н.Е. Королевой и специалиста по цианопрокариотам Д.А. Давыдова

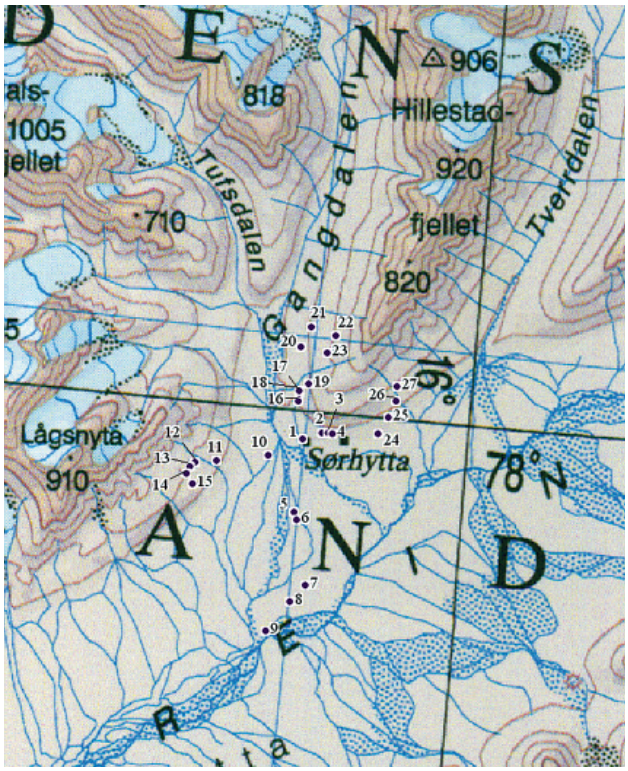


Рис. 15. Точки сбора образцов в долине Рейндален

Рис. 16. Точки сбора образцов на Земле Принца Оскара

дены некоторые очень редкие (*Schistochilopsis grandiretis*, *Arnellia fennica*) и редкие (*Scapania cuspiduligera*) на архипелаге печеночники. На окраине пушицево-осоково-мохового болота обнаружен новый для архипелага таксон – *Saccobasis polymorpha*. На оголенной почве между валунами и по берегам ручьев, текущих из-под ледниковых морен, местами обилен редкий на Шпицбергене печеночник *Leiocolea gillmanii* [Константинова, Савченко 2006].

Таким образом, даже кратковременное обследование небольшого и уже не раз ранее изучавшегося района позволило выявить новые для архипелага таксоны, а также расширить и уточнить представления о распространении и экологии ряда очень редких и редких на Шпицбергене видов. Естественно, что четыре дня – срок явно недостаточный для более или менее полного выявления локальной флоры, что, собственно, и не входило в задачи отряда. Эта было рекогносцировочное обследование, позволившее наметить наиболее эффективные пути дальнейших работ в данном районе.

Экспедиция 2006 года

В экспедиции 2006 года в составе ботанического отряда ПАБСИ работали специалисты по печеночникам (Н.А. Константинова), мхам (О.А. Белкина), цианопрокариотам (Д.А. Давыдов) и инженер А.Н. Савченко. Изучены две локальных флоры: средней части долины Рейндален (равнина Гангдалскьегла, остров Западный Шпицберген) (*рис. 15*) и участка в центральной части западного побережья Земли Принца Оскара (Рийп-фиорда, остров Северо-Восточная Земля) (*рис. 16*), сделаны описания тундровых сообществ, растительности каменистых россыпей и осыпей, берегов ручьев и временных водотоков.

В этом же году О.В. Белкина продолжила работы в Грёнфиорде. У подножия ледника Альдегонда ею прослежен процесс заселения листостебельными мхами территории, освобождающейся ото льда в результате постепенного таяния ледника. Сделаны сборы вдоль трансекты на разном удалении от границы льда.

С 27 июля по 1 августа отряд ПАБСИ работал в среднем течении реки Рейнселва. Ранее данные о мохообразных долины Рейндален были очень

скудны и касались они в основном нижнего течения реки [Eurola 1971]. Нами обследованы долина реки Гангдалсльегла в нижнем течении, склоны и подножья гор Лагснита (*рис. XXIV*) и Хитлестад, а также долина реки Рейнсельва вблизи Серхитта (*рис. 15*). Нижние части юго-восточного склона горы Лагснита и западного склона горы Хитлестад пронизаны многочисленными ручьями, нередки здесь выходы грунтовых вод. Между ручьями развиты пятнистые тундры с характерно вытянутыми вдоль склона пятнами (*рис. XXV*). На более пологих участках горных террас широко представлены бугристые тундры, на более наклонных участках обычны отдельные сползающие по склону бугры, между которыми располагаются участки оголенного переувлажненного грунта (*рис. XXVI*). Избыточное увлажнение и наличие большого числа незадернованного грунта благоприятствует развитию мохообразных, которые доминируют в растительном покрове. Наряду с широко распространенными на Шпицбергене видами здесь местами часты и даже обильны редкие на архипелаге печеночники *Schistochilopsis opacifolia, Nardia geoscyphus* (*рис. 17*), а также относительно редко встречающиеся на архипелаге мхи из рода *Sphagnum*. На кочках, образованных отмирающими сфагновыми мхами, обнаружены *Lophozia silvicoloides, Anastrophyllum sphenoloboides*. Эти печеночники были впервые найдены нами в долине реки Грен и до наших работ для Шпицбергена не указывались. Оба вида – сравнительно недавно описанные и малоизвестные таксоны, причем последний из них поверхностно напоминает широко распространенный на архипелаге *Sphenolobus minutus*. Скорее всего, эти виды пропускались при сборах и определении и на самом деле нередки на архипелаге. Новые находки их в других районах внутренних фиордов вполне вероятны.

Всего в обследованном районе, по предварительным данным, выявлены новые точки нахождения 15 редких на Шпицбергене печеночников. Большинство из этих видов собраны нами и в долине реки Грен.

Флора мхов этого района отличается довольно высоким видовым богатством, в ее составе насчитывается 107 видов, в числе которых 17 редких и 10 очень редких таксонов [Белкина, Лихачев 2008]. Работы на Земле Принца Оскара проводились с 3 по 8 августа. С разрешения норвежских властей отряд разместился в крохотном домике, расположенном на западном берегу к северу от горы Блуффварден. Это первый из исследованных ПАБСИ регионов в зоне полярных пустынь. Несмотря на название зоны, в отношении мохообразных и лишайников район отнюдь не является пустыней. Оазисами, в которых хорошо развита моховая растительность, являются, как и в настоящих пустынях, берега озер, рек, ручьев и ключей, которых в обследованном нами регионе (в отличие от настоящих пустынь) очень много. Преобладают в таких сообществах чаще всего печеночники. Одним из доминантов, занимающих местами значительные (до нескольких десятков метров) площади, является арктический, описанный со Шпицбергена вид *Marsupella arctica*. До наших исследований на архипелаге печеночник был известен из 4 точек нахождения [Frisvoll, Elvebakk 1996: 99]. Ранее сообщества с этим видом

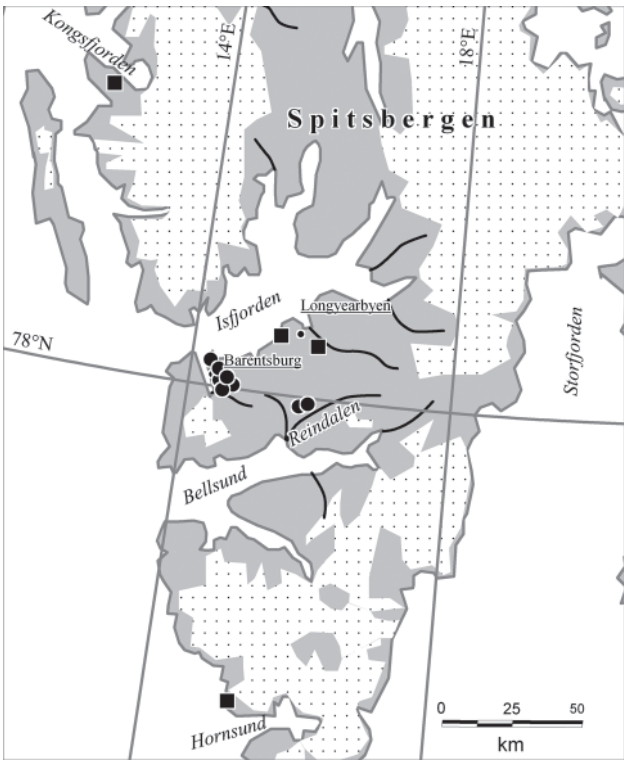


Рис. 17. Распространение на Шпицбергене печеночника *Nardia geoscyphus*

■ – *ранее известные точки,*
• – *выявленные в ходе наших работ точки*

описаны нами также из окрестностей Баренцбурга [Константинова 2008: 69]. Часто встречаются и нередко оказываются доминантами арктомонтанные печеночники *Anthelia juratzkana, Cephaloziella varians, Lophozia sudetica*. Вдоль берегов ручейков и речек обычны более или менее обширные куртины видов из родов *Lophozia, Scapania* (*рис. XXVII, XXVIII*). Иногда печеночники из родов *Gymnomitrion, Prasanthus, Anthelia* и некоторые мхи представлены в виде специфических корок на пятнах мелкозема между камнями (*рис. XXIX*). Кроме широко распространенных и спорадически встречающихся на архипелаге таксонов в обследованном районе выявлены три новых для Шпицбергена вида (*Protholophozia debiliformis*, *Lophozia heteromorpha*, *Marsupella boeckii*) и несколько видов из числа очень редких на архипелаге (*Marsupella sprucei*, *Gymnomitrion apiculatum*, *Diplophyllum albicans*, *D. taxifolium*). На Земле Принца Оскара О.В. Белкиной обнаружена обширная по площади популяция редкого на архипелаге арктического вида *Andreaea blyttii*. Наибольшие площади, занятые этим видом, обнаружены на длительно увлажняемых талыми водами берегах безымянного озера между горами Санфордхёгдене и Блуффварден (*рис. 18, XXX*).

Сосудистые растения встречаются в основном отдельными куртинами между камнями (*рис. XXXI, XXXII*), нередко почти полностью «спрятавшись» в моховых дернинах или, как ожика, возвышаясь отдельными побегами над ковром мхов и лишайников.

Рис. 18. Andreaea blyttii – типичное местообитание

На склонах гор на морском побережье значительные пространства занимают крупноблочные россыпи. В углублениях между глыбами здесь обнаружены несколько отнесенных к числу редких на архипелаге видов (*Scapania spitsbergensis, Diplophyllum taxifolium, Gymnomitrion apiculatum* и др.*)*.

Ранее сведения о мохообразных острова Северо-Восточная Земля были обрывочны и включали только несколько точек нахождения наиболее широко распространенных видов, данные о флоре Земли Принца Оскара отсутствовали. Впервые проведенное на Шпицбергене более или менее детальное изучение локальной флоры в зоне полярных пустынь показало, что разнообразие видов здесь достаточно велико, и позволило отодвинуть известные ранее северные пределы распространения ряда видов значительно далее к северу.

Изучение цианопрокариот Северо-Восточной Земли до работ ПАБСИ вообще не предпринималось. Подготовленный в результате идентификации собранных на Земле Принца Оскара коллекции предварительный список видов этой группы насчитывает 24 вида, пять из которых ранее для Шпицбергена не приводились [Давыдов 2008].

Экспедиции 2007–2008 годов

В 2007–2008 годах было продолжено обследование ранее неизученных территорий Шпицбергена и Северо-Восточной Земли. В 2007 году изучена флора мохообразных северного побережья залива Нордвик (Мэрчисон-фиорд, о. Северо-Восточная Земля), а в 2008 году проведено комплексное изучение мохообразных, лишайников и цианопрокариот в окрестностях пос. Пирамида (северная часть Мимербухты, восточный берег Биллифиорда). Идентификация большинства сборов еще не завершена, однако полевые наблюдения и идентификация части образцов позволили выявить редкие и новые для архипелага таксоны и сделать вывод о большом своеобразии флор этих регионов [Константинова, Савченко 2008].

В 2007 году возобновились начатые еще в 2004 году Н.Ю. Шмаковой [Шмакова 2005] экофизиологические работы, включающие изучение активности фотосинтетического аппарата и про-

дукционного процесса у сосудистых растений, мохообразных и лишайников в окрестностях Баренцбурга. Особое внимание уделено выявлению особенностей изменения содержания пигментов пластид в ассимилирующих органах различных видов в экстремальных условиях существования. Показано, что в условиях Арктики сохраняется основная стратегия приспособления или адаптации растений, которая минимизирует потребности организма к факторам среды, а также сохраняет потенциальную продуктивность, причем степень ее реализации в основном определяется условиями среды» [Шмакова, Марковская 2008].

Пространственная неоднородность почвообразующих пород и формирующихся на них почв в окрестностях поселка Баренцбург изучена на трех геоморфологических профилях. Обнаружено, что на породах разного происхождения и гранулометрического состава сформировались почвы, относящиеся к одному типу – серогумосовых (дерновых) почв с профилем AY-C [Переверзев, Литвинова 2008].

Заключение

Результаты экспедиций, проведенных ПАБСИ, значительно расширили представления о распространении и экологии видов мохообразных, лишайников, цианопрокариот на Шпицбергене. Как уже упоминалось, идентификация сосудистых растений, мохообразных, лишайников и цианопрокариот арктических районов представляет большие трудности. Поэтому пока далеко не все собранные образцы идентифицированы. Однако результаты определения даже части образцов заметно дополняют списки видов как отдельных районов, так и архипелага в целом, позволяют уточнить распространение и экологию ряда редких и очень редких на архипелаге видов. Показано, что многие виды, считающиеся очень редкими на Шпицбергене, на самом деле отнюдь не редки. Даже среди видов, выявленных впервые на архипелаге, многие, скорее всего, обычны в подходящих для них местообитаниях, широко представленных на Шпицбергене. Отсутствие их в опубликованных списках объясняется как слабой изученностью флоры архипелага, так и небольшим числом специалистов, работавших в этом регионе.

Разнообразие растений и лишайников нескольких наиболее детально изученных локальных флор заметно отличается. Причем различаются как видовой состав, так и участие видов в растительном покрове. Объясняется это неоднородностью геологических, геоморфологических и климатических условий. В будущем планируется продолжить изучение локальных флор мохообразных, лишайников и цианопрокариот архипелага, которое, несомненно, приведет к находкам новых для архипелага таксонов и позволит уточнить распространение редких видов. Одной из важных составляющих дальнейших работы будет картирование распространения видов на Шпицбергене по точным координатам, подкрепленное гербарными образцами. Это ляжет в основу мониторинга видов на архипелаге и послужит базой для выявления действительно редких и исчезающих видов и разработке мер по их охране. При этом намечается провести более углубленное изучение экологии видов, в частности условий их произрастания с использованием новейшего оборудования. Предполагается расширить экофизиологические исследования, уделив особое внимание оценке содержания пигментов в растениях и лишайниках, анализу накопления фитомассы и продуктивности арктических сообществ. Собранные на архипелаге образцы являются важной составляющей гербария мохообразных и лишайников ПАБСИ. В настоящее время это самая крупная и, что особенно важно, наиболее грамотно собранная коллекция со Шпицбергена в России. В этикетках инсерированных в гербарий образцов приводятся точные координаты мест сбора, определенные в поле с помощью GPS, и сведения о числе, структуре и размерах масляных телец. Этикетки всех идентифицированных образцов занесены в разработанные нами базы данных. Подготовлены образцы для издания эксикат мохообразных Шпицбергена, которые планируется разослать во все ведущие гербарии России и зарубежья. Дальнейшие работы в рамках поддержки российских исследований на Шпицбергене, несомненно, приведут к находкам новых для архипелага и, возможно, науки видов и новых местонахождений редких на Шпицбергене таксонов, значительно пополнят гербарий ПАБСИ и другие гербарии России.

Глава 4
Гляциологические исследования на архипелаге Шпицберген

История гляциологических исследований на архипелаге Шпицберген

Полярный архипелаг Шпицберген (находящийся с 1920 года, согласно Парижскому мирному договору, под суверенитетом Норвегии) состоит из островов Западный Шпицберген (самый крупный по размеру и значимости), Северо-Восточная Земля, Баренца, Эдж, Земля Принца Карла и большого количества мелких островов. С 1969 года Норвегия рассматривает архипелаг как часть более обширной области, включая в нее дополнительно острова: Земля Короля Карла, Надежды (Хупен), Белый и отстоящий далеко Медвежий, а также множество других, более мелких. В 1969 году эти острова норвежцы объединили с островами архипелага Шпицберген в единый архипелаг под названием «архипелаг Свальбард» (74° и 81° с. ш. и 10° и 35° в. д., общая площадь суши 61 200 кв. км). В связи с этим остров Западный Шпицберген и архипелаг Шпицберген Норвегия стала официально называть «остров Шпицберген» и «архипелаг Свальбард» соответственно. Многие страны, подписавшие Парижский договор, в том числе СССР и его преемница Россия, продолжают придерживаться привычных старых наименований: «архипелаг Шпицберген» и «остров Западный Шпицберген».

Шпицберген – классическая страна исследований в Арктике. Именно здесь ученые впервые начали всесторонне знакомиться с ее природой и наблюдать колебания ледников. Архипелаг – главный форпост на пути мощных циклонов, идущих из Северной Атлантики в Евразийскую Арктику. Он расположен на границе распространения теплых вод Северо-Атлантического течения и ледяного покрова Арктического бассейна, в зоне устойчивого западно-восточного переноса воздушных масс вдоль Исландско-Карской ложбины пониженного давления. Архипелаги Земля Франца-Иосифа, Новая Земля и Северная Земля вместе со Шпицбергеном образуют большую гляциологическую провинцию, которая характеризуется единым источником влаги и особенностями циркуляции атмосферы.

На Шпицбергене встречаются практически все виды природных льдов и нивально-гляциальных явлений: ледники, снежный покров, снежники, снежные заносы, снежные лавины, наледи, подземные льды, гляциальные и водоснежные сели, речные и озерные льды, айсберги и морские льды. Важнейшими из них являются ледники, занимающие 58% площади архипелага. Современное оледенение Шпицбергена отличается от оледенения названных выше архипелагов интенсивной циклонической деятельностью и большим разнообразием климатических условий. Особенности его рельефа и климата обусловливают существование здесь ледников различных типов, которые образуют полный морфологический ряд от каровых и долинных ледников до обширных ледниковых покровов. Среди них наиболее распространены сетчатые или горно-покровные комплексы

(«шпицбергенский тип оледенения»). На островах встречаются ледники с разным характером питания и льдообразования, с холодным и теплым температурным режимом. В сравнении с другими арктическими архипелагами ледники Шпицбергена обнаруживают большую энергию оледенения и отличаются высокой динамичностью. Колебания концевых участков полярных ледников служат индикаторами глобальных изменений климата. Ледники же Шпицбергена наиболее чутко реагируют на подобные изменения. Значительная часть шпицбергенских ледников напрямую взаимодействует с океаном. Выяснение условий существования и развития ледников уникального в гляциологическом отношении Шпицбергена имеет ключевое значение для понимания закономерностей эволюции оледенения во всей Евразийской Арктике и решения широкого круга задач современной гляциологии.

Ледники Шпицбергена с давнего времени привлекают внимание исследователей разных стран. Многочисленные экспедиции, проведенные в XIX и XX веках в той или иной мере освещали различные стороны его оледенения. В 1873 году шведский полярный исследователь А.Э. Норденшельд впервые пересек ледниковый покров Северо-Восточной Земли, а в 1890 году Г. Норденшельд прошел по системам ледников Турелль и Решерш (южная часть острова Западный Шпицберген). В 1899–1902 годах во время проведения совместных работ Русско-шведской экспедиции по градусному измерению дуги меридиана были нанесены на карту ледники полуострова Ню-Фрисланд, часть ледникового покрова Северо-Восточной Земли, ледниковые районы южнее горы Ньютона до Земли Сёркапп (остров Западный Шпицберген). Немного позже, в 1906–1912 годах, эти работы продолжили норвежский топограф Г. Исаксен и некоторые другие исследователи. Началом гляциологических исследований на архипелаге на современном научном уровне принято считать Шведско-норвежскую арктическую экспедицию на Северо-Восточную Землю в 1931 году (руководитель Х. Альман) и Норвежско-шведскую Шпицбергенскую экспедицию на Землю Хокона VII (северо-запад острова Западный Шпицберген) в 1934 году (руководители Х. Альман и Х. Свердруп). Значительные исследования на ледниковом покрове Северо-Восточной Земли выполнила в 1935–1936 годах экспедиция Оксфордского университета (начальник А. Глен).

Начиная с 1950-х годов к регулярным гляциологическим исследованиям под руководством У. Лиестёля на леднике Финстервальдера приступил Норвежский полярный институт. В период Международного геофизического года (МГГ) (1957–1958) важные гляциологические работы провели Шведская экспедиция (руководитель В. Шютт) на Северо-Восточной Земле и Польская шпицбергенская экспедиция (начальник А. Косиба) в южной части острова Западный Шпицберген. Комплекс исследований на ледниках района Конгс-фиорда (северо-западная часть архипелага) провела в 1962–1967 годах экспедиция Национального комитета геодезии и геофизики Академии наук ГДР (начальник У. Фойгт). На полуострове Брёггера (в районе поселка Ню-Олесунн) работала в 1964–1967 годах экспедиция Национального центра научных исследований Франции (руководитель Ж. Корбель). Значительные работы были выполнены в 1966 году на Северо-Восточной Земле и в других районах восточной части архипелага Свальбардской экспедицией Стокгольмского университета (руководители Г. Хоппе и В. Шютт). С 1966 года Норвежский полярный институт приступил к многолетним гляциологическим исследованиям на полуострове Брёггера (руководитель У. Лиестёль). Большинство перечисленных выше исследований велось в западной и южной части острова Западный Шпицберген и на Северо-Восточной Земле. В то же время обширные ледниковые покровы восточной части острова Западный Шпицберген практически продолжали оставаться не обследованными.

Идея проведения комплексных гляциологических исследований на Шпицбергене окончательно созрела в Институте географии АН СССР в начале 1960-х годов, когда участники работ МГГ в полярных районах Л.С. Троицкий, В.С. Корякин и Е.М. Зингер впервые высказались в отделе гляциологии за организацию такой экспедиции. Создатель и первый руководитель отдела Г.А. Авсюк горячо поддержал это предложение и активно способствовал тому, чтобы Академия наук СССР включила

в план работ Института географии АН СССР в 1965 году проведение гляциологических исследований на Шпицбергене. Так родилась первая советская гляциологическая экспедиция на высокоширотный норвежский архипелаг.

Полевые работы предполагалось провести лишь в течение одного сезона. На самом же деле в 2005 году была проведена 40-я по счету экспедиция. Всего за этот продолжительный период в них участвовало около 400 человек. Среди них было немало ведущих отечественных ученых-гляциологов, в том числе В.Г. Ходаков, Л.Р. Серебрянный, И.А. Зотиков, О.Н. Соломина, А.Н. Кренке, Б.И. Втюрин, Ю.Я. Мачерет, А.Ф. Глазовский, Н.И. Осокин и др. Все шпицбергенские экспедиции базировались на советских (ныне российских) рудниках, принадлежащих государственному тресту «Арктикуголь».

Архипелаг Шпицберген находится всего в 1000 км от Северного полюса. Однако, в отличие от других высокоширотных островов, он легко доступен благодаря регулярному морскому и воздушному сообщению.

Начальником первой экспедиции в 1965 году руководство Института географии АН СССР назначило Е.М. Зингера, научным руководителем – Л.С. Троицкого. В экспедиции приняли участие гляциологи В.С. Корякин, В.А. Маркин и В.И. Михалёв, а также сотрудник Геологического института АН СССР Ю.А. Лаврушин и сотрудник ленинградского Научно-исследовательского института геологии Арктики В.А. Шершнёв.

Гляциологические исследования Института географии АН СССР на Шпицбергене явились логическим продолжением работ, начатых во время МГГ в районах современного оледенения советского сектора Арктики. Начатые 40 лет назад экспедиционные исследования можно разбить на три основных этапа. Одной из главных задач первого этапа экспедиции было проведение комплексных исследований в недостаточно изученных ледниковых районах архипелага.

В течение первого этапа экспедиционных исследований было проведено большое количество стационарных, полустационарных и маршрутных работ. Основная тематика исследований включала следующие разделы:

1) морфология оледенения Шпицбергена;

2) климатические условия существования ледников;

3) питание и бюджет массы ледников;

4) температурный режим и процессы льдообразования на ледниках;

5) колебания ледников;

6) рельефообразующая деятельность ледников;

7) история оледенения архипелага в плейстоцене и голоцене.

С самого начала работ гляциологическая экспедиция Института географии АН СССР выгодно отличалась от зарубежных комплексной программой исследований в сочетании со стационарными, полустационарными и маршрутными наблюдениями в основных ледниковых районах архипелага.

Главными объектами стационарных исследований во время первого этапа работ экспедиции были выбраны четыре ледника на острове Западный Шпицберген: ледниковое плато Ломоносова и его приток ледник Норденшельда (восточнее поселка Пирамида), расположенные в наименее изученной восточной части оледенения крупнейшего острова архипелага; ледниковое плато Хольтедаля (район Конгс-фиорда), расположенное в западной зоне полупокровного оледенения; ледник Грёнфиорд Восточный (15 км к югу от поселка Баренцбург). Кроме перечисленных стационарных объектов, экспедиция выполнила большой объем маршрутных и полустационарных исследований на ледниках Земли Диксона, Земли Норденшельда и Земли Бюнзова (все – на острове Западный Шпицберген).

Большое значение имели снегомерные съемки, выполненные в мае-июне Л.С. Троицким, В.С. Корякиным, Е.М. Зингером и В.И. Михалёвым во время пересечения ими (на лыжах) большей части Земли Норденшельда с запада на восток по сквозным долинам: Линнедален – Грёндален – Семмельдален – Колсдален – Адвентдален – Сассендален. Эти съемки (общей протяженностью более 200 км) позволили впервые получить количественные данные по связи между распределением снежного покрова по территории острова и интенсивностью оледенения. Так, было установлено, что снегонакопление в западной части острова Западный Шпицберген в 2–3 раза превышает снегонакопление в его центральной части.

Это обстоятельство обусловливает развитие полупокровного оледенения по периферии острова и значительно более слабого горного оледенения в его центральной части. На ледниках Грёнфиорд Западный и Восточный и Вёринг были выполнены снегомерные съемки для определения бюджета массы ледников.

Благодаря исследованиям, проведенным в 1965, 1966 и 1967 годах, экспедиции удалось получить множество новых материалов, которые не только существенно дополнили наши представления об оледенении Шпицбергена, но и дали возможность произвести ряд ценных сопоставлений с другими ледниковыми районами в Арктике, прежде всего с Новой Землей, Землей Франца-Иосифа, Северной Землей и Полярным Уралом. Начатое Институтом географии АН СССР изучение оледенения Шпицбергена показало, что оно имеет не только региональный, но и общетеоретический интерес для решения таких важнейших проблем гляциологии, как взаимодействие оледенения и климата, колебаний ледников и их рельефообразующей деятельности [Зингер 1981, Зингер 2006].

Ценные результаты, полученные во время трехлетних полевых исследований, составили основу монографии «Оледенение Шпицбергена (Свальбарда)». В книгу вошли следующие разделы: 1) Положение и морфология ледников (автор В.С. Корякин); 2) Климат области современного оледенения (В.А. Маркин); 3) Питание ледников (В.И. Михалев, Е.М. Зингер); 4) Льдообразование и гляциологическая зональность (В.И. Михалев, Е.М. Зингер); 5) Колебания ледников (В.С. Корякин); 6) Гляциальный морфогенез (Л.С. Троицкий) и 7) История оледенения архипелага (Л.С. Троицкий). В монографию также включены результаты исследований предшествующих зарубежных экспедиций и данные наблюдений советских и норвежских метеорологических станций. По существу эта монография явилась первой комплексной характеристикой оледенения архипелага, в которой были освещены наиболее общие его закономерности. В дополнение к ней были изданы на ротапринте «Материалы исследований области оледенения Шпицбергена (Свальбарда)», где в табличной форме приведены полученные участниками экспедиции первичные данные по климату, снежному покрову, колебаниям ледников, микрофауне в четвертичных отложениях архипелага, а также обобщены данные метеорологических станций.

Расцвет экспедиции пришелся на 1976–1990-е годы, когда ежегодно в экспедиции участвовало в среднем около 20 человек. Хотелось бы также отметить такой важный факт, как открытие в 1975 году норвежского аэропорта вблизи северной окраины Лонгиербюена. Именно с этого времени регулярное воздушное сообщение связало Шпицберген с материком. В течение последующих двадцати лет самолеты Ту-154 ежемесячно летали сюда из Москвы. В воздухе они находились немногим больше трех часов, что позволило нашей экспедиции значительно сократить время следования из Москвы на архипелаг и обратно. (После катастрофы российского самолета Ту-154 на Шпицбергене 29 августа 1996 года регулярное авиасообщение с Москвой было прекращено).

Если во время первого этапа работ экспедиция изучала ледники Шпицбергена по той же научной программе, по которой велись исследования МГГ, то последовавшие затем полевые исследования второго этапа весьма заметно отличались от начального периода работ. Второй этап характеризовался более детальным изучением строения, режима и эволюции ледников Шпицбергена на основе широкого применения комплекса новейших геофизических и геохимических методов. Экспедиция начала использовать современную отечественную технику и приборы.

Кроме Института географии АН СССР, в работе экспедиции принимали участие и сотрудники Института космических исследований АН СССР, Института геологии АН ЭССР, МГУ им. М.В. Ломоносова, Марийского политехнического института им. М. Горького, Московского государственного педагогического института им. В.И. Ленина, Института экологии Уральского отделения АН СССР, Института экологии и морфологии животных АН СССР, Института географии им. Вахушти АН ГССР, Закавказского научно-исследовательского гидрометеорологического института, Таллинского ботанического сада АН ЭССР, Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований АН СССР и Госплана СССР, Института географии Университета в

Брно, Института геофизики Польской академии наук, Института наук о Земле Силезского университета, Норвежского полярного. Большую помощь в ежегодных полевых работах оказали экспедиции многие студенты-практиканты кафедры криолитологии и гляциологии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Общее научное руководство исследованиями второго этапа работ на Шпицбергене осуществлял заведующий отделом гляциологии В.М. Котляков.

Главной задачей экспедиции стало изучение внутреннего строения и гидротермического режима ледников и их эволюции в связи с изменением климата. Был выполнен большой объем исследований, особенно по радиолокации и глубокому термическому бурению ледниковых скважин. Программа полевых работ включала следующие разделы исследований:

1) определение толщины ледников, их подледного рельефа и внутреннего строения радиолокационным методом;

2) изучение глубинного строения ледников с помощью кернового термического бурения;

3) распределение снежного покрова по территории архипелага;

4) режим, водно-ледовый баланс и гидрология ледников;

5) колебания ледников;

6) формирование современных морен;

7) нивально-гляциальные системы архипелага;

8) история оледенения архипелага в плейстоцене и голоцене.

Для решения этих задач участники экспедиции начали широко применять дистанционные методы и глубокое керновое бурение [Загороднов 1983; Загороднов и др. 1984; Загороднов и др. 1988]. Изучались толщина ледников и их подледный рельеф; снежный покров, баланс массы, колебания и резкие подвижки, внутреннее строение и термика ледников; изменения гляциоклиматических условий на протяжении последнего тысячелетия; гляциальный морфогенез и история оледенения архипелага в позднем плейстоцене и голоцене.

Для дистанционных исследований был применен импульсный метод радиолокации, позволивший выполнять непрерывные измерения толщины льда и подледного рельефа с воздушного и наземного транспорта, изучать внутреннее строение, гидротермическое состояние и режим ледников. Основная задача радиолокационных исследований состояла в изучении особенностей распределения толщины льда на Шпицбергене, подледной морфологии ледников и оценки запасов льда в ледниках. Данные радиозондирования были использованы для изучения глубинного строения и температурного состояния ледников.

Радиолокационные исследования были начаты Ю.Я. Мачеретом в 1974 году с наземного транспорта, после чего продолжены впервые на Шпицбергене с вертолета Ми-4 и Ми-8. Первоначально, в летние сезоны 1974 и 1975 годов, для измерений использовалась серийная аппаратура – самолетный радиовысотомер типа РВ-17. Регистрация отражений велась на 35-миллиметровую фотопленку непрерывно в режиме яркостной индикации.

В 1976–1977 годах и в последующие годы по заданию Института географии АН СССР в Марийском политехническом институте им. М. Горького разрабатывались радиолокационные станции, предназначенные для работы с вертолета с целью различных исследований горных ледников. Специальные исследования природы внутренних отражений Ю.Я. Мачерет провел в 1974–1979 годах на эталонном леднике Фритьоф. В 1979 году для изучения скоростного разреза ледника Фритьоф в скважине, пробуренной почти до самого ложа ледника, был применен с помощью комплекта аппаратуры РЛС-620 метод радиолокационного каротажа. Летом 1978 и 1979 годов и весной и летом 1984 года для измерения толщины и подледного рельефа ледников, расположенных в разных районах архипелага, применялся высокочастотный локатор РЛС-620. Всего за три полевых сезона с его помощью было прозондировано 142 ледника (не считая ледников-притоков на острове Западный Шпицберген и небольших выводных ледников на Северо-Восточной Земле), расположенных в основных районах оледенения Шпицбергена.

По корреляционным зависимостям между толщиной, площадью и объемом ледников участники экспедиции подсчитали суммарные запасы льда на архипелаге, которые составили 7567 куб. км, что эквивалентно 6810 куб. км воды при плотности 900 кг/куб. м. С помощью дистанционного зондирования впервые удалось выявить внутрен-

ние границы отражения сигналов – раздел между холодным и расположенным ниже «теплым» водосодержащим льдом. Благодаря этому был выделен новый класс ледников, получивший название двухслойных ледников. Важная информация о внутреннем строении и состоянии ледников была получена во время аэрорадиолокационных измерений, которые содержали внутренние радиолокационные отражения. С их помощью были получены массовые данные о пространственных особенностях внутреннего строения, гидротермического состояния и режима ледников.

Во время второго этапа работ традиционные трудоемкие методы изучения ледников постепенно уступили место новым геохимическим и изотопным методам. В 1975–1988 годах наша экспедиция (при активном участии сотрудников Института геологии АН ЭССР и МГУ им. М.В. Ломоносова) применяла на ледниках архипелага глубокое термическое бурение и комплексный изотопно-химический и структурно-стратиграфический анализ ледяного керна. Эти исследования позволили экспедиции перейти от изучения поверхностной толщи ледников к исследованиям льда на больших глубинах, в результате чего удалось дополнить имеющиеся представления о связи механизмов льдообразования с климатическими условиями.

Главная цель исследования глубинного строения ледников Шпицбергена сводилась к разработке системы структурно-стратиграфических показателей приповерхностной толщи ледников, характеризующих тот или иной тип льдообразования, и использование этих показателей для реконструкций гляциоклиматических условий в прошлом. С помощью глубокого термического бурения было детально изучено в 1975–1988 годах большое количество ледников, расположенных в разных районах оледенения островов Западный Шпицберген и Северо-Восточная Земля. Одновременно с бурением глубоких скважин из них производился отбор проб ледяного керна на изотопный и геохимический анализы.

Первая экспедиционная скважина была пробурена в 1975 году на ледоразделе ледниковой системы Грёнфиорд – Фритьоф (450 м над ур. моря). Для сквозного бурения ледника использовался антифризтермический бур, позволявший получать керн из всей толщи – от поверхности до ложа. Дно ледника термобур достиг на глубине 211,1 м, отбор керна производился до 201 м. Данные о глубине, полученные благодаря термобурению, оказались практически одинаковыми с результатами радиоизмерений Ю.Я. Мачерета. В дальнейшем бурение проводилось на плато Ломоносова в 1976 и 1982 годах, на леднике Фритьоф в 1979 году и на плато Амундсена в 1980 году, а также на Западном ледяном поле в 1981 году и Восточном ледяном поле в 1985 и 1987 годах (Северо-Восточная Земля).

Главным исполнителем и руководителем сложных и трудоемких работ, связанных с термическим бурением глубоких ледниковых скважин, в Шпицбергенской экспедиции был В.С. Загороднов – гляциолог и электронщик одновременно. Изотопно-геохимическими исследованиями, начатыми экспедицией на ледниках в 1974 году, руководил заведующий изотопной лабораторией Института геологии АН ЭССР Я.-М.К. Пуннинг. В этих работах принимали активное участие его сотрудники Р.А. Вайкмяэ, Р. Раямяэ, Т. Мартма, Э. Карофельд, М. Варвас и др.

Основная задача экспедиции состояла в выяснении механизма формирования изотопного и химического состава атмосферных осадков, а также в уточнении условий сохранения первоначального изотопного и химического состава в теплых ледниках архипелага. На острове Западный Шпицберген исследования изотопного состава осадков проводились на ледниках с разным типом питания.

В мае-июне 1980 года в центральной части ледникового плато Амундсена, расположенного в южной части острова Западный Шпицберген на высоте около 600 м над уровнем моря, было выполнено глубокое керновое бурение. До глубины 386,5 м бурение проводилось керновым термобуром. Далее оно продолжалось термоиглой, которая достигла ложе ледника на глубине 586 м. На то время этот ледник оказался самым мощным на архипелаге. Из скважины практически без потерь были получены керны снега, фирна и льда и отобраны образцы на изотопный и химические анализы. По ходу бурения выполнялись структурно-петрографические исследования. Лабораторный анализ ледяных кернов дал возможность восстановить изменение климатических условий на Шпицбергене за последние полторы тысячи лет.

В 1984–1985 годах экспедиция приступила к комплексным исследованиям на Восточном ледяном поле (Аустфонна) на Северо-Восточной Земле. Из всех скважин был получен керн отличного качества. При бурении постоянно возникали трудности. Происходило намерзание льда на стенках скважины, вызываемое поступлением в нее внутриледниковой воды, которая, к тому же, вызывала нежелательное образование шуги. Глубокое бурение пришлось остановить на глубине 204,1 м. Работы на куполе продолжались до конца июля. 2 августа отряд был эвакуирован в Баренцбург. Основную часть построек законсервировали и оставили на леднике для продолжения исследований в ближайшие годы.

В июне 1987 года на Восточном ледяном поле было проведено успешное термическое бурение скважины до ложа, находящегося на глубине 566,7 м.

Впервые в нашей экспедиционной практике в 1979 году были применены с вертолета авиадесантные снегомерные съемки. Они продолжались на протяжении всего второго этапа. В советское время в целях безопасности вертолеты летали только парами. На одном борту находилась радиолокационная станция, зондировавшая ледники островов Западный Шпицберген и Северо-Восточная Земля, а с другого проводились исследования снежного покрова на ряде ледников, в том числе на плато Ломоносова и плато Исаксена. Эти исследования показали, что баланс наблюдаемых ледников отрицательный. Удалось подметить, что в отдельные годы на многих каровых и долинных ледниках сезонный снег стаивает полностью.

Установлено, что временные интервалы оледенений и морских трансгрессий на Шпицбергене за последние сто тысяч лет происходили одновременно с аналогичными событиями в Европе и Северной Америке.

В связи с тем, что одно время проблема водоснабжения российских рудников на архипелаге представляла определенные трудности, руководство треста «Арктикуголь» обратилась к руководству АН СССР с просьбой, чтобы наша экспедиция провела дополнительные детальные исследования ледников Вёринг и Бертиль, питающих Баренцбург и Пирамиду питьевой и технической водой. Эти работы были выполнены нашей экспедицией. Особенный интерес представлял ледник Бертиль, один лишь зимний ледниковый сток которого давал для водоснабжения рабочего поселка и угольного рудника Пирамида свыше 50 тыс. т высококачественной пресной воды. Дефицит пресной воды в холодное время года привел к необходимости использовать внутриледниковый сток Бертиля. Для продления сроков эксплуатации водозабора осенью 1981 года В.Г. Ходаков и В.В. Гохман провели с помощью метода факельного намораживания опытное утолщение ледяной кровли над внутриледниковым туннелем ледника Бертиль. Эти исследования показали принципиальную возможность проведения таких работ. Тресту «Арктикуголь» были переданы рекомендации экспедиции по дальнейшему использованию ледников Бертиль и Вёринг для водоснабжения рудников Пирамида и Баренцбург.

До последнего времени подземные льды на Шпицбергене практически не изучались. Поэтому в конце 1980-х годов наша экспедиция впервые поставила перед собой такую цель. Основная задача современного перигляциала состоит в изучении подземных льдов, так как они являются его литологической составляющей. Были исследованы не только погребенные ледниковые льды, но и внутригрунтовые: цементные, сегрегационные и инъекционные. Маршрутными исследованиями, проведенными Б.И. Втюриным в течение двух полевых сезонов, были охвачены обширные западные и северные района островов Западный Шпицберген и Северо-Восточная Земля, а также островов Баренца и Эдж на востоке архипелага. Эти исследования, проведенные на значительной территории архипелага, показали, что Шпицберген является уникальным районом, не имеющим аналогов в полярных областях обоих полушарий.

Особое внимание во время второго этапа было уделено изучению снежного покрова – основной составляющей нивально-гляциальной системы (НГС) архипелага. Эти работы велись путем наземных (пешком, на лыжах, гусеничных тракторах и снегоходах) и авиадесантных (с помощью вертолета) снегомерных съемок. В них принимала участие группа сотрудников Лаборатории инженерной гляциологии во главе с ее заведующим

В.Г. Ходаковым. Работы по изучению физико-механических свойств снежного покрова выполнялись в разных участках Шпицбергена, в том числе в прибрежной тундре, речных долинах, горных склонах, горных и покровных ледниках. Авиадесантными исследованиями были охвачены в конце лета значительные территории островов Западный Шпицберген, Земля Принца Карла и Северо-Восточная Земля.

В 1992 году Гидрометеоиздат выпустил коллективную монографию «Режим и эволюция полярных ледниковых покровов» под редакцией В.М. Котлякова. Значительное место в этой книге отведено изучению оледенения Шпицбергена. Ее основные авторы – участники нашей экспедиции (Л.С. Троицкий, В.С. Корякин, Ю.Я. Мачерет, А.Ф. Глазовский, С.М. Архипов, О.Ю. Самойлов, С.А. Синькевич и др.). В монографии уделено много внимания строению, гидротермическому состоянию и режиму ледников архипелага, формированию изотопно-химического состава и строения льда, колебаниям ледников и другим вопросам.

С середины 1970-х годов Институт географии АН СССР начал выполнять на Шпицбергене комплексные географические и экологические исследования. Для удобства их проведения экологи, почвоведы, зоологи, ботаники, биогеографы, физико-географы, орнитологи и ученые других дисциплин из Института географии АН СССР и ряда других научных учреждений до начала 1990-х годов входили в состав нашей экспедиции. В связи с этим она сменила свое привычное название и стала официально именоваться геоэкологической экспедицией, хотя основу в ней продолжали составлять по-прежнему гляциологи. Задачи геоэкологической экспедиции расширились в первую очередь за счет исследований влияния на природные экосистемы со стороны ограниченной хозяйственной деятельности треста «Арктикуголь» на Шпицбергене.

Проблема охраны арктических экосистем в местах проживания и промышленной деятельности человека – очень важная циркумполярная проблема. Для определения последовательности и скорости восстановления растительного покрова после техногенной трансформации, а также возможности ускорения этих процессов, в окрестностях арктических поселков Грумант, Колсбей, Баренцбург и Пирамида А.А. Тишков и О.Н. Шубникова заложили в 1983 году опытные эталонные рекультивационные площадки. На них вплоть до 1993 года была поставлена серия важных экспериментов. Эти площадки располагались в местах различных видов хозяйственной деятельности: строительства, ремонта дорог и теплотрасс, установки и перемещения буровых, складирования (терриконов) вскрышных пород около угольных шахт. На основании этого экспедицией были даны рекомендации администрации «Арктикугля» по сохранению в поселках Баренцбург и Колсбей и вокруг них поверхностного (живого) слоя почв, способствующего скорейшему росту растений и возникновению зеленых участков и пятен в поселках. Кроме того, для изучения массы ежегодно вносимой в почву органики и скорости ее разложения в естественных условиях были заложены площадки по разрезу долины реки Колс на различных высотах. За четыре сезона наблюдений собранный здесь материал показал, что в естественных условиях тундры при полном исключении повторного нарушения почвенного покрова восстановление растительности в местах экологически благоприятных по увлажнению, экспозиции, наличию быстро размножающихся видов идет быстрее, чем это было принято считать.

Исследования экологов и почвоведов начались в середине 1970-х годов. Они охватили весь остров Западный Шпицберген и прилегающие к нему острова. Участники геоэкологической экспедиции изучали этапы становления растительности и почв на морских террасах. Ими было реконструировано развитие арктических экосистем на свежих моренах, а также исследована биота маршей, болот и тундр.

В 1985–1988 годах исследованиями структуры и динамики внутренних долин острова Западный Шпицберген занимались биогеографы. Ими получены уникальные результаты по функционированию арктических тундр Шпицбергена. По просьбе губернатора архипелага группа экологов и почвоведов Института в 1988 году провела масштабное обследование вездеходной трассы Баренцбург – долина Вассдален с целью оценки последствий антропогенной трансформации.

Началом третьего этапа деятельности гляциологической экспедиции на архипелаге можно счи-

тать 1991 год. По времени он совпал с развалом Советского Союза. И организатором гляциологических экспедиций на Шпицберген являлся уже не Институт географии АН СССР, а Институт географии Российской академии наук. По существу, от перемены названия академии в отделе гляциологии института ничего не изменилось. Новый этап совпал с галопирующей инфляцией в стране и значительным сокращением бюджетных средств, выделяемых на финансирование научных, в частности экспедиционных исследований. Резко уменьшился объем работ, а также до непозволительного минимума сократилось количество участников экспедиции. Из-за этого мы вынуждены были почти прекратить использовать дорогостоящие вертолеты Ми-8МТ, сосредоточив свои усилия лишь в районе Баренцбурга. И все же, несмотря на создавшиеся трудности, гляциологи даже в таком сложном положении нашли возможность продолжить изучение ледников Шпицбергена. Правда, для этого пришлось срочно урезать смету расходов до мизерных сумм.

Если в 1990 году экспедиция насчитывала 21 участника, то уже на следующий год их было лишь двое (Л.С. Троицкий и Е.М. Зингер), а в 1992 году – четверо (Е.М. Зингер, Л.С. Троицкий, А.Ф. Глазовский и М.Ю. Москалевский). Одной из важных частей этих работ в 1992 году явилось участие всех четверых (с докладами) в Международном симпозиуме «Гляциологические исследования на Свальбарде. Современные проблемы». Он был проведен в апреле на Польской полярной станции в Хорнсунне. Подобное совещание 20 ученых из России, Польши, Норвегии, Канады, Испании, Италии и Швейцарии впервые проводилось на Шпицбергене. В программу совещания входили двухдневные экскурсии участников на снегоходах на ледники Ханс и Вереншельд. Иностранные ученые единодушно отметили важность продолжения и развития совместных гляциологических работ учеными России, Польши, Норвегии и других стран.

Для ознакомления с работой экспедиции на месте ее исследований в основных ледниковых районах архипелага и совместного обсуждения вариантов карт Шпицбергена, которые готовились в Институте географии РАН для Атласа снежно-ледовых ресурсов мира, в экспедиции в мае 1992 года находились директор института, главный редактор атласа В.М. Котляков и Н.Н. Дрейер. В сопровождении Е.М. Зингера они совершили несколько продолжительных полетов на вертолете над ледниками о. Западный Шпицберген. В программу пребывания также входило посещение нескольких иностранных научных станций, расположенных в Ню-Олесунне, Лонгиербюене и Хорнсунне.

В 1993 и 1994 годах Институт географии РАН командировал на архипелаг лишь начальника экспедиции. Однако Шпицбергенскую экспедицию все же удалось сохранить. В самом начале 1990-х годов экспедиция приступила к новому этапу планомерных исследований в рамках международного проекта «Изменение геометрии и баланса массы крупных узлов оледенения Шпицбергена». Согласно трехстороннему соглашению, заключенному между Институтом географии РАН, Силезским университетом (Польша) и Норвежским полярным институтом, начались совместные работы на нескольких ледниковых системах, расположенных в разных районах оледенения острова Западный Шпицберген. Основная цель этих исследований состояла в изучении закономерностей и механизмов глобальных и региональных изменений климата и природной среды в Арктике, режима и динамики полярных ледниковых покровов.

В 1995 году по предложению руководителя японского Национального института полярных исследований О. Ватанабэ на Западном ледяном поле (Вестфонна) на Северо-Восточной Земле были проведены совместные работы по электромеханическому кабельному безантифризному керновому бурению до глубины 210 м. Во время бурения происходил непрерывный отбор керна и его экспресс-исследования. В российско-японской экспедиции участвовали С.М. Архипов и Е.М. Зингер, семь японских гляциологов (начальник К. Камияма), а также геологи Полярной морской геологоразведочной экспедиции А.М. Тебеньков и А.А. Бирюков.

В 1997 году впервые удалось отследить инструментально процесс наступания ледника в его активный период. По сравнению с радиолокационными и геодезическими съемками 1988 года фронт ледника Фритьоф продвинулся к концу

июля 1997 года почти на 2 км. Это означало, что он перешел рубеж подвижки 1936 года и вышел за границу 1920 года. Ледник наступал в среднем со скоростью 210–380 м в год, но в отдельные моменты она могла быть в 4–5 раз и выше. Подсчеты показали, что за последние 9 лет площадь Фритьофа увеличилась примерно на 4,5 кв. км. Высота вновь образовавшейся концевой части ледника достигла отметки 150 м. В конце ледника, ниже которого он переходит на плав, скорость льда превышала 3 м/сек. Для сравнения, в 1988 году скорость льда в концевой части Фритьофа составляла лишь 8 см в сутки, то есть в 30–40 раз медленнее, чем в 1997 году. Таких сведений о скоростях движения ледников во время подвижки не было раньше не только по Шпицбергену, но и вообще по всей Арктике. В июле 1997 года для оценки айсбергового стока были проведены исследования взаимодействия плавающей части ледника Фритьоф с изменениями уровня моря.

В 1988 году выполнен комплекс радиолокационных измерений на ледниковой системе Грёнфиорд – Фритьоф. С целью получения исходных данных по строению, толщине льда и подледному рельефу для составления соответствующих карт в масштабе 1:50 000 и уточнения местоположения и природы внутренних отражений границ в ледниковой толще гляциологи провели наземную радиолокационную съемку ледника Фритьоф. Для определения высоты и планового положения пунктов радиолокационного зондирования на поверхности ледника была разбита геодезическая сеть. Эти работы явились первым опытом комплексного площадного радиолокационного исследования крупного полярного ледника, заканчивающегося в море. В 1999 году проведены радиолокационные исследования на леднике Альдегонда (западное побережье Грёнфиорда, недалеко от поселка Баренцбург).

Во время третьего этапа были продолжены работы по изучению нивально-гляциальной системы Н.И. Осокиным, В.А. Жидковым, Р.А. Черновым и другими участниками экспедиции. Положительный сдвиг в работе наметился с начала XXI века, когда началось финансирование работ на архипелаге через Межведомственную комиссию по Шпицбергену. Во время этих полевых сезонов был выполнен значительный комплекс гляциологических исследований на ледниках Ханс, Вереншельд, Фритьоф, Грёнфиорд, Альдегонда, Тавле, Бертиль, Линне и других на острове Западный Шпицберген, а также на острове Земля Принца Карла. На ледниках в районе залива Хорнсунн исследовался гидротермический режим, а также проводилось измерение скорости распространения радиоволн, уровня воды в ледниковых колодцах в период окончания зимы и наибольшего таяния. На леднике Фритьоф проведено радиозондирование по трем профилям и измерены скорости распространения радиоволн в двух точках. Продолжалось изучение тепломассопереноса в системе «атмосфера – снежный покров – грунт» и исследование сезонного слоя почв на экспериментальном полигоне в районе поселка Баренцбург. Определялись градиенты и динамика тепло- и влагопереноса в грунте на ключевых участках в районе поселка Баренцбург. Подсчитан баланс массы нескольких репрезентативных ледников на Земле Норденшельда и на Земле Принца Карла. Инструментально определено положение края 15 ледников на Земле Норденшельда. Изучалась динамика жидкой воды в ледниках и пространственной вариации дренажных сетей нескольких репрезентативных ледников на Земле Норденшельда и Земле Принца Карла. Проводились и некоторые другие исследования.

Изучением гидрологии целого ряда ледников и динамики оледенения во времени в условиях меняющегося климата в западной и центральной части острова Западный Шпицберген, а также на Земле Принца Карла занимался в 2001–2006 годах Б.Р. Мавлюдов. До 1970-х годов основными методами изучения внутреннего дренажа ледников Шпицбергена были косвенные. В последующем на ледниках архипелага начал развиваться спелеологический метод исследований. Основным объектом исследований внутреннего дренажа ледников явился небольшой политермальный ледник Альдегонда (длиной около 3 км и шириной до 2 км). На нем был выполнен значительный цикл наблюдений и проведен анализ данных, полученных при исследовании внутриледниковых и подледных каналов в толще ледника.

В 2007–2008 годах гляциологические исследования будут продолжены в рамках проектов Международного полярного года, в том числе и

совместно с учеными Норвегии, Польши, Испании и Швеции. Планируется и выполнение геоэкологических исследований – по оценке воздействия на окружающую среду строительства автомобильной трассы – Баренцбург – Грумант.

Нивально-гляциальные системы острова Западный Шпицберген

Многолетние исследования Шпицбергенской гляциологической экспедицией Института географии РАН, в том числе авторов, впервые позволили провести анализ нивально-гляциальной системы Шпицбергена. Для Шпицбергена наиболее важными элементами нивально-гляциальной системы являются ледники, снежный покров (снежники), снежные заносы и в меньшей степени подземные льды и наледи [Гляциология Шпицбергена 1985]. Гляциальная активность территории – это суммарная интенсивность проявления всех элементов нивально-гляциальной системы с учетом их взаимодействия на данной территории [Осокин 1988]. По широте распространения и важности в системе все элементы разделены на 3 группы. Элементы первой группы играют важную и даже определяющую роль во всей нивально-гляциальной системе Шпицбергена. Вторая группа включает элементы, роль которых в системе существенна. Третья группа включает элементы, которые играют незначительную роль в системе, как из-за положения в ней, так и из-за малого распространения. Элементы нивально-гляциальной системы разделены следующим образом: 1) ледники, снежный покров (снежники), снежные заносы; 2) наледи; 3) снежные лавины, сели, подземные льды и речные и озерные льды. Информация, полученная при изучении нивально-гляциальных явлений Шпицбергена, была положена в основу создания Карты гляциальной активности территории Шпицбергена масштаба 1:2 000 000.

При оценке гляциальной активности Шпицбергена предпринята попытка учитывать роль отдельных элементов в нивально-гляциальной системе, тем более что в условиях Арктики роль ледников и снежного покрова в нивально-гляциальной системе значительно важнее, чем в условиях средних широт.

Роль элементов в нивально-гляциальной системе и их влиянии на окружающую среду определяется активностью данного нивально-гляциального явления. Активность каждого явления, как и в комплексном гляциологическом показателе, выражается в баллах [Осокин 1983], но в зависимости от группы мы выделяем разные шкалы активности. Создание этих шкал для разных групп явлений позволяет в какой-то мере учесть их значимость в нивально-гляциальной системе при оценке гляциальной активности территории. Для первой группы выделяем четыре градации: ноль баллов – отсутствие явления, 1 – слабая активность, 2 – умеренная, 3 – высокая; для второй группы выделяются три градации: ноль баллов – отсутствие явления, 1 – низкая активность, 2 – высокая активность; для третьей группы выделяем только две градации: ноль баллов – отсутствие явления, 1 балл – наличие явления. Характеристики балльной оценки активности отдельных элементов приведены в *табл. 1*.

Информация о распространении и активности элементов нивально-гляциальной системы позволяет оценить гляциальную активность территории (А) как сумму активностей в баллах отдельных элементов

$$A = \sum_{i=1}^{n} a_i , \qquad (1)$$

где a_i – активность i-го элемента,
n – число элементов нивально-гляциальной системы на конкретной территории.

Построение карты гляциальной активности территории Шпицбергена включало:

1. Составление карт активности в баллах отдельных элементов нивально-гляциальной системы Шпицбергена в соответствии с *табл. 1* в масштабе 1:2 000 000.

2. Определение активности отдельных элементов в баллах в узлах прямоугольной сетки (размер ячейки $0{,}5 \times 0{,}5$) для территории Шпицбергена.

3. Определение гляциальной активности территории по формуле 1 в каждом узле прямоугольной сетки.

4. Районирование территории Шпицбергена на ареалы с равными значениями гляциальной активности территории.

Таблица 1

Характеристика элементов нивально-гляциальной системы (в баллах)

Характеристика элементов нивально-гляциальной системы	Баллы		
	1	2	3
Ледники			
Тип оледенения	Горное	Горно-покровное	Покровное
Снежный покров			
Максимальный снегозапас, см воды	менее 25	25–30	более 50
Снежные заносы			
Толщина, м	менее 1	1–2	более 2
Наледи			
Встречаемость	У отдельных ледников	У большинства ледников	–

Карта гляциальной активности территории острова Западный Шпицберген масштаба 1:2 000 000 приведена на *рис. 1*. Гляциальная активность территории имеет большую пространственную изменчивость, значение показателя гляциальной активности изменяется от 3 до 8. Наименьшая активность отмечается в центральной части острова и особенно на его севере, где отсутствуют ледники и снежный покров незначителен по сравнению с другими районами. Наибольшая активность нивально-гляциальной системы отмечается в районах горно-покровного оледенения. Для Шпицбергена характерно отсутствие широтной зональности в изменении гляциальной активности территории, она полностью перекрывается местными особенностями изменения гляциальной активности территории. В целом для равнинной части характерен рост этого показателя с севера на юг и с запада на восток. Это объясняется в основном тем, что твердые осадки, которые формируют основные элементы нивально-гляциальной системы Шпицбергена, приносятся с юго-запада. Поэтому наиболее благоприятные условия для существования нивально-гляциальной системы на юге острова. В то же время отмечается снижение летних температур воздуха с запада на восток, то есть в этом же направлении улучшаются условия существования элементов нивально-гляциальных систем. В горах наблюдается рост гляциальной активности территории с ростом абсолютной высоты. На эту закономерность накладываются особенности

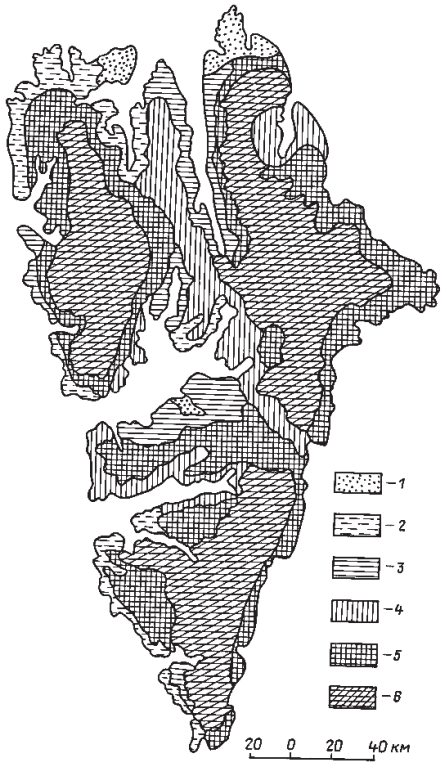


Рис. 1. Карта гляциальной активности территории Шпицбергена

Условные обозначения показателя гляциальной активности: 1–3 балла и меньше, 2–4 балла, 3–5 баллов, 4–6 баллов, 5–7 баллов, 6–8 баллов и более

распределения твердых осадков и летней температуры воздуха. Для западной части острова характерен более быстрый рост гляциальной активности с высотой (*рис. 2*), но за счет более низких летних температур значение показателя гляциальной активности более высокое на восточном побережье, чем на западном.

Карта гляциальной активности территории позволяет оценить только общую активность нивально-гляциальной системы. Для получения информации о наличии конкретных нивально-гляциальных систем и их активности на заданной территории разработаны другие виды комплексно-гляциологических карт – это карты состояния нивально-гляциальных систем. Анализ гляциальной активности территории показал, что величина ее определяется сочетанием активности элементов нивально-гляциальной системы. Одному и тому же значению показателя гляциальной активности территории соответствуют разные сочетания элементов системы и их активности. Так, например, при показателе гляциальной активности равном пяти возможны такие сочетания: снежный покров – три балла и снежные заносы – два балла; снежные заносы – два балла и по одному баллу – снежный покров, подземные льды и наледи и многие другие сочетания. Необходимо не только знание гляциальной активности территории, но и наличие конкретных элементов нивально-гляциальной системы и их активности. Очевидно, что большее влияние на деятельность человека и окружающую среду оказывают одно-два явления, имеющие активность 3 балла, чем пять, имеющих активность 1 балл.

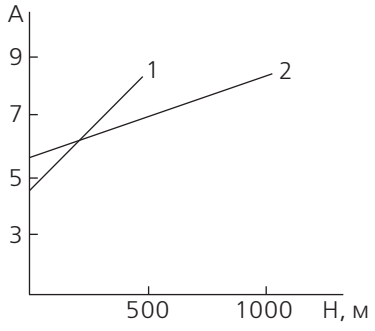


Рис. 2. Зависимость показателя гляциальной активности территории в баллах (А) от абсолютной высоты местности (Н) в условиях Шпицбергена:

1 – западная часть, 2 – восточная часть острова

Для оценки активности отдельных элементов нивально-гляциальной системы Шпицбергена взяты те же характеристики, что и в *табл. 1*. Добавлены только снежные лавины и сели, которые из-за слабой изученности имеют всего две градации по активности: 0 – отсутствие явления и 1 балл – его наличие. Анализ различных вариантов отображения информации о распространении отдельных нивально-гляциальных явлений и их активности показал, что наиболее приемлемым и наглядным является индексный, при котором наличие явления показывается буквой. Элементы имеют следующие обозначения: ледники – П, снежный покров – С, снежные заносы – М, наледи – Н, подземные льды – Л, снежные лавины – В, сели – Г. Активность элементов в баллах показывается цифровым индексом при букве, например, Л, $П_2$, $С_3$ (буква без индекса – активность 1 балл). На основе этих буквенно-цифровых индексов и была построена Карта местных нивально-гляциальных систем Шпицбергена масштаба 1:2 000 000. Составление карты включало следующие этапы:

1. Составление карт активности в баллах отдельных элементов нивально-гляциальных явлений Шпицбергена масштаба 1:2 000 000, то есть составление карт семи элементов.

2. На основе совмещения всех семи карт выделяются ареалы, границы которых совпадают с границами распространения нескольких отдельных элементов разной активности. Затем в пределах выделенных ареалов определяется наличие отдельных элементов и значение их активности в баллах. Для каждого такого ареала буквенно-цифровые индексы при равенстве активности в порядке убывания их активности в баллах, при равенстве активности в порядке убывания значимости элементов для нивально-гляциальной системы: ледники, снежный покров, снежные заносы, снежные лавины, подземные льды и сели. При небольшом несовпадении границ отдельных элементов в пределах одного ареала его граница проводится по границе элемента, стоящего первым в данном ареале, т. е. имеющем наибольшую важность для нивально-гляциальной системы и наибольшую активность. Для большинства ареалов границы отдельных элементов были близки, несовпадение было в пределах 1–1,5 мм в масштабе карты.

Таблица 2

Состав местных (локальных) нивально-гляциальных систем Шпицбергена

Количество элементов в системе	Активность ведущего элемента системы, в баллах		
	1	2	3
Один	–	–	–
Два	СМ	С2М2	–
Три	СМГ, ПМГ, ПМС, СМВ, СМН	С2М2П, М2СГ, П2С2М2, П2М2С	С3М3П2, М3С2П2
Четыре	СМНГ, СМНВ	М2СГН, М2Н2СП, М2СПН, С2М2ПН, С2М2ПВ, С2М2Н2В,	М3П2С2Л
Пять	–	С2МПЛН, С2М2ПГН, С2М2ПНВ	М3С2ВГ
Шесть	–	Н2СМЛГВ	М3С2ПЛНВ

Результатом этих двух этапов и является Карта местных нивально-гляциальных систем острова Западный Шпицберген масштаба 1:2 000 000 (*рис. 3*). Карта позволяет провести анализ пространственной изменчивости структуры нивально-гляциальных систем.

Всего выделено 28 сочетаний элементов нивально-гляциальных систем – от двух до шести (*табл. 2*).

По два элемента – всего два сочетания, по три – 11, по четыре – 9, по пять – 4 и по шесть – 2. Наиболее характерны для Шпицбергена как региональной нивально-гляциальной системы местные (локальные) нивально-гляциальные системы, состоящие из трех и четырех элементов. По активности основного элемента местных нивально-гляциальных систем следующее распределение: активность 1 балл – 8; 2 балла – 15 и 3 балла – 5. Наиболее часто встречаются элементы с активностью 2 балла – в 15 системах, с активностью 1 балл – в 8, с активностью 3 балла – в 5. Хотя по площади большую часть занимают нивально-гляциальные системы с активностью ведущего элемента 3 балла. Упрощение состава местных нивально-гляциальных систем идет от центра острова на юг, восток и особенно на север. Именно для Крайнего Севера характерны наиболее простые системы. Наиболее сложные системы приурочены к центру острова или к его западному побережью. Сравнение этой карты с картой гляциальной активности территории Шпицбергена (*рис. 1*)

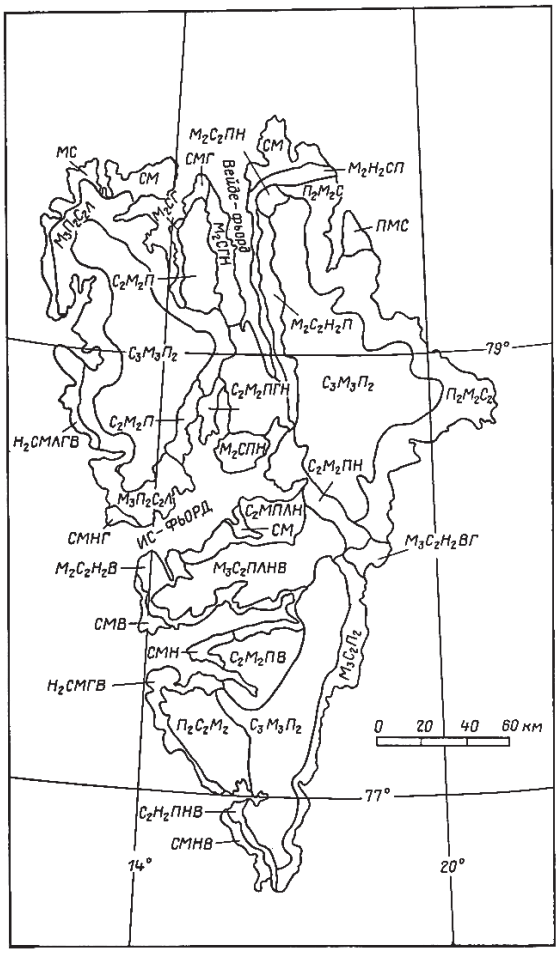


Рис. 3. Карта местных нивально-гляциальных систем острова Западный Шпицберген (обозначения в тексте)

показывает, что наиболее простым местным нивально-гляциальным системам соответствует и минимальная гляциальная активность территории. Наибольшая гляциальная активность территории соответствует основной местной нивально-гляциальной системе Шпицбергена масштаба 1:2 000 000 $С_2$, $М_3$ $П_2$.

В основу оценки степени взаимодействия нивально-гляциальных систем и деятельности человека было положено понятие «гляциальная опасность территории», отражающее гляциальную активность территории и степень ее освоенности. Понятие «гляциальная опасность территории» в общем виде определено достаточно четко как характеристика взаимодействия нивально-гляциальной системы и деятельности человека. В виду недостаточной изученности построить карту гляциальной опасности Шпицбергена пока не представляется возможным, поэтому ограничимся только кратким комплексным инженерно-гляциологическим описанием территории.

На Шпицбергене встречаются практически все виды природных льдов и нивально-гляциальных явлений: ледники, снежный покров, снежники, снежные заносы, снежные лавины, наледи, подземные льды, гляциальные сели, речные и озерные льды, айсберги и морские льды [Osokin 1997]. Важнейшими из них являются ледники, которые занимают около 60% площади архипелага и к настоящему времени исследованы наиболее полно. Роль отдельных нивально-гляциальных явлений в природе и деятельности человека на архипелаге различна [Гляциология Шпицбергена 1985].

Ледники. Влияние ледников на деятельность человека очень существенна: из-за их широкого распространения на Шпицбергене условия для жизни людей здесь неблагоприятны. Строительство и эксплуатация сооружений в этих условиях требуют крупных затрат и целесообразны только в исключительных случаях. Создание долговременных сооружений в этих условиях и туннелей (аналогично строительству в Антарктиде и Гренландии) возможно на фирновых полях, в районе ледораздельной линии, где отсутствуют внутренние трещины, а летнее промачивание не превышает 1–2 м. На Шпицбергене имеется опыт проходки туннелей в леднике (ледник Бертиль около пос. Пирамида) [Гуськов и др. 1980]. В отдельных случаях фирновые зоны ледников используются для передвижения, поскольку поверхность достаточно ровная и проходимая. Но при наличии трещин движение даже на легких снегоходах опасно – отмечены случаи проваливания в трещины. Возможность ледовых подвижек надо учитывать при проектировании и строительстве сооружений у концов ледников и в ледниковых долинах. Причем надо учитывать не только возможную дальность продвижения языка вниз по долине, но и образование гляциальных селей, воздействие которых может быть на многие километры ниже конца ледника. В зимнее время (9 месяцев в году) пресная вода на Шпицбергене дефицитна, поэтому талые ледниковые воды могут быть использованы для водоснабжения. Имеется опыт использования ледниковой воды ледника Бертиль для водоснабжения поселка Пирамида – ледниковая вода покрывала около 1/3 общей потребности поселка в зимнее время. Минимальный зимний сток из некоторых ледников Шпицбергена может превышать 10 л/с. Часть ледников Шпицбергена являются пульсирующими, то есть характеризуются периодическими резкими увеличениями скорости движения льда в сотни раз по сравнению со спокойным состоянием и существенным увеличением своей длины. Поверхность таких ледников разбивается на отдельные блоки и в течение нескольких лет оказывается непроходимой. При достижении ледником моря происходит массовое образование айсбергов, представляющих опасность для судоходства.

Снежный покров и снежники. Вследствие неравномерности распределения снежного покрова на Шпицбергене с начала снеготаяния и до его окончания можно говорить только о снежниках, так как сплошной снежный покров распадается на отдельные снежные пятна (снежники) разной площади. Снежники образуются на всей территории Шпицбергена, они существуют не менее 9–10 месяцев в году. Много снежников-перелетков и многолетних снежников. Свойства снежного покрова определяют проходимость территории в зимнее время. Резко изменяется структура снега после начала снеготаяния – основная часть снега превращается в однородный крупнозернистый фирн с плотностью 500 ±50 кг/м^3, образуются ледяные прослойки, которые затем могут исчезнуть. После

этого связь между фирновыми зернами ослабевает и снег не выдерживает даже лыжника, особенно в понижениях рельефа, где снег насыщен водой и образует «снежное болото». Такие участки необходимо учитывать при прокладке маршрутов и как возможный источник зарождения снежного селя. Со временем талый снег осушается, уплотняется до 600 кг/м и снова становится хорошо проходимым. Промерзание грунта и его оттаивание, то есть устойчивость многих сооружений на архипелаге в значительной мере зависит от пространственно-временной изменчивости снежного покрова.

Снежные заносы (*рис. 4*). Они распространены на всей территории Шпицбергена, период образования снежных заносов – сентябрь-май, образование их в летний период (июнь-август) происходит не на всей территории и не ежегодно. Интенсивность метелей и величина снежных заносов наибольшая на восточной периферии Шпицбергена, меньше на западной и наименьшая в центральной части (в средней части Земли Норденшельда).

Рис. 4. Снежные заносы

Мощность снежных заносов на восточном побережье достигает 3 м на равнине, а снежные надувы в оврагах и ущельях – до 10 м и более. Снежные заносы оказывают существенное влияние на деятельность человека на архипелаге: 1) дороги, которых пока мало, регулярно заносятся и требуют расчистки; 2) большинство зданий и сооружений частично или полностью заносятся, что мешает их функциональному использованию и требует затрат на защиту от снежных заносов и расчистку. Величина снежных заносов на дороге «поселок Баренцбург–авиагородок» достигает 2 м; они расчищаются роторными снегоочистителями, а наиболее мощные и плотные надувы – бульдозером. В центре острова Западный Шпицберген, в поселке Лонгиербюен, где величина снежных заносов меньше, взлетно-посадочную полосу чистит легкая снегоуборочная техника.

Снежные лавины (*рис. 5*). Они распространены достаточно широко – везде, где имеется благоприятный рельеф, но объемы лавин очень незначительны, преимущественно до 10^3 м^3. Преобладают лавины свежевыпавшего снега и мокрые лавины. Большинство лавин не доходит до подножия склонов.

Слабая лавинная активность обусловлена: 1) малой интенсивностью выпадения снега; 2) сильным метелевым переносом, который ведет к уплотнению снега, 3) регулярными зимними оттепелями. Наиболее лавиноопасным районом является побережье Ис-фиорда к западу от поселка Лонгиербюен. При освоении территории лавины необходимо учитывать, так как в отдельные годы при мощных циклонических вторжениях возможно возникновение катастрофических лавин. Именно такие лавины в районе поселка Баренцбург в отдельные годы повреждают сооружения, расположенные у подножия склона.

Наледи. Наличие толщи многолетнемерзлых пород на Шпицбергене приводит к концентрации подземного талого стока в таликах под ледниками и разгрузке его в виде источников непосредственно у края ледников, которые образуют крупные наледи до 10^4 10^6 м^2. В днищах долин и на побережье на удалении в несколько километров от ледника образуются крупные наледи из подмерзлотных вод (талых ледниковых вод, прошедших через талики в подмерзлотных горизонтах толщи горных пород). На Шпицбергене распространены и чисто грунтовые наледи за счет глубинных источников и наледи, образованные при разгрузке озер через карстовые и термокарстовые полости (например, наледь около озера Конгресс), а также речные наледи. Толщина приледниковых наледей достигает 15 м, остальные не превышают 5 м. Аэровизуальное обследование нескольких де-

сятков ледников в конце зимы выявило наличие свежих, явно растущих наледей по крайней мере у каждого третьего ледника, оканчивающегося на суше. Приледниковые наледи являются индикатором талого стока в зимнее время, что особенно важно на Шпицбергене, где условия водоснабжения в зимний период сложные. При передвижении вне дорог в зимнее время и пересечении рек и озер необходимо учитывать возможность существования «мокрых» наледей. В поселках существуют антропогенные наледи, но пока они существенно не осложняют деятельность людей.

Подземные льды. Подземный лед – мономинеральная горная порода – не образует столь мощных скоплений, как ледники, но встречается на всей территории Шпицбергена. Изученность подземных льдов на Шпицбергене невелика [Втюрин 1989], поэтому остановимся только на рассмотрении одной группы подземных льдов по классификации Б.И. Втюрина – первично-поверхностный погребенный подземный лед. Он состоит из погребенного льда мертвых льдов, то есть ледников и наледей и реже – погребенных снежников. Толщина льда достигает нескольких десятков метров (ледники Вереншельда, Финстервальдера и др.), чаще толщина до 10 м (ледники Гос, Янсона и др.). Подземные льды представлены или едиными плитами льда площадью до 10^5... 10^6 м^2, или серией невысоких гряд с ледяным ядром.

Рис. 5. Снежная лавина перекрыла дорогу снегоходов (весна 2004 г.)

Образование подземного льда из наледей происходит в основном при перекрытии обломочным материалом в период увеличения поверхностного стока в весенний период или в результате редких ливневых паводков. Образование подземного льда из снежников происходит при их перекрытии мелкообломочным материалом вследствие сильных зимних ветров. Погребенные льды распространены: 1) вдоль меридиональной полосы в центре Шпицбергена и вдоль западного побережья (из наледей); 2) вдоль восточного побережья и в меньшей степени западного (из снежников); 3) около пульсирующих ледников. Подземные льды представляют большую опасность при строительстве сооружений над ними или в непосредственной близости от них. В настоящее время из-за малой освоенности территории случаев разрушения сооружений очень мало.

Сели. Снежные и гляциальные сели – явление на Шпицбергене довольно редкое. Кроме северо-запада острова, где отмечены следы снежных селей. При аэровизуальных обследованиях Шпицбергена следов селей обнаружено очень мало, но сведения о них есть и при освоении территории необходимо учитывать возможность их образования. Снежный сель был зарегистрирован в апреле 1974 года по долине Гангдален (приток реки Рейндален). Он оставил после себя селевой снежник из мокрого снега и «снежное болото», прервав на несколько дней движение по этой долине снегоходов. В июне 1972 года в начале периода интенсивного снеготаяния снежный сель, прошедший по ущелью, открывающемуся к заливу Колсбей (залив Ис-фиорд), частично разрушил ряд строений законсервированного угольного рудника Колсбей, которые были расположены на конусе выноса этого ущелья. Отмечены сели и в поселке Пирамида.

Речные и озерные льды. Они образуются на всех реках и озерах архипелага. Ледостав начинается в сентябре, на юге в октябре и продолжается до начала июля, а на севере даже до августа [Гохман 1990]. Специальных исследований речного и озерного льда очень мало. Измерения толщины льда на озерах отрывочны. Среднемноголетняя толщина льда на озерах около 1,3–1,5 м. Коэффициент в формуле Стефана для расчета толщины льда, полученный на основе фактических данных о

толщине льда и сумме отрицательных температур воздуха за зиму, изменяется от 2,7 до 3,3. Лед по своей структуре неоднороден: в верхней части это горизонтально слоистый пузырчатый лед наледного происхождения, в нижней части – типично озерный лед голубого цвета, сложенный крупными вертикальными кристаллами. Толщина наледного льда в обычные зимы составляет около 1/3 общей толщины льда, в холодные зимы его толщина увеличивается до 1/2 и даже более. На реках толщина наледного льда значительно превышает типично речной лед. Большинство рек промерзает до дна, а наледный лед в отдельных местах заливает всю пойму. Речной и озерный лед, прочность которого уже в первые зимние месяцы значительна, выдерживает легкую технику (снегоходы – основной вид наземного транспорта зимой). К концу зимы лед выдерживает любой наземный транспорт. Наличие ледяного покрова во многих случаях значительно сокращает длину маршрутов. При пересечении рек зимой необходимо однако учитывать возможность существования «мокрых» наледей. Поверхность льда на озерах ровная, а прочность его позволяет использовать его в качестве взлетно-посадочных полос.

Айсберги и морские льды (*рис. 6*). Айсберги образуются у всех ледников Шпицбергена, которые заканчиваются в воде. На Шпицбергене айсберги являются важной составляющей расходной части баланса массы ледников. Морские льды оказывают существенное влияние на деятельность людей на Шпицбергене. Лед заливов во второй половине зимы достигает толщины до 1 м и выдерживает любой наземный транспорт. Прокладка маршрутов движения по льду заливов значительно сокращает их длину. В мае лед сохраняется только в заливах, на острове Западный Шпицберген и в проливе Форлан-суннет. При сильных ветрах, дующих от устья заливов, лед из них может выноситься на 1–4 недели раньше. Несмотря на значительную толщину в заливе Грён-фиорд – более 1 м – в большинстве случаев ледокол в мае довольно легко проходит до поселка Баренцбург, так как весной прочность льда значительно уменьшается.

В целом гляциологическая изученность Шпицбергена очень неравномерна. Лучше всего изучены ледники, хотя в условиях современного климата, когда ледники активно отступают, их площади и объемы и особенно их концы постоянно изменяются. Регулярное слежение за изменением всех ледников Шпицбергена требует значительных затрат, поэтому целесообразно вести мониторинг только отдельных ледников. Часть ледников Шпицбергена являются пульсирующими, поэтому их мониторинг имеет не только научное значение (для изучения механизма ледниковых подвижек), но и практическое, так как при подвижке ледника в море выбрасывается большое количество айсбергов.

Другие элементы нивально-гляциальных систем Шпицбергена изучены недостаточно. Необходимо продолжать изучение пространственно-временных закономерностей снежного покрова, наледей, селей и снежных лавин, особенно на локальном уровне. Это особенно актуально при освоении новых территорий, как для снижения последствий их негативного воздействия, так и для их использования, например для целей водоснабжения.

Особенности снежного покрова Шпицбергена

На всей территории архипелага снежный покров – преобладающий вид поверхности в течение значительной части года [Гляциология

Рис. 6. Айсберг около Северо-Восточной Земли (Шпицберген)

Шпицбергена 1985]. Однако к концу лета, как правило, снег остается только в виде небольших перелетовывающих снежников и в областях питания некоторых ледников. Снежный покров – один из основных факторов существования современного оледенения архипелага, поэтому его изучение важно для прогноза существования ледников. Важное значение имеют и прикладные аспекты снежного покрова – его влияние на передвижение по архипелагу в зимнее время, на заносимость жилых и промышленных сооружений, образование снежных лавин.

Основной вклад в изучение пространственно-временных закономерностей снежного покрова архипелага внес заведующий Лабораторией инженерной гляциологии Института географии РАН, проф. В.Г. Ходаков. Значительная часть результатов получена под его руководством и его сотрудниками, которые и сейчас продолжают эти исследования.

Основная часть информации о снежном покрове получена в результате проведения маршрутных и специальных снегосъемок, которые осуществляются как для изучения пространственно-временной изменчивости снегозапасов, так и для изучения физико-механических и теплофизических свойств снега (*рис. 7*).

По многолетним данным метеостанции Баренцбург, временный снежный покров может появляться в любой летний месяц, но наименее вероятен в июле. Устойчивый снежный покров образуется в сентябре, а разрушается в июне. Средняя многолетняя продолжительность устойчивого покрова на уровне моря составляет 250 дней. По данным метеостанции Лонгиербюен, эта величина на 10–15 дней меньше, что соответствует меньшей снежности района и более теплому лету.

Рис. 7. Изучение физико-химических свойств снега во время маршрутной снегосъемки

Анализ снегонакопления для м/с Баренцбург за период 1997–2005 годов (*рис. 8*) не дает оснований для выделения какого-либо видимого тренда – можно говорить только о большой межгодовой изменчивости снежного покрова.

Атмосферные осадки на метеостанции Хорнсунн выпадают почти ежедневно, но интенсивность их редко превосходит 10 мм/сут, лишь несколько раз бывает более 5 мм/сут, а преимущественно – менее 1 мм/сут, что характерно как для Шпицбергена, так и для Арктики в целом. Ход температуры воздуха отличается высокой изменчивостью, связанной с частым развитием восточных феновых ветров. Даже в разгар зимы возможны слабые оттепели, оставляющие в снежной толще небольшие ледяные прослойки. В отдельные годы весенние оттепели превращают весь снежный покров в притертую ледяную корку.

Резкие усиления ветра создают ветровые насты, в дальнейшем перекрываемые новыми слоями свежевыпавшего, но преимущественно свежепереотложенного метелевого снега. С первых чисел марта, когда заканчивается полярная ночь, на поверхности снежного покрова начинают появляться радиационные корки, а добавляющиеся слои снега почти сразу фирнизируются, образуя среднезернистый снег на поверхности покрова. Рыхлый свежевыпавший, или метелевый, снег на поверхности существует лишь короткое время. Зимой он быстро перерабатывается ветром, уплотняясь до 300–400 кг/м^3, а весной после начала снеготаяния – до 500–600 кг/м^3. Уплотнение снега под действием собственного веса невелико. С января в припочвенной части разреза появляется заметный слой разрыхления снега, но этот процесс в целом подавляется уплотнением, что обусловлено достаточно высокими зимними температурами воздуха и поверхности снежного покрова, которые не создают большого температурного градиента внутри снежной толщи, а сле-

довательно, и потока водяного пара от нижних слоев к верхним.

Уже первые снегомерные съемки в долинах дали весьма интересные в географическом отношении результаты: отчетливо выявились зоны высокой фоновой снежности на западной и восточной периферии острова Западный Шпицберген, а также малоснежная зона в его центральной части.

Исследования снежного покрова архипелага проводились методами разовых измерений в различных точках архипелага в период максимального снегонакопления методом авиадесантных снегосъемок, маршрутных исследований на расстоянии 30–60 км от Баренцбурга, а также регулярных исследований на модельном участке «Улаф» в районе Баренцбурга.

Наряду с измерениями толщины и плотности снега, проводились исследования стратиграфии и физико-механических свойств снега. Выполненные исследования позволили оценить особенности снегонакопления по всей территории архипелага во всем их многообразии. Особое внимание было уделено выявлению мезо- и микрозакономерностей распределения снежного покрова в районе Баренцбурга и в расположенных рядом ледниковых бассейнах.

Многолетнее регулярное проведение снегомерных работ на модельном участке позволило получить достаточно надежный материал, так как точки измерения толщины снежного покрова были зафиксированы на местности и размещались строго равномерно, характеризуя накопление снега на основных участках бассейнов.

Исследования, проводившиеся более десяти лет, позволили установить относительное постоянство распределения снежного покрова по элементам рельефа, сохраняющееся год от года независимо от снежности зимнего периода. Применение статистических методов анализа позволило интерпретировать данные о величинах снегонакопления, которые в горных бассейнах характеризуются ощутимой случайной изменчивостью (*рис. 9*).

Хорошо известно, что выборку данных из их генеральной совокупности, то есть в нашем случае из измеренных величин снегонакопления по территории всего горно-ледникового бассейна,

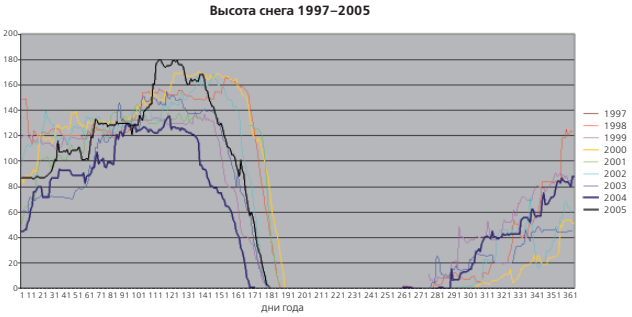


Рис. 8. Изменение высоты снежного покрова с 1997 по 2005 г. на метеостанции Баренцбург

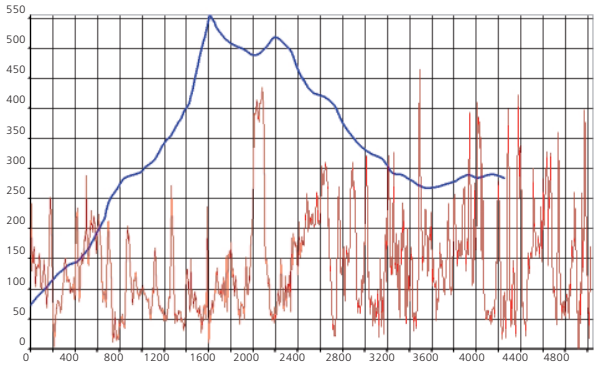


Рис. 9. Изменение толщины снежного покрова на склоне г. Улаф (синяя линия – высотный профиль г. Улаф, красная линия – толщина снежного покрова)

практически можно проводить тремя способами – районированному, механическому и комбинированному. Применяя все три способа, мы отдали предпочтение районированному, при котором генеральная совокупность предварительно делилась на типы, обладающие примерной однородностью исследуемого признака, в результате чего получили более точные статистические характеристики величин снегонакопления на склонах разной экспозиции и участках с разными типами подстилающей поверхности. Затем выделялись участки с равным интервалом диапазонов высот. На ледниках это 100-метровые интервалы, на склонах – 50-метровые.

Меньшие интервалы иногда дают плохо сглаженные средние характеристики, что не всегда позволяют уловить закономерности распределения снега на склонах и в гляциальной зоне.

Для периода аккумуляции, который на Шпицбергене продолжается в течение девяти месяцев, значения коэффициента корреляции величин снегозапасов в разных высотных зонах практически одинаковы и очень велики (практически никогда не менее 0,80), что позволяет выполнять расчеты с довольно высокой точностью для всех высотных зон.

Для многих практических и теоретических задач инженерной гляциологии важно знать изменение поля снегозапасов в пространстве и во времени. Однако структура этого поля носит неупорядоченный, в значительной мере случайный характер, поэтому невозможно точно охарактеризовать снегонакопление как функцию времени и пространственных координат. Такое описание может быть только статистическим, то есть справедливым лишь в среднем.

Высотные изменения снегозапасов по отдельным точкам измерений сильно затушевываются, а то и совсем нивелируются интенсивными процессами ветрового перераспределения снега, когда значительная часть снегозапасов аккумулируется в понижениях рельефа независимо от высоты над уровнем моря.

Измерения на модельном участке проводились с периодичностью не реже одного раза в пять дней. Маршрут, на котором проводились измерения, был выбран таким образом, чтобы охватить весь диапазон высот в районе Баренцбурга, а также склоны различной экспозиции и практически все элементы мезо- и микрорельефа. Выполнены массовые снегомерные измерения (более 10 тыс. промеров толщины и около 500 плотности ежегодно), позволившие выявить статистические закономерности полей снегозапасов в различных орографических условиях. Установлено, что от года к году сохраняется подобие полей снегозапасов, которое проявляется в малой изменчивости коэффициентов вариации, асимметрии и эксцесса. Маршрутные измерения в строго фиксированных точках и площадные снегомерные работы методом улучшенной нормальной снегосъемки органично дополняли друг друга. Для получения количественных характеристик изменения снегозапасов с высотой местности использовались осредненные величины. Сравнение результатов снегосъемок в период максимума снегозапасов позволило сделать обобщения по многолетним исследованиям.

Анализ зависимости величин снегонакопления от абсолютной высоты местности выполнен раздельно для различных типов подстилающей поверхности. Осредненные толщины снежного покрова на период максимального снегонакопления. Теснота связи характеризуется очень высокими значениями коэффициента корреляции (0,92–0,98), свидетельствует о большом влиянии абсолютной высоты точки измерения снежного покрова на измеренную толщину снега. Определялся высотный интервал для осреднения, при котором зависимость распределения снегозапасов от абсолютной высоты местности выявляется наиболее отчетливо. Из 10, 20, 50, 75 и 100-метрового интервалов таким оказался 50-метровый, для которого коэффициент корреляции равен 0,68 (ниже, чем на ледниках).

Основываясь на натурных экспериментах, выполненных в течение ряда лет на модельном участке «Баренцбург», попытались определить, насколько хорошо данные по одной высотной зоне характеризуют величины снегонакопления в других в разные периоды существования снежного покрова. Для периода абляции наблюдается менее тесная связь между величинами снегозапасов даже в соседних высотных зонах, не говоря уже о зонах, расположенных с большой амплитудой высот. Следовательно, в период снеготаяния неправомерно оценивать снегозапасы в верхних высотных зонах по измеренным величинам в нижних, как это часто происходит на практике снегомерных работ. На внеледниковых поверхностях связь между величинами снегозапасов в соседних высотных зонах в период аккумуляции 0,84–0,99. В период снеготаяния она заметно ослабевает и характеризуется значениями коэффициента корреляции 0,71–0,91 и 0,61 для зон, расположенных в значительном высотном диапазоне.

Для характеристики неравномерно залегающего снежного покрова необходимо знать величины, осредненные по той или иной площади и характеризующие структуру случайного поля, каковым является поле снегозапасов. Основными задачами снегосъемки считаются, во-первых, получение действительно средних для района значений толщины и плотности снежного покрова и снегозапасов и, во-вторых, получение характеристик распределения снежного покрова на местности и

статистических параметров, непосредственно не привязанных к местности. В случае маршрутной снегосъемки длина маршрута должна быть достаточной для размещения на нем такого числа точек измерений, которое обеспечило бы надлежащую точность определения средних значений измеряемых величин. Хотя форма маршрута решающего значения не имеет, но в идеале абсолютно линейный маршрут позволяет получать действительно случайный набор точек. Промерные точки были размещены равномерно, то есть средние характеристики снежного покрова определялись строго с заданной точностью. При этом автоматически учитываются многочисленные факторы формирования снежного покрова: локальные, то есть свойства подстилающей поверхности и снега, и метеорологические, то есть осадки, температура воздуха, скорость и направление метелевых ветров. Степень подробности и точности учета названных факторов зависит от числа промерных точек. Чем оно больше, тем более мелкие участки местности освещаются снегосъемкой и тем точнее результат.

Полученные цифры, а также инструментально подтвержденные закономерности распределения снега на ледниках и склонах позволяют говорить о высокой степени подобия полей снегозапасов на протяжении весьма значительных периодов времени. Если средние величины снегонакопления напрямую зависят от количества осадков (снежности зим), то характеристики статистических полей практически остаются неизменными. В первую очередь это относится к коэффициентам асимметрии и эксцесса. Коэффициент вариации зависит от толщины снега и уменьшается с увеличением снежности зим.

Выявлены оптимальные расстояния между промерами с точки зрения достоверности информации и рационализации снегомерных работ. Для внеледниковых поверхностей расстояние между промерами в 50 м является достаточным, для относительно небольших долинных ледников – 150–200 м, а для больших и протяженных вполне допустим и полукилометровый интервал между единичными промерами.

Во всех районах следует четко различать поля снегозапасов, сформировавшиеся на разных видах подстилающей поверхности – на ледниках и внеледниковых поверхностях. Выявлено принципиальное различие распределения снегозапасов на ледниках и внеледниковых поверхностях. В отличие от ледников, снегозапасы убывают с абсолютной высотой. Снег с горного обрамления метелями перемещается на ледники, создавая дополнительный источник их питания. Коэффициенты корреляции толщины снега и абсолютной высоты местности для периода максимального снегонакопления на леднике составляют 0,97, а для внеледниковых поверхностей – 0,59. Ослабление связи объясняется большим высотным диапазоном измерений и большой пестротой в распределении снегозапасов по всей территории. Уровень мезозакономерностей распределения снежного покрова в пределах горно-ледниковых бассейнов таков: на ледниках с возрастанием абсолютной высоты местности наблюдается рост снегозапасов, а на склонах горно-ледниковых бассейнов, наоборот, с ростом высоты местности снегозапасы уменьшаются. При этом осредненная величина уменьшения снегозапасов с подъемом на каждые 100 м зависит от крутизны склонов и их изрезанности. Так, на склонах массива Улаф, обращенных к Баренцбургу, она составляет 67 см, а на склонах, обращенных к Лонгирбюену, – лишь 16. Уклон склонов – 0,309 и 0,153 соответственно.

Установлено, что по площади зоны сноса преобладают над зонами аккумуляции (46% и 29% территории на склонах, обращенных к Баренцбургу, и 39% и 33% на склонах, обращенных к Лонгиербюену), но по объемам аккумулируемого снега, естественно, наблюдается другая картина: более половины всех объемов (54% на склоне Баренцбург и 53% на склоне Лонгиербюен сосредоточены именно в зонах аккумуляции в понижениях рельефа). Аналогичная картина распределения снегозапасов наблюдается и в районе Пирамиды.

Характеристики снежного покрова наиболее достоверно определяются в период максимальных снегозапасов, но для районов, имеющих значительную амплитуду абсолютных высот, этот период неодинаков. Так, максимальные снегозапасы на модельном участке «Баренцбург» в пригребневых участках фиксируются на 3–4 недели позже, чем на уровне моря, а на склонах северной экспозиции на 5–7 дней позже, чем на южной (в одном и том же высотном диапазоне).

Поля снегозапасов в верхних частях гор (300–400 м по горизонтали и 50–70 м по вертикали) существенно различаются в годы с разным направлением господствующих ветров и очень похожи, когда направления таких ветров совпадают. Эти различия в статистических параметрах касаются конкретных участков на местности, но практически отсутствуют при классификации склонов на наветренные и подветренные. В долинах и у подножий склонов поля снегозапасов и их статистические характеристики практически мало изменяются от года к году даже при существенно разных метеорологических условиях их формирования.

Исходя из гипотезы однородности и изотропности исследуемого поля, в результате статистического эксперимента и его анализа можно было уверенно выбирать расстояние между промерами при условии их независимости, минимальное число промеров толщины и плотности снега, а также длину снегомерного маршрута. Имевшиеся данные позволили в первом приближении установить границы применимости этой гипотезы для Шпицбергена: а) высотный интервал маршрута не более 50–100 м, б) поверхность близка к плоскости, размеры однородной площади не менее 1×1 км^2, в) направление маршрута составляет с направлением основных эрозионных врезов угол ~45°.

В апреле–июне 1979 года на архипелаге были проведены наиболее массовые снегосъемки, охватившие о-в Западный Шпицберген от северной до южной периферии и от восточной до западной. Широко применялся метод авиадесантной снегосъемки совместно с аэровизуальными наблюдениями. С вертолета картировались степень заснеженности территории, характер микрорельефа снежной поверхности, направление осей застругов, следы лавинной деятельности с визуальной оценкой площади, объема и дальности выброса лавинного снега, степень загрязненности поверхности снега частицами грунта, форма и размер наледей, выходы в снегу воды, наличие открытых ледниковых трещин и признаки снежных мостов над ними. Наземные отряды выполняли маршруты с 30–50 промерами толщины снежного покрова и измерениями его плотности в шурфе, а также описанием структуры слоев снега. Местоположение снегопунктов и маршрутов аэровизуальных наблюдений показано на *рис. 10*.

В ряде районов (долины Грендален, Адвентдален, Линнейдален, Мимердален, Мунидален, Сассендален, Агарддален, полуостров Бреггера, побережье залива Хорнсунн) снегосъемки проводились более подробно, с числом до 100 и более, что позволило сравнить результаты осреднения по малым и большим выборкам. Оказалось, что средняя по 30 промерам толщина снега отличается от средней по 100 промерам не более, чем на 10%. Плотность снега значительно изменялась по глубине шурфа, но мало – от шурфа к шурфу.

В итоге снегомерных работ для каждого снегопункта с общей длиной маршрутов l вычислялись: средняя из h промеров толщина снежного покрова $\bar{h}$, плотность ρ средний снегозапас $q = \bar{\rho}\,\bar{h}$, поскольку все измерения независимы друг от друга. Измерения проводились в сжатые, но все же разные сроки; их результаты приводились к одному и

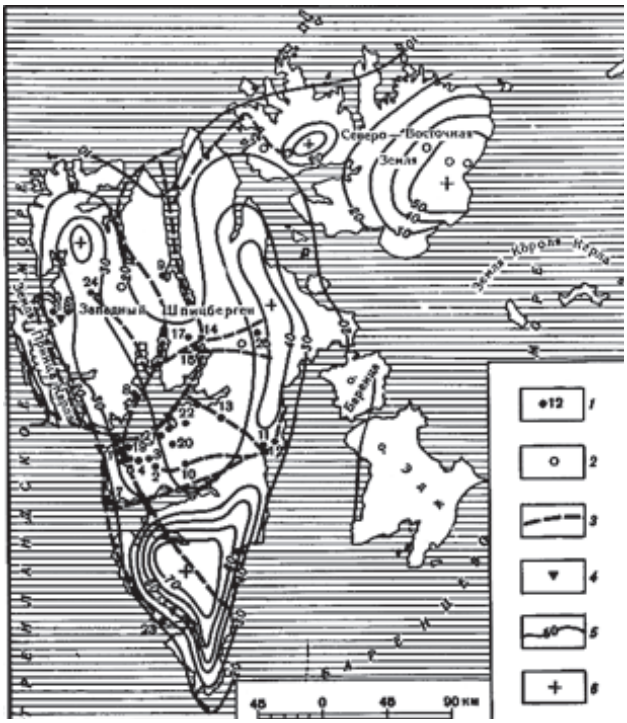


Рис. 10. Средний многолетний снегозапас на уровне моря в период максимума снегонакопления:

1 – местоположение снегопунктов снегосъемки и его номер в соответствии с табл. 1; 2 – другие снегопункты; 3 – маршруты аэровизуальных наблюдений; 4 – метеостанции; 5 – изолинии снегозапасов, см воды; 6 – снегозапасы больше, чем на последней изолинии

тому же моменту времени – дате начала интенсивного таяния и стока воды из снега на уровне моря по данным ближайшей метеостанции, практически – к середине июня. Поправка к измеренным снегозапасам $q_и$ для приведения к максимальным на уровне моря $q_м = q_и + \Delta q$ вводилась либо по осадкомерным данным (с учетом их соотношения со снегомерными), если маршрут был выполнен до даты максимума снегозапаса, либо по измеренному или рассчитанному таянию снега, если маршрут выполнялся уже в период таяния.

Для получения истинного максимума снегозапасов на разных абсолютных высотах, в том числе на ледниках, к значению $q_м$ следует вводить поправку на величину прихода-расхода снега за летний период. В холодной фирновой зоне льдообразования это время окончания балансового года. Как следует из наблюдений, до абсолютной высоты 300–500 м значения $q_м$ практически равны максимальному снегонакоплению на ледниках, так как летние осадки в этой зоне выпадают преимущественно в виде дождя. Однако на больших высотах в течение всего лета преобладает снег и крупа. Так, в области питания ледника Норденшёльда летние снегопады местами удвоили значение $q_м$, а в среднем по этому леднику в диапазоне 495 м ≤ H ≤ 1025 м летняя прибавка снега составила 75% от $q_м$. Тем не менее полученное в результате массовых снегосъемок значение $q_м$ представляет несомненный интерес, так как оно почти полностью обусловлено твердыми атмосферными осадками (зимнее испарение, как известно, незначительно), а значит, доступно для интерпретации только с точки зрения влагопереноса в атмосфере, без учета различий в интенсивности теплообмена тающей поверхности с атмосферой.

В нашем анализе использованы данные за ряд лет. Результаты каждой снегосъемки в этом случае скорректированы двумя поправками: на приведение к моменту максимума снегозапаса данного года и к средней многолетней величине снегозапаса. Последняя основывается на отношении средней многолетней суммы осадков за период с отрицательными температурами воздуха к такой же сумме за данную зиму. Например, для зимы 1978/79 года по метеостанции Баренцбург это отношение равно 0,9. Как видно, базовая снегосъемка дает картину, близкую к средней многолетней, если допустить синхронность многолетних изменений твердых осадков в пределах архипелага. Результаты снегосъемок в резко аномальные по осадкам зимы мы не используем, так как точность их приведения к средним многолетним слишком мала, а ошибка может превысить масштабы пространственной изменчивости. Аэровизуальные данные о доле свободной от снега территории в период максимума снегонакопления довольно тесно коррелируют с $q_м$, если наблюдения сделаны спустя двое и более суток после последнего снегопада. Корреляция сохраняется до значения $q_м$ = 20–30 см воды. Заснеженность удовлетворительно оценивается в полосе 5–10 км по обе стороны от маршрута. Ее величина также используется в дальнейшем при анализе географии снегозапасов.

На Шпицбергене, как и в других горных районах, характеристики снежного покрова, главным образом толщина и снегозапас, подвержены пространственной изменчивости разных масштабов. В соответствии с данными В.Г. Ходакова рассмотрим микромасштабную (10 м), мезомасштабную (10^2–10^3 м) и макромасштабную (10^4–10^5 м) изменчивость. В связи с малой изменчивостью плотности снежного покрова будем рассматривать его толщину и снегозапас как взаимно однозначные величины.

Микромасштабная изменчивость определяется микрорельефом грунта и снежной поверхности, а действующей силой является почти исключительно метелевый перенос снега поземкой. В большинстве географических задач генетический анализ микромасштабной изменчивости не имеет смысла, поэтому рассмотрим лишь ее статистически обобщенные характеристики на базе снегосъемок.

Таблица 3 позволяет сравнить данные снежного покрова на разных по местоположению и типу ледниках Шпицбергена, а также на ледниках и окружающей их территории, в основном – скальных склонах и отложенной морене. Обращает на себя внимание прежде всего то, что толщина снега на ледниках лишь немного превышает эту же величину в их окрестностях. Изменение снегозапасов достаточно плавное при переходе в долинах к снегозапасам на ледниках, замыкающих долины. Рассмотренное свойство нехарактерно для дру-

Таблица 3

Статистические характеристики снежного покрова

Район	*n*	$\bar{h}$, см	σ, см^2	C_v	C_s	C_e
Ледник Вёринг	111	129,1	52,5	0,41	1,18	1,04
Склоны у ледника Вёринг	156	112,7	71,4	0,63	0,41	–0,60
Ледник Дауд	201	127,9	36,6	0,29	0,36	2,12
Склоны у ледника Дауд	137	113,3	65,7	0,58	0,14	–0,48
Ледник Альдегонды	367	116,4	42,8	0,37	0,47	4,06
Ледник Бертиля	236	108,0	38,6	0,36	0,24	0,27
Ледник Грён-фиорд Восточный	92	139,5	39,0	0,28	0,24	0,98
Ледник Фритьоф	199	148,2	32,6	0,22	0,91	1,06

Примечания: n – число измерений толщины снежного покрова; $\bar{h}$ – средняя толщина по объекту; σ – среднеквадратичное отклонение от средней; C_v – коэффициент вариаций; C_s – коэффициент асимметрии; C_e – коэффициент эксцесса.

гих хорошо изученных горноледниковых районов. Мы связываем его с особым типом оледенения архипелага, являющимся переходным состоянием от горного оледенения к покровному или наоборот. Существенно также незначительное развитие лавинной деятельности, что, как увидим ниже, характерно для архипелага в целом. Направление метелевых ветров в этом районе весьма изменчиво, поэтому снег не только надувается на ледники, но и в значительной степени выносится с них. Так, на леднике Дауд мы наблюдали полосу чистого льда в правой нижней части языка в период максимального снегонакопления, а снегомерные измерения в долине показали на фоне монотонных величин снегозапасов их заметное увеличение в виде плоского метелевого «конуса выноса» снега, по-видимому, с ледника. Впрочем, подобные эффекты относятся скорее к мезомасштабным закономерностям снегозапасов.

Анализируя *табл. 3*, необходимо отметить гораздо большую микромасштабную изменчивость снегозапасов на неледниковой территории по сравнению с поверхностью ледников: значения C_v в 1,5–2 раза больше на первых. Помимо этого, существенно различается сам статистический характер распределения толщины снега – оно более асимметрично на ледниках, чем на их обрамлении (хотя положительно в обоих случаях). Кроме того, на всех ледниках без исключения наблюдается положительный коэффициент эксцесса, тогда как на неледниковых территориях – отрицательный. Это значит, что кривая распределения толщин снега на ледниках более заострена в верхней своей части, а на окружающих территориях – наоборот, по сравнению с нормальным законом распределения случайных величин. Заметим попутно, что на ледниках, особенно небольших, как Вёринг, вообще трудно избежать неоднородности выборки, так как значительно проявляются мезомасштабные тренды снегозапасов.

Мезомасштабные закономерности снегозапасов объединяют эффекты: а) локального увеличения твердых осадков в зонах резких орографически вынужденных взбросов воздушного потока у отдельных хребтов и крутых склонов массивов, даже плосковершинных, каких много на Шпицбергене, б) лавинного стока снега с достаточно крутых склонов ледникового или неледникового бассейнов, в) метелевого сдува или надува.

В процессе аэровизуальных обследований наиболее объективно удавалось оценивать и картировать лавинопроявление. В целом на большом материале можно констатировать слабое развитие снежных лавин на Шпицбергене. Большинство картированных лавин приурочено к наиболее благоприятным орографическим условиям – воронкообразному лавиносбору, выше которого расположено обширное плато – метелевый снегосбор, а ниже – узкий крутой лоток, удобный для отрыва и схода лавины. Но и в этих идеальных условиях объемы и дальность выброса лавин были невелики: первые 10^3 м^3, а вторые – немногие сотни

метров от места отрыва, причем лишь единичные из фиксированных лавин дошли до плоского днища долины или вышли на тело ледника. Слабая лавинная деятельность объясняется двумя причинами: осадки на Шпицбергене выпадают хотя и часто, но малой интенсивности; выпавший снег подвергается метелевому переносу, переотложению и сильному уплотнению и упрочнению вследствие измельчения кристаллов и вынужденной диффузии водяного пара. Такой переработке особенно подвержен снег, сносимый в лавиносборы с высоких плато. В итоге процессы разрыхления нижней части толщи подавляются.

Гораздо сложнее оказалось выделить эффект метелевого перераспределения снега, который, тем не менее, во многих случаях является определяющим. Фактические наблюдения за дальностью переноса клубов метелевого снега проводились в районе ледника Веринг при условии хорошей видимости из Баренцбурга. Выбросы метелевого снега у крутых наветренных склонов достигали по высоте 200 м и прослеживались на дистанции до 5 км от места образования. Однако определить, где именно оседала основная часть снега, нам не удалось. Во всяком случае, это происходило не над поверхностью плато. При аэровизуальных наблюдениях мы видели многие плато с отметками 500–800 м над уровнем моря, полностью лишенные снега даже в период максимального снегонакопления. При обработке снегосъемок на обрамляющих ледники склонах было статистически достоверно установлено линейное убывание снегозапасов с ростом высоты местности при коэффициентах корреляции более 0,8. На соседних ледниках всегда наблюдалась положительная корреляция толщины снега и высоты местности с коэффициентами корреляции более 0,9. Таким образом, метелевый сброс снега с неледниковых поверхностей на ледники несомненно имеет место, причем чем выше, тем этот процесс интенсивнее. В то же время отмечались и случаи надува снега на плато. Наиболее типично это явление тогда, когда направление долины совпадает с преобладающим направлением метелевых ветров, поднимающихся вверх по долине. Иногда мы наблюдали почти полное очищение от снега склонов долины и стопроцентную заснеженность примыкающего участка плато.

Направление метелевых ветров мы устанавливали по направлению осей крупных старых заструг. Эти наблюдения показали, что метелевые ветры в значительной, а местами в решающей степени подчинены орографии: их направление во всех узких долинах параллельно тальвегу, и лишь на склонах углы между осями заструг и долины достигают 30–50°. Близкое положение существует даже на покрытой льдом акватории крупнейших фиордов Шпицбергена, которые, как и узкие горные долины, в какой-то степени играют роль русел для приземных воздушных потоков. Масштаб метелевых явлений на Шпицбергене в целом достаточно велик, поэтому можно предполагать в некоторых случаях вклад метелевого перераспределения снега даже в макромасштабные закономерности распределения по территории снегозапасов.

Макромасштабные закономерности распределения максимальных снегозапасов объединяют эффекты воздействия горного и ледникового макрорельефа на воздушные потоки нижней и средней тропосферы, включая покровное оледенение Северо-Восточной Земли. Как следует из теоретических исследований, обтекание воздушным потоком орографического препятствия приводит к искривлению линий тока таким образом, что в нижних слоях знак кривизны тот же, что и у огибающей рельефа, а в верхних меняется на обратный. При большой высоте гор таких обращений может быть несколько. Небольшие абсолютные высоты Шпицбергена, скорее всего, дадут не более одного уровня обращения. При этом в высокоширотной атмосфере основная часть влагозапаса сосредоточена в нижних первых километрах, то есть в области линий тока, конформных огибающей рельефа. Поэтому на Шпицбергене следует ожидать появления зон повышенной снежности в местах наиболее интенсивного подъема приземных воздушных потоков, особенно влажных атлантических.

Отмечаются весьма существенные различия значений снегозапасов при практически одинаковых и близких к нулю абсолютных отметках долин и побережий. Так, прибрежная обширная и плоская тундра Бухтеманфлюа покрыта втрое более толстым снежным покровом, чем морфологически совершенно аналогичная равнина в

долине Вестфиорддален. Отчетливо виден также довольно быстрый рост снегозапасов с ростом абсолютной высоты, но в данном случае речь идет только о ледниковой поверхности. Рост этот тем интенсивнее, чем больше значение максимального снегозапаса в данном районе на уровне моря ($q_{м,о}$).

Сравнение снегозапасов ровных плоских ледниковых поверхностей на абсолютной высоте H со снегозапасами низких долин и морских побережий позволило установить, что вертикальный градиент снегозапасов g в период их максимума равен: $g = 1{,}6 \times q_{м,о} + 17$.

Появление свободного члена в этой формуле физически оправдано, так как выпадающий осенью снег на низких внеледниковых поверхностях стаивает, а на ледниках накапливается. Поскольку $q_{м,H} = q_{м,о} + gH$, то имеем:

$$q_{м,H} = q_{м,о} + (1{,}6\, q_{м,о} + 17) \times H.$$

По этой формуле легко рассчитать максимальное снегонакопление на ледниковых поверхностях и построить карту снегозапасов на физической поверхности. Однако при этом даже на крупномасштабных картах густота изолиний оказывается слишком большой. Кроме того, такие физические поверхности, как горные склоны и плато, площадь которых на Шпицбергене достаточно велика, не подчиняются приведенной выше закономерности.

Для схематического изображения поля максимальных снегозапасов на мелкомасштабной карте мы применили широко используемый в гидрометеорологии метод приведения картируемой величины к опорной высотной поверхности. Для Шпицбергена, в силу специфики его рельефа, такой поверхностью явились низменные участки на уровне моря, так как многие снегопункты фактически лежат на ней, а другие приводятся к этому уровню без существенной ошибки. Приведение к уровню моря снегозапасов на высоких ледниковых поверхностях несомненно условно. Тем не менее полученные поля значений $q_{м,о}$ представляются реалистичными (*см. рис. 10*).

Проведение изолиний на покровном леднике Восточного ледяного поля основано на данных снегосъемки, выполненной в 1958 году В. Шюттом. Северо-западные районы о-ва Северо-Восточная Земля представлены на основе наших снегосъемок и аэровизуальных наблюдений в годы, близкие по снежности к среднему. Вообще данные аэровизуальных наблюдений степени заснеженности территории широко использованы при построении карты. В период максимума снегозапасов доля бесснежной территории прямо коррелировалась с величиной $q_{м}$, а в период интенсивного снеготаяния использовался «метод теплового проявления снегозапасов В.Г. Ходакова», т. е. проводился расчет абляции на уровне границы сезонного снега.

Изолинии максимальных среднемноголетних снегозапасов показывают, что на о-ве Западный Шпицберген существует две зоны повышенной снежности – на западной и восточной периферии. В центре острова в меридиональном направлении протянулась малоснежная зона, и только в узкой южной части острова многоснежные зоны сливаются в одну, а малоснежная полностью выклинивается.

Такой рисунок с точки зрения физической метеорологии легко объясняется, если учесть, что влажный воздух подходит как с западного, так и с восточного секторов горизонта, отдавая влагу в зонах макроскопических орографических подъемов воздушных потоков. В узкой южной части острова оба взброса сливаются, не оставляя места для зоны горизонтальных или нисходящих линий тока воздуха. Характер изолиний снегозапасов на о-ве Северо-Восточная Земля говорит о преобладании здесь восточных и юго-восточных влагоносных ветров. Однако в данном случае нельзя исключить также роли метелевого переноса снега сильными северными ветрами с одного склона ледникового покрова на другой, так как поверхность ледника ровная, не имеющая «ловушек» для метелевого снега в виде обширных орографически выраженных понижений.

Проблема многолетних изменений снежности имеет большое научное и практическое значение, особенно существенное в отношении анализа и прогноза развития оледенения Шпицбергена. Можно отметить, что при повышении зимних температур воздуха на Шпицбергене количество зимних осадков, а также до некоторого предела снегозапасы должны возрастать. В настоящее время трудно сказать, существует ли в действительности тенденция к росту зимних осадков на

Таблица 4

Снегопункты снегосъемок на Шпицбергене

№	Район	Средняя высота над ур. моря, *H*, м	Число точек, *n*	Длина маршрута, *l*, км
1	Долина Линейдален	30	84	4,7
2	Перевал Грендальпассет	280	43	2,2
3	Верховья долины Грендален	70	89	4,4
4	Средняя часть долины Грендален	40	27	1,4
5	Нижняя часть долины Грендален	20	28	1,4
6	Ледник Вёринг	250	90	4,5
7	Прибрежная равнина у мыса Логнесет	10	37	1,8
8	Прибрежная тундра Бухеманфлюа	20	33	1,6
9	Долина Вестфиорддален	20	50	2,5
10	Долина Рейндален	20	47	2,4
11	Долина Агарддаллен	10	100	2,5
12	Ледник Дауд	350	151	7,5
13	Долина Сассендален	20	51	2,5
14	Ледник Бертиля	350	153	7,6
15	Долина Мимердален	50	99	5,0
16	Долина Мимердален	50	120	6,0
17	Долина Мунидален	150	80	4,0
18	Побережье у Ню-Олесунна	30	69	1,7
19	Побережье у Баренцбурга	30	82	4,1
20	Ледник Богер	550	124	6,2
21	Ледник Лонгиера	550	115	5,8
22	Долина Адвентдален	20	85	4,2
23	Побережье залива Хорнсунн	20	73	1,8
24	Ледниковое плато Исаксена	850	7	0,4
25	Ледниковое плато Ломоносова	1000	14	0,7

Шпицбергене. В то же время не вызывает сомнения их значительная изменчивость от года к году, в том числе и в пределах условно однородных выборок.

Имеется статистически тесная связь между максимальным снегонакоплением в долинах и суммой зимних осадков по ближайшим метеостанциям. Коэффициент корреляции – снегозапасы Грендален и осадки Баренцбурга – равен 0,89, значения осадков и снегозапасов в долине Адвентдален (метеостанция Лонгиербюен) почти тождественны. Неожиданным оказалось практическое отсутствие связи максимальных снегозапасов на ледниках с зимними осадками на ближайших к ним метеостанциях. Коэффициент корреляции пары ледник Богер–станция Лонгирбюен равен 0,64, ледник Брёггер–станция Ню-Олесунн – 0,28, ледник Ловен Средний–станция Ню-Олесунн (расстояние 5 км) составляет 0,1, ледник Вёринг-станция Баренцбург равен – 0,13. Поскольку все использованные выборки содержат данные по малому числу лет, то ошибка расчета коэффициента корреляции ~0,2–0,3.

Следовательно, лишь одна из четырех пар дает слабоположительную корреляцию, в остальных она практически отсутствует. Такое положение можно объяснить тем, что снегонакопление на изученных небольших горных ледниках зависит не только и не столько от осадков или фоновой снежности района, сколько от силы и направления метелевых ветров. В одни зимы баланс метелевого снега на ледниках оказывается положительным, даже если зима малоснежная, в другие – наоборот. Можно, однако, предполагать, что снегонакопление на крупных долинных и тем более покровных ледниках Шпицбергена, так же как в широких неледниковых долинах, достаточно тесно связано с осадками. Тогда их ряды в пределах однородных данных могут быть использованы для анализа динамики оледенения.

Обращает на себя внимание явное отсутствие синхронности многолетних изменений снегозапасов в трех основных частях острова Западный Шпицберген: восточной многоснежной, западной многоснежной и центральной малоснежной. Это обстоятельство связано, по-видимому, с разнообразным сочетанием в разные зимы путей центров циклонов и, соответственно, с разной интенсивностью и повторяемостью теплых влажных ветров восточной и западной половины горизонта. Когда преобладают первые, восточный район повышенного снегонакопления перехватывает больше влаги, чем западный, и наоборот. При этом центральная зона широкой части о-ва Западный Шпицберген испытывает дефицит снежности в обоих случаях, а колебания снежности соответственно сглаживаются.

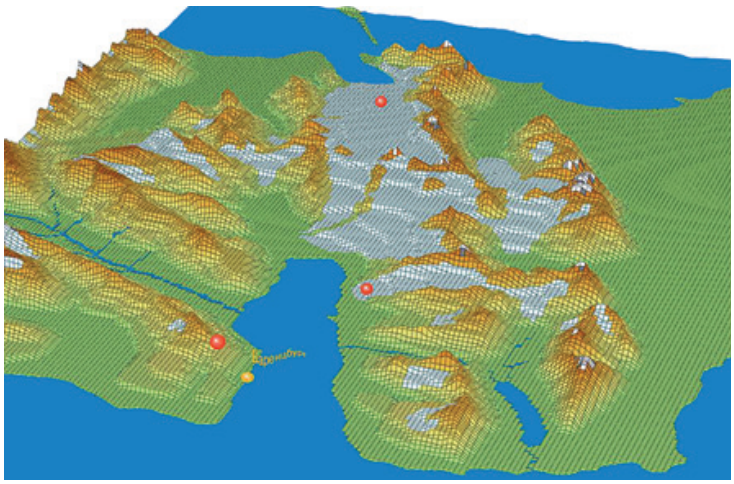


Рис. 11. Район полевых работ около п. Баренцбург (красные кружки – места проведения измерений)

Влияние снежного покрова на многолетнюю мерзлоту в районе Грён-фиорда (Шпицберген)

В течение последних лет, наряду с исследованиями пространственно-временных особенностей снежного покрова, большое внимание уделялось изучению изменчивости сезонно-талого слоя, влияние на него изменений температуры воздуха, мохового покрова и прежде всего снежного покрова.

Целью исследований на данном этапе являлось получение оценки пространственной и временной изменчивости толщины, плотности и термического сопротивления снежного покрова; разработка основ теплофизической модели взаимодействия системы атмосфера – снежный покров – подстилающие породы; оценка критической мощности снежного покрова, при превышении которой происходит деградация многолетнемерзлых пород. Решение этих задач позволит в дальнейшем исследовать реакцию мерзлых пород на потепление климата при различных сценариях климатических изменений и разработать предложения по управлению режимом промерзания-протаивания поверхностной толщи криолитозоны.

Исследования проводились в районе российского поселка Баренцбург (*рис. 11*).

Целью полевых экспериментальных исследований является определение температурного режима грунтов на разных высотах при разных климатических условиях, динамика глубины протаивания многолетней мерзлоты, теплофизические свойства грунта и теплоизоляционные свойства мха.

Климатические условия лета характеризуются небольшими перепадами между дневными и ночными температурами воздуха, составляющими несколько градусов. Это приводит к малой глубине суточных колебаний температуры грунта, равной 0,2–0,3 м. Поэтому температурные профили грун-

та, измеренные на разных высотах над уровнем моря и в разное время суток на глубинах ниже 0,2 м, близки к линейной зависимости.

Измерение температурного профиля сезонного талого слоя показано на *рис. 12*. Температурные профили в грунте на высотах 65, 310 и 388 м представлены на *рис. 13*.

Формулы линий тренда для этих кривых и коэффициенты корреляции R представлены в виде:

$$\begin{aligned} &h = -0{,}184T + 2{,}08;\ R = 0{,}97 \text{ (на высоте 65 м над уровнем моря)} \\ &h = -0{,}092\ T + 0{,}87;\ R = 0{,}99 \text{ (310 м)} \\ &h = -0{,}119\ T + 0{,}73;\ R = 0{,}99 \text{ (388 м)}, \end{aligned} \qquad (1)$$

где h – глубина грунта, м;
T – температура, °С.

Глубина протаивания многолетнемерзлого грунта, восстановленная по линиям тренда температурных кривых при T = 0 °С на 25 июля 2006 года, уменьшается с ростом высоты над уровнем моря и составляет 2,1; 1; 0,87 (0,85) и 0,73 (0,72) м. В скобках даны измеренные значения глубины протаивания многолетнемерзлого грунта.

Температура грунта под моховым покровом толщиной 4 см, полученная на одной площадке, в среднем на 1 °С ниже, чем при его отсутствии (кривые 1 и 2 на *рис. 14*). При понижении температуры воздуха на 2 °С температура поверхности грунта в отсутствии мха реагирует значительно быстрее (кривая 2), чем при наличии мохового покрова.

Рис. 12. Измерение температурного профиля грунта

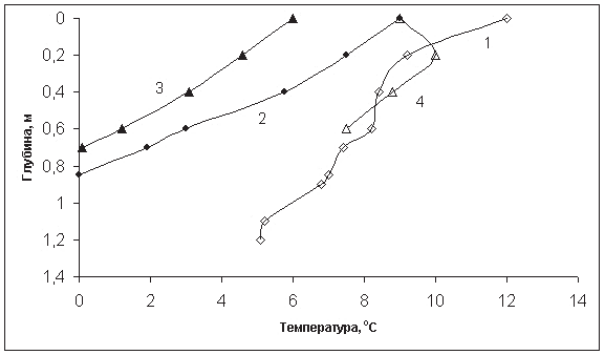


Рис. 13. Температура грунта на разной высоте над уровнем моря
25.07.06 г.: 1 и 4 – 65 м; 2 – 310 м; 3 – 380 м; кривые 1 и 4 получены с разницей в 8 часов

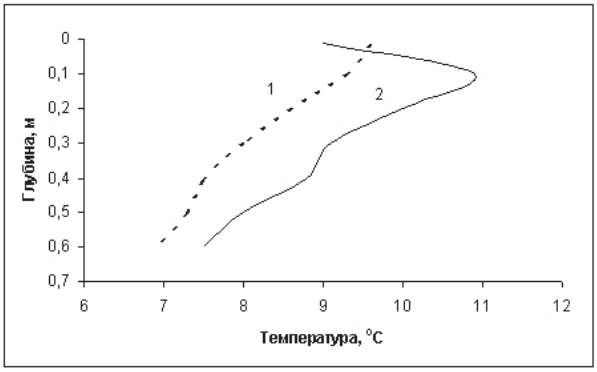


Рис. 14. Температура грунта:
1 – под моховым покровом толщиной 4 см; 2 – без мохового покрова

Измерения температурного градиента в моховом покрове толщиной 4 см показали, что разница между температурой его поверхности – на глубине 1 см – и под мхом равна 1,1 °С, что составляет 36,7 град/м, тогда как в грунте температурный перепад 2,7° С приходится на 60 см и градиент равен 4,5 град/м. Исходя из равенства теплопотоков на границе мох–грунт получим, что коэффициент теплопроводности мха в 8,2 раза меньше, чем грунта.

Измерения температурного профиля грунта под моховым покровом толщиной 8 см показали, что глубина протаивания многолетнемерзлого грунта составила 0,98 см (*рис. 15*), тогда как на соседнем участке без мохового покрова температура грунта на этой глубине была 4 °С, а глубина протаивания, исходя из линии температурного тренда, достигала 1,9 м.

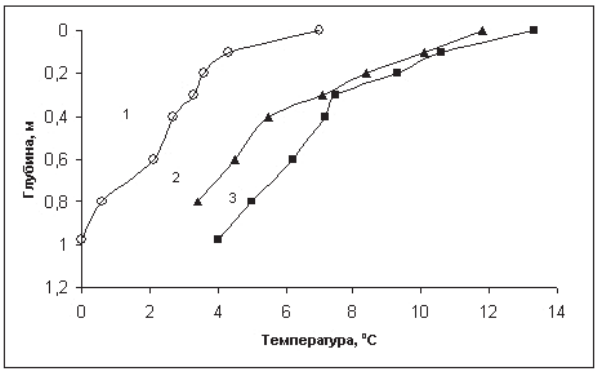


Рис. 15. Температура грунта:
1 – под моховым покровом толщиной 8 см;
2 – при повышенной влажности грунта;
3 – без мохового покрова

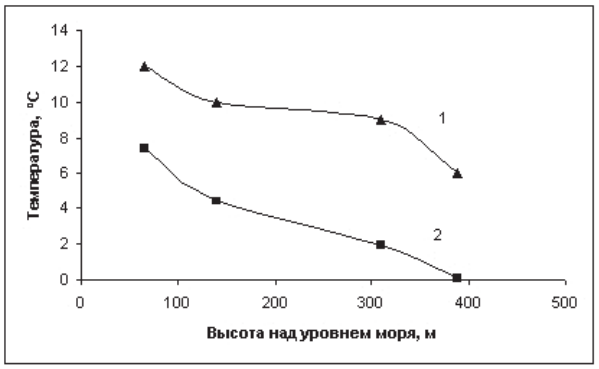


Рис. 16. Динамика температуры воздуха:
1 – и грунта; 2 – на глубине 0,7 м на разных высотах над уровнем моря

Разница в температуре грунта под моховым покровом толщиной 8 см и при его отсутствии превышает 4 °С. Глубина проникновения суточных колебаний температуры воздуха в грунт составляет под моховым покровом 0,1 м. В отсутствии мохового покрова этот изгиб отмечается на глубине 0,3 м.

Вторая кривая на *рис. 15* получена в скважине с большим содержанием свободной воды на глубинах ниже 0,4 м. Для изменения температуры такого водонасыщенного грунта требуется большее количества тепла. Поэтому его температура на этих глубинах оказалась ниже в среднем на 1,7 °С по сравнению с 3-й кривой.

Динамика температуры воздуха и грунта на глубине 0,7 м на разных высотах над уровнем моря представлена на *рис. 16*. Температура грунта на глубине 0,7 м меняется от 7,4 °С на высоте 65 м над уровнем моря до 0 °С на высоте 380 м. Ход температуры грунта в основном повторяет ход температуры воздуха на этих высотах. Перепад температур на высотах 65 и 380 м составлял 6 °С, и на 100 м приходилось около 2 °С роста, что значительно больше обычно принимаемых 0,7 град на 100 м. Это обусловлено различием в скорости ветра и облачности в момент наблюдений.

Зная температурный градиент в грунте и скорость движения границы раздела талого и мерзлого грунта из условия Стефана, можно оценить температурный градиент в мерзлом грунте [Сосновский 2000].

$$\rho L w_1 \frac{d\xi}{d\tau} = \lambda_f \frac{\partial T_f}{\partial x}\bigg|_{x=\xi} - \lambda_{th} \frac{\partial T_{th}}{\partial x}\bigg|_{x=\xi}, \qquad (2)$$

где x – пространственная координата по глубине;
T – температура, °К;
τ – время;
λ – коэффициент теплопроводности;
ρ – плотность скелета грунта;
L – теплота плавления льда;
ξ – координата границы фазового перехода;
w_1 – удельное количество замерзающей влаги на границе раздела талого и мерзлого грунта и $w_1 = w_{th} - w_w$;
w_{th} – суммарная влажность талого грунта;
w_w – влажность мерзлого грунта на границе промерзания;
индексы *f* и *th* при параметрах относятся к мерзлой и талой зоне грунта.

Для расчета по этой формуле необходимо знание его теплофизических параметров грунта. С этой целью были специальные исследования по определению плотности, влажности и коэффициента теплопроводности грунта [Осокин и др. 2001].

Для измерения плотности грунта отбирались образцы в специальную, не разрушающий грунт форму объемом 100 см^3. После взвешиваний образцов и пересчета на объем 1 м^3 были получено среднее значения плотности 1450 кг/м^3.

Для измерения влажности был отобран ряд образцов весом до 150 г. При этом относительно крупные камни, с наибольшим размером более 0,5 см, из образцов грунта были удалены. Образцы грунта взвешивались, затем нагревались для уда-

Рис. 17. Ненарушенный теплоизолированный образец грунта

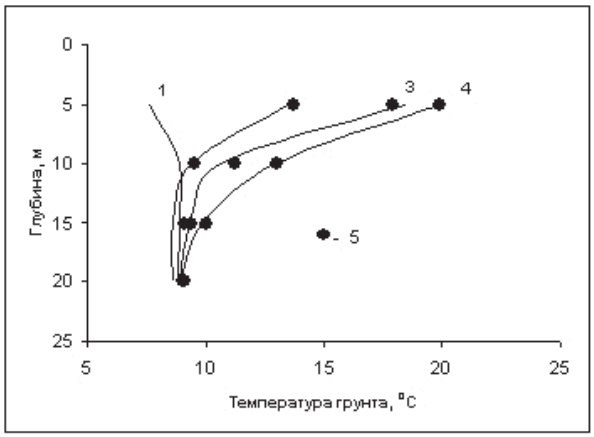


Рис. 18. Температура грунта при нагревании:
1 – начальное распределение температуры; 2 – через 0,5 часа; 3 – через 1 час; 4 – через 1,5 часа; кривые – экспериментальные значения; 5 – расчет

ления влаги и потом снова взвешивались. Весовая влажность грунта – F рассчитывалась по формуле

$$F = 100 \times (M_в - M_с) / M_с, (\%),$$

где $M_в$ – начальный вес влажного грунта;
$M_с$ – вес грунта после нагревания и удаления влаги – вес скелета грунта.

Результаты измерений и расчетов показали значения естественной влажности 17,4–18%. Отличия в значениях как плотности, так и влажности разных образцов грунта обусловлены разным количеством и крупностью камней в отобранных образцах.

Для измерения теплопроводности грунта проводились специальные измерения и расчеты. Для этого в месте предполагаемых исследований предварительно измерялся температурный профиль в грунте на участке без мохового покрова (*рис. 17*).

Начальное распределение температуры в грунте на глубине ниже 0,2 м хорошо описывается зависимостью вида

$$T_0 = -2{,}6x + 282{,}36; \text{ (в градусах } K, R = 0{,}99).$$

В грунт на глубины 5, 10, 15 и 20 см по кругу на расстоянии 4 см были установлены датчики температуры, сверху устанавливалась металлическая емкость диаметром 30 см с горячей водой (порядка 7,5 л) с начальной температурой 65°С, теплоизолированная сверху и по бокам от остывания. С ин-

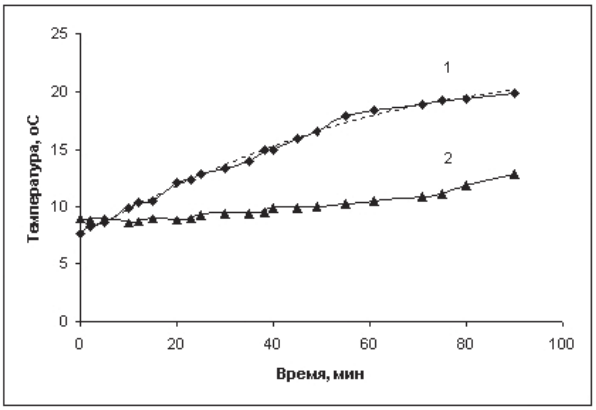


Рис. 19. Температура грунта при нагревании на глубине:
1 – 5 см; 2 – 10 см,
пунктир – аппроксимация формулой

тервалом в 5 мин снимались показания температуры на указанных глубинах. Результаты измерений представлены на *рис. 18*. На нем же приведены результаты расчетов с интервалом 0,5 часа.

Для проведения расчетов было проведено математическое моделирование процесса. При этом за граничное условие принималась динамика температуры, измеренная на глубине 5 см (*рис. 19*) и аппроксимируемая с высокой точностью с коэффициентом корреляции $R = 0{,}99$ следующей зависимостью

$$T_{гр} = -3{,}96\tau^2 + 14{,}18\tau + 280{,}56; (K).$$

Теплоемкость и коэффициент теплопроводности приняты согласно [СНиП 2.02.04-88 1997]. для супеси плотностью 1400 кг/м^3 и влажностью 20% равными 590 ккал/(м^3·град) и 1,15 ккал/(м·час·град), что приблизительно соответствует параметрам супеси плотностью 1450 кг/м^3 и влажностью 18% – 582 ккал/(м^3·град) и 1,14 ккал/(м·час·град).

На нижней границе области – на глубине 1 м теплопоток принят равным нулю. При этом учитывалось, что за время проведения измерений температурные изменения на глубине 1 м не могут повлиять на температурный режим в верхнем 20-сантиметром слое грунта.

При математическом моделировании деформация грунта и миграция влаги не учитывались. Влажность грунта принималась постоянной величиной.

Распределение температуры в талом грунте описывается уравнением теплопроводности [Osokin 2000]

$$c\rho \frac{\partial T_{th}}{d\tau} = \frac{\partial T_{th}}{\partial x}\left(\lambda_{th}\frac{\partial T_{th}}{\partial x}\right),$$

где c – теплоемкость грунта.

Начальное распределение температуры принималось с учетом зависимости в виде

$$T_{th}(x,0)\,| = T_0(x),$$

а условие на верхней границе при $x = 0$, с учетом формулы (4),

$$T_{th}(0,\tau)\,| = T_{zp}(\tau),$$

на нижней границе при $x = h$ в виде

$$\lambda_{th}\frac{\partial T_{th}}{\partial x}\,|_{x=h} = 0.$$

Результаты расчетов при принятых параметрах показали хорошее совпадение с экспериментальными измерениями (*рис. 20*).

Второй эксперимент был проведен с теплоизоляцией участка грунта диаметром 20 см с боков на глубину 15 см. Целью теплоизоляции являлось снижение теплообмена с окружающим грунтом

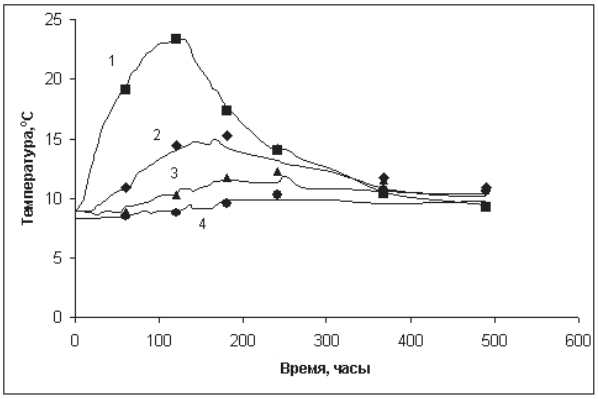


Рис. 20. Температура грунта при нагревании и остывании на глубине:
1 – 5 см; 2 – 10 см, 3 – 15 см, 4 – 20 см;
кривые – эксперимент; маркеры – расчетные значения

и рассеивание теплового потока. Результаты расчетов и экспериментальные значения приведены на *рис. 20*.

Кривая 1 послужила граничным условием, как на стадии нагревания грунта в течение 2 часов, так и на стадии охлаждения в течение следующих 6 часов. Анализ состава грунта в месте установки датчиков, проведенный после эксперимента, показал наличие большого количества крупных камней. Поэтому при расчетах плотность грунта была принята 1600 кг/м^3, а его влажность 5% и использовались соответствующие значения теплоемкости и коэффициента теплопроводности.

Оценим температурный градиент в мерзлой части грунта по формуле (2). На высоте 120 м над уровнем моря глубина протаивания грунта под моховым покровом толщиной 7 см составила на 6 августа 1,01 м. При этом на глубине 0,61 м температура грунта равнялась 2,1 °С. За 9 суток мерзлота продвинулась вглубь на 0,03 м. При этом температура грунта на глубине 0,60 м равнялась 2,1 °С. Температурный градиент в талой части грунта, равный вначале 5,25 град/м, практически не изменился и составил 5,53 град/м. Учитывая, что влажность мерзлой супеси на границе промерзания составляет 7%, для продвижения фронта таяния на границе должно таять 18 – 7 = 11% льда. При этих условиях градиент в мерзлой части грунта должен составлять 3,3 град/м, что в полтора раза ниже, чем в талой части грунта.

На высоте 310 м над уровнем океана мерзлый грунт протаял за 12 дней с 85 до 97 см. При этом температурный градиент в талой части грунта снизился с 15,3 до 6,4 град/м. Принимая средний градиент температуры в талой зоне за рассмотренный период равным 10,9 град/м, получим его среднее значение в мерзлой части грунта равным 5,5 град/м.

На высоте 380 м над уровнем океана мерзлый грунт за это же время опустился с 72 до 83 см. При этом градиент в талой части грунта снизился с 9,7 до 6,3 град/м. Принимая средний градиент температуры в талой зоне 8,0 град/м, получим его значение 3,3 град/м в мерзлой части грунта. Эти результаты показывают, что градиент температуры в талой зоне приблизительно в 1,5–2,5 раза больше, чем в мерзлой части.

Скорость таяния грунта в конце июля – начале августа при уровне мерзлоты на глубине 0,7–10 м составляет около 1 см в сутки. При моховом покрове толщиной 7–8 см эта скорость в 3 раза ниже. Это обусловлено более низким – в 1,6–2,1 раза – температурным градиентом в талой зоне грунта.

Результаты измерений показали, что под моховым покровом градиент температуры в талой и мерзлой зоне грунта вблизи фронта таяния меняется медленно. В отсутствии мохового покрова градиент в талой части грунта за 12 суток (с 25 июля по 6 августа) уменьшился в 1,5–2,5 раза. Это связано как с ростом толщины талой части грунта, так и со сменой ясной солнечной погоды на облачную.

Проведенные исследования показали влияние мохового покрова на термический режим грунта. Измерения, проведенные в августе, дали во мху толщиной 5–7 см температурный градиент 40–65 град/м, что на порядок выше, чем в грунте. Приблизительно в таком же отношении находятся и коэффициенты теплопроводности мха и грунта.

Снежный покров, благодаря своим теплоизолирующим свойствам, способен усилить или замедлить деградацию многолетней мерзлоты. Так, результаты ряда работ показывают, что повышение средней годовой температуры воздуха в ряде районов может сопровождаться понижением температуры грунтов. Это объясняется уменьшением максимальной толщины снежного покрова или его замедленным ростом в первую половину зимы [Павлов и др. 2002].

Численные эксперименты [Осокин и др. 2001] показали, что только за счет разницы в условиях начала и интенсивности снегонакопления расчетная глубина промерзания грунтов может отличаться в 2–3 раза, а при вариации вероятных значений его плотности (ρ_s) и коэффициента теплопроводности (λ_s) – в 4–5 раз.

Одной из величин, характеризующих теплозащитные свойства снежного покрова, является его термическое сопротивление – R_s (отношение толщины снежного покрова – h_s к коэффициенту теплопроводности снега – λ_s), которое рассчитывается по формуле $R_s = h_s / \lambda_s$. При известном количестве твердых осадков h_w из равенства $\rho_s h_s = \rho_w h_w$ (где ρ_w – плотность воды) и зависимости ρ_s (h_s) можно рассчитать динамику толщины снежного покрова – h_s, его плотность, коэффициент теплопроводности и термическое сопротивление.

Так, рост плотности снега с 200 до 300 кг/м^3 приводит как к уменьшению толщины снежного покрова в 1,5 раза, так и к увеличению коэффициента теплопроводности в 1,85 раза. В итоге термическое сопротивление снижается в 2,8 раза.

Для оценки влияния снежного покрова на промерзание грунта с учетом реальной динамики снегонакопления и изменчивости метеорологических параметров и теплофизических характеристик снега (плотности и коэффициента теплопроводности) с ростом толщины снежного покрова в работах [Осокин и др. 1999; Сосновский 2000] была разработана математическая модель. В дальнейшем математическая модель была доработана для условий сезонного протаивания мерзлого грунта и апробирована на экспериментальном материале А.В. Павлова [Осокин и др. 2001].

При промерзании талого грунта рассчитывалось движение одной границы раздела фаз, а при таянии решалась двухфронтовая задача – протаивание верхней части и изменение положения нижней границы мерзлого грунта. В основе численной реализации математической модели применялся метод ловли фронта движения фазовой границы в узел пространственной сетки в сочетании с методом дробных шагов.

При потеплении климата сохраняется цикличность атмосферных процессов. На общем фоне потепления климата возможны периоды похолодания, что может приводить к росту числа фазовых границ. При наличии большего количества фазовых границ, прогнозирование числа которых заранее затруднено, что обусловлено реальной изменчивостью метеорологических параметров, целесообразно применять метод «выпрямления фронта». Этот метод позволяет в автоматическом режиме отслеживать возникновение–вырождение фазовых слоев грунта и динамику их границ. Поэтому математическая модель была доработана для решения многофронтовой задачи промерзания–протаивания грунта на большой период времени и с произвольным числом фазовых границ [Сосновский 2000].

При математическом моделировании деформация грунта и миграция влаги не учитывались. Влажность грунта принималась постоянной. Распределение температуры в мерзлом слое горной породы рассчитывалась с учетом зависимости ее теплоемкости и теплопроводности от температуры и фазового состава (влажность/льдистость). Движение границ мерзлого и талого грунта определялось из условия Стефана.

На верхней границе грунта (снежного покрова) задавалось условие теплообмена с атмосферой, а на нижней вводился геотермический поток тепла.

Распределение температуры описывается уравнением теплопроводности в снежном покрове толщиной $h_s(\tau)$, при $0 < z < h_s$:

$$c_s \rho_s \frac{\partial T_s}{\partial \tau} = \frac{\partial T_s}{\partial z}\left(\lambda_s \frac{\partial T_s}{\partial z}\right),$$

в мерзлой и талой зонах

$$c_{ef} \rho_f \frac{\partial T_f}{\partial \tau} = \frac{\partial T_f}{\partial x}\left(\lambda_f \frac{\partial T_f}{\partial x}\right), \qquad (4)$$

$$c_{th} \rho_{th} \frac{\partial T_{th}}{\partial \tau} = \frac{\partial T_{th}}{\partial x}\left(\lambda_{th} \frac{\partial T_{th}}{\partial x}\right),$$

где z и x – пространственные координаты по глубине снежного покрова и мерзлой породы соответственно;
T – температура, (°K);
τ – время;
λ – коэффициент теплопроводности;
ρ – плотность;
c – удельная теплоемкость;
индексы *s, f* и *th* при параметрах относятся к снежному покрову, мерзлой и талой зоне грунта;
c_{ef} – эффективная удельная теплоемкость мерзлого грунта с учетом фазовых переходов незамерзшей воды.

На границе контакта снег–грунт принимается граничное условие, задающее равенство температур и потоков тепла

$$T_s\big|_{z=0} = T_f\big|_{x=0}$$
$$\lambda_s \frac{\partial T_s}{\partial z}\Big|_{z=0} = \lambda_f \frac{\partial T_f}{\partial x}\Big|_{x=0}. \qquad (5)$$

На границе мерзлого и талого грунта – границе промерзания принимается температура начала замерзания грунта $T_{f0} = 272{,}5\,^{\circ}\mathrm{C}$ и условие Стефана

$$\rho_w L w_1 \frac{d\xi}{d\tau} = \lambda_f \frac{\partial T_f}{\partial x}\Big|_{x=\xi} - \lambda_{th} \frac{\partial T_{th}}{\partial x}\Big|_{x=\xi}, \qquad (6)$$

где удельное количество замерзающей влаги $w_1 = w_{th} - w_w$;
w_{th} – суммарная влажность талого грунта;
w_w – влажность мерзлого грунта на границе промерзания;
L – теплота плавления льда;
ξ – координата границы фазового перехода.

Эффективная удельная теплоемкость мерзлого грунта с учетом фазовых переходов незамерзшей воды задается в зависимости от суммарной влажности/льдистости (w) следующей формулой

$$c_{ef}(T, w) = c_f(w) + L \frac{\partial w_f(T)}{\partial T},$$

где зависимость доли незамерзшей воды в грунте – w_f, аппроксимируемых для суглинка экспоненциальной зависимостью вида $w_f = 0{,}01A \cdot \exp(B(T-273))$ при значениях коэффициентов A=8,3367 и B=0,0476.

На поверхности грунта (снежного покрова) задается условие теплообмена с атмосферой

$$\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial x} = Q_\Sigma, \qquad (7)$$

где суммарный тепловой поток $Q_\Sigma = Q_{th} + Q_e + Q_r - Q_{sn}$ рассчитывается по формуле $Q_\Sigma = \alpha_e(T_0 - T_e)$;
Q_{th}, Q_e, Q_r, Q_{sn} – потоки тепла соответственно за счет конвективного теплообмена, испарения, эффективного длинноволнового излучения и солнечной радиации;
T_0 – температура поверхности грунта (снежного покрова);
индекс «i» принимает обозначения th, f или s, в зависимости от времени года и наличия снежного покрова на поверхности грунта.

Значения эффективного коэффициента теплообмена α_e и эффективной температуры воздуха T_e рассчитываются по формулам:

$$\alpha_e = \alpha(1 + 1{,}95\times10^{-2}a_1) + 0{,}205\,(T_a/100)^3,$$
$$T_e = [\alpha(T_a - 1{,}95\times10^{-2}(b_1 - e_f f)) + 19{,}9\,(T_a/100)^4 + Q_{sn}]/\alpha_e,$$

где a_1 и b_1 – коэффициенты, зависящие от упругости водяного пара над поверхностью;
e_a – упругость водяного пара в воздухе;
f – влажность воздуха;
T_a – температура воздуха.

Коэффициент теплообмена для грунта принимается по формуле $\alpha = v^{0,5}(7 + 7{,}2\,v^{-2})$, а для снега – по формуле $\alpha = 3{,}4 + 2{,}2v$, где v – скорость ветра.

На нижней границе мерзлой породы задается тепловой поток, равный величине геотермического потока Q_g.

$$\lambda_f \frac{\partial T_f}{\partial x} = Q_g, \qquad (8)$$

где $Q_g = \lambda_f \Delta T_g$;
ΔT_g – геотермический градиент.

Система уравнений (4)–(8) замыкается начальным распределением температуры в грунте, динамикой снегонакопления, заданием изменчивости теплофизических параметров снега.

Время таяния снежного покрова определялось на основании теплобалансового соотношения из условия равенства количества поглощенного снежным покровом тепла и теплоты, необходимой для плавления снежной толщи с учетом запаса холода в снежном покрове.

Для решения многофронтовой задачи вводится безразмерная пространственная координата η, значение которой изменяется от 0 до 1,

$$\eta = \frac{x - \xi_n}{\gamma_n},$$

где ξ_n – координата n-й границы раздела фаз;
$\gamma_n = \xi_{n+1} - \xi_n$ – переменная длина n-го слоя;
Отсчет фазовых границ грунта осуществляется от дневной поверхности.

В этих координатах в каждый момент времени переменная область решения для каждого фазового слоя приводится к постоянной величине и уравнения (4)–(8) принимают следующий вид:

$$\frac{\partial T_n}{\partial \tau} = f_n(\eta)\frac{\partial T_n}{\partial \eta} + \frac{1}{c_n \rho_n \gamma_n^2}\frac{\partial T_n}{\partial \eta}\left(\lambda_n \frac{\partial T_n}{\partial \eta}\right), \qquad (9)$$

где

$$f_n(\eta) = \frac{1}{\gamma_n}\left[(1 - \eta)\frac{d\xi_n}{d\tau} + \eta\frac{d\xi_{n+1}}{d\tau}\right].$$

Условие на границе снег – грунт

$$T_s\big|_{z=0} = T_0\big|_{\eta=0}$$
$$\lambda_s \frac{\partial T_s}{\partial z}\Big|_{z=0} = \lambda_0 \frac{\partial T_0}{\partial \eta}\frac{1}{\gamma_0}\Big|_{\eta=0}. \qquad (10)$$

Скорость перемещения межфазовых границ определяется из уравнения Стефана и в новых координатах принимает следующий вид:

$$\rho L w_1 \frac{d\xi_n}{d\tau} = \frac{\lambda_{n-1}}{\gamma_{n-1}}\frac{\partial T_{n-1}}{\partial \eta}\Big|_{\eta=1} - \frac{\lambda_n}{\gamma_n}\frac{\partial T_n}{\partial \eta}\Big|_{\eta=0}. \qquad (11)$$

Условие на поверхности грунта

$$\lambda_0 \frac{\partial T_0}{\partial \eta}\frac{1}{\gamma_0} = Q_\Sigma \qquad (12)$$

и на нижней nl-й границе

$$\lambda_{nl}\frac{\partial T_{nl}}{\partial \eta}\frac{1}{\gamma_{nl}} = Q_g. \qquad (13)$$

Значения теплоемкости и коэффициента теплопроводности талого и мерзлого грунта от влажности вычислялись по зависимостям, полученным аппроксимацией данных, приведенных в [СНиП 2.02.04-88 1997]. Коэффициент теплопроводности мерзлого – λ_f и талого – λ_{th} суглинка плотностью 1600 кг/м^3 в зависимости от влажности

$$\lambda_f = 0{,}239 + 8{,}154w - 9{,}583w^2$$

и $\lambda_{th} = 0{,}28 + 6{,}083w - 5{,}833w^2$, Вт/(м · град);

удельная теплоемкость мерзлого – c_f и талого – c_{th} суглинка

$$c_f(w) = 940 + 2060\ w$$

и $c_{th}(w) = 929 + 4180\ w$, Дж/(кг · град).

Коэффициент корреляции (R) вышеприведенных зависимостей не ниже 0,997.

Для расчетов кривые аппроксимировались на отдельных участках аналитическими зависимостями с высокой степенью точности $R > 0{,}98$. Значение альбедо снежного покрова принималось равным 0,8, в период таяния – 0,5 и 0,2 в отсутствие снега.

Коэффициент эффективной теплопроводности снега λ_s рассчитывается в зависимости от его плотности ρ_s по формуле [Осокин и др. 2001]

$$\lambda_s = 9{,}165\times10^{-2} - 3{,}814\cdot10^{-4}\rho_s + 2{,}905\times10^{-6}\rho_s^{\ 2},\ \text{Вт/(м·К)},$$

полученной путем обработки более 20 известных из литературы эмпирических зависимостей.

При расчетах шаг по времени варьировался от одного часа (на момент образования нового фазового слоя) до 1 суток (при толщине вновь образованного слоя более 2 см). Каждый фазовый слой грунта разбивался на 20 промежутков. Численное решение приведенной выше системы уравнений, описывающей теплообмен в системе атмосфера – снежный покров – мерзлая порода, осуществлялось методом конечных разностей с применением неявной разностной схемы для нелинейных задач теплопроводности с переменными коэффициентами.

На каждом временном шаге рассчитывался рост толщины снежного покрова, плотность и теплопроводность снега, теплофизические параметры мерзлого и талого грунта и составляющие внешнего тепло- и массообмена. При переходе температуры поверхности грунта через значение T_{f0} происходит формирование нового фазового слоя.

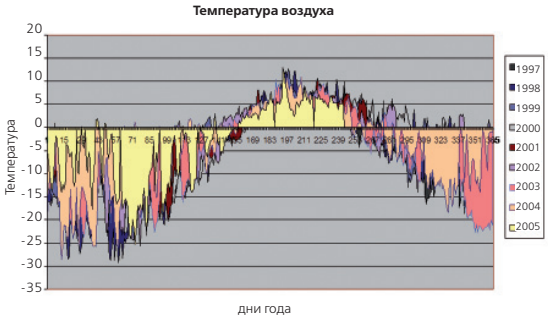


Рис. 21. Среднесуточная температура воздуха на метеостанции Баренцбург за 1997–2005 гг.

Температуру воздуха за периоды с положительной и отрицательной температурой воздуха можно аппроксимировать синусоидальной зависимостью вида $T_a = T_1 \sin(\pi\tau / \tau_{max}) + 273$ с нулевой температурой на момент начала промерзания и на конец холодного периода, где T_1 – наибольшая или наименьшая температура воздуха в соответствующий период продолжительностью τ_{max}.

Значения T_1 рассчитывались по формулам

$$T_1 = \pi T_{th}/2 \text{ или } T_1 = \pi T_f/2,$$

где T_{th} и T_f – средние значения температуры воздуха за периоды с положительной и отрицательной температурами воздуха.

При расчетах задержка времени начала снегонакопления по отношению к моменту установления отрицательных среднесуточных температур воздуха принималась от 8 до 16 суток. Температура выпадающего снега полагается равной температуре воздуха.

Среднесуточная температура воздуха за последние годы имеет большую межгодовую изменчивость, причем изменчивость в холодный период значительно выше (*рис. 21*).

Из графика видно, что практически ежегодно в январе-феврале отмечаются оттепели, что ведет к образованию ледяных прослоек в снеге, уменьшению его толщины и увеличению теплопроводности. Это способствует ускорению промерзания грунта в позднезимние месяцы.

В целом необходимо отметить, что за последние 10 лет наблюдений отмечены межгодовые колебания толщины сезонно-талого слоя многолетней мерзлоты, что объясняется межгодовыми

изменениями температуры воздуха и снежного покрова. Однако заметного тренда этих изменений пока не выявлено.

В рамках проектов Международного полярного года будет продолжено изучение пространственно-временной изменчивости многолетней мерзлоты на архипелаге Шпицберген.

Радиолокационные исследования ледников Шпицбергена

В период с 1974 по 1988 год аэрорадиолокационные исследования были проведены на большей части оледенения архипелага, включая районы горного, горно-покровного и покровного оледенения (*рис. 22*). Основной объем исследований был выполнен с вертолета Ми-8 с применением специально разработанной аппаратуры – 620 МГц локатора РЛС-620. На 8 из 136 исследованных ледников были выполнены также более детальные наземные исследования, в том числе с применением цифрового моноимпульсного локатора ВИРЛ с центральной частотой 20 МГц [Василенко и др. 2001].

В результате этих работ были получены представления о толщине, подледном рельефе и внутреннем строении ледников (*рис. 23*), а также с использованием корреляционных связей между площадью и вычисленным объемом ледников оценены запасы льда на всем архипелаге Шпицберген (*табл. 5*).

На острове Западный Шпицберген наибольшая толщина льда (около 700 м) была измерена на ледниковом плато Амундсена; на ледниковых куполах Северо-Восточной Земли она составила 560 м.

На 62% исследованных ледников были зарегистрированы внутренние радиолокационные отражения, прослеживающие на значительном их протяжении с глубин от 60–80 до 300 м (*рис. 23*). Впервые такие отражения были обнаружены в 1974 году на леднике Фритьоф [Оледенение Шпицбергена 1975, Мачерет и др. 1980]. На этом же леднике в 1975–1979 годы были выполнены исследования природы этих отражений. Сравнение с данными измерений температуры льда в двух

Рис. 22. Аэрорадиозондирование ледников Шпицбергена в 1974–1988 гг.

Пунктиром показаны маршруты полетов, цифрами обозначены исследованные ледники

Таблица 5

Запасы льда на архипелаге Шпицберген

Район	Объем льда, км³
Остров Западный Шпицберген	3724
Северо-западный район	*1015*
Северо-восточный район	*1844*
Южный район	*722*
Центральный район	*143*
Северо-Восточная Земля	3333
Остров Эдж	374
Остров Баренца	98
Остров Белый	22
Земля Принца-Карла	11
Остальные острова	5
Всего	7567

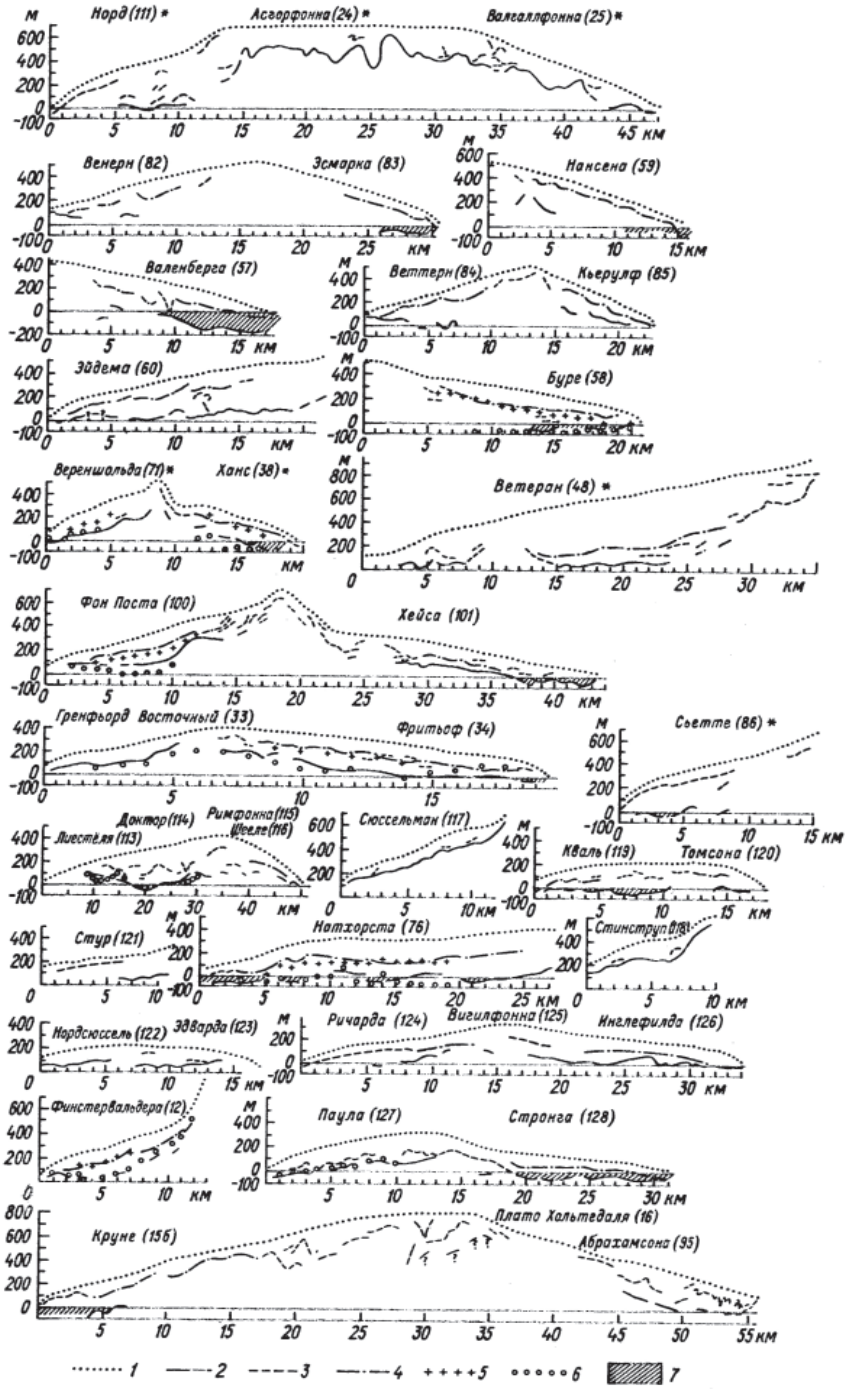


Рис. 23. Внутреннее строение ледников Западного Шпицбергена по данным аэрорадиозондирования на частоте 620 МГц:

1 — поверхность ледника, 2 — ложе, 3 — приповерхностные и внутренние неоднородности, 4 — внутренние горизонты; данные (на частоте 60 МГц): 5 — внутренние отражающие горизонты, 6 — ложе, 7 — участки ледников ниже уровня моря

специально пробуренных глубоких скважинах и радиолокационного каротажа одной из этих скважин показало, что эти отражения связаны с внутриледниковой диэлектрически контрастной границей раздела и являются индикатором особого класса двухслойных ледников, верхний и нижний слой которых состоит соответственно из холодного (с отрицательными температурами) и теплого (при температуре плавления) водосодержащего льда [Kotlyakov, Macheret 1987]. Анализ показал [Глазовский и др. 1998], что значительная часть таких ледников в прошлом испытывала резкие подвижки-серджи и в настоящее время имеет зимний внутриледниковый сток и приледниковые наледи: их доля составляет соответственно 45,1 и 31,4% (*рис. 24*).

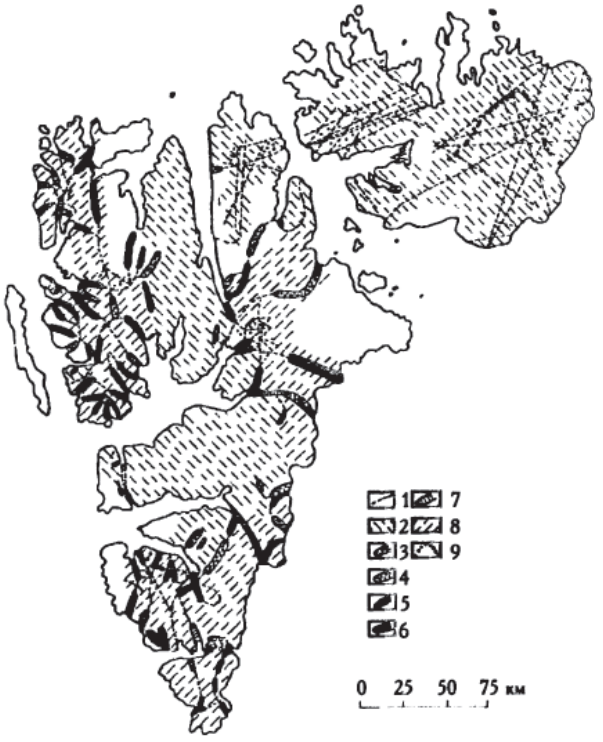


Рис. 24. Распределение ледников с разным температурным режимом на Шпицбергене:
1 – маршруты полетов, 2 – области с преимущественным распространением холодных ледников, 3, 4 – ледники с тонким и толстым придонным теплым слоем, соответственно, 5, 6 – двухслойные ледники с холодным слоем ~ 100 м и < 100 м, соответственно, 7 – ледники с сезонными включениями воды, 8 – области с преимущественным распространением теплых ледников, 9 – южная граница распространения ледников с придонным отражающим горизонтом на Северо-Восточной Земле

Для оценки содержания воды в теплом льду двухслойных ледников были выполнены измерения скорости распространения радиоволн методом наклонного радиозондирования [Macheret et al. 1993; Macheret, Glazovsky 2000], которые показали, что содержание воды в таких ледниках изменяется как по их глубине, так и во времени: в верхней части слоя теплого льда оно может достигать 5% и в 5–10 раз превышать содержание воды в нижней его части, а в период летнего таяния может возрастать на 2,1% по сравнению с холодным периодом.

Для оценки пространственных изменений среднего содержания воды в верхней части слоя теплого льда были использованы также данные измерений коэффициента отражения радиоволн от границы раздела холодного и теплого льда, полученные до начала таяния на ледниках на частоте 60 МГц [Bamber 1987; Bamber 1989]. Анализ этих данных показал [Macheret, Glazovsky 2000], что существует достаточно тесная связь этого показателя с величиной таяния на высоте границе питания ледников в северной части острова Шпицберген.

Численное моделирование показало [Глазовский и др. 2000]: если в результате поверхностного таяния талая вода проникает в толщу ледника до границы раздела холодного и теплого льда, то пористость и, следовательно, содержание воды в верхней части слоя теплого льда может сравнительно быстро (в течение нескольких сезонов абляции) возрастать на несколько процентов и приводить к существенным изменениям прочностных свойств льда. Эти изменения, в свою очередь, могут приводить к увеличению скорости деформации и движения льда в верхней части слоя теплого льда и быть причиной локальной или общей механической неустойчивости двухслойных ледников.

Исследование скважин и ледникового керна

Одно из основных направлений гляциологических исследований ИГРАН на Шпицбергене – глубокое бурение ледников, как правило – с отбором и последующим изучением керна (*табл. 6, рис. 25*). За 1975–1987 годы ИГРАН пробурено

Таблица 6

Основные точки бурения на ледниках Шпицбергена

Ледник	Проект и год	Северная широта, град.	Восточная долгота, град.	Высота над уровнем моря, м	Мак. глубина, м	
					Ice Core Sampling	Bore Hole
Amundsenisen	AM'80	77,75	15,70	700	368	586*
	AM'84			700	25	25
Austfonna	AF'85	79,83	24,00	750	204	204
	AF'87	79,85	24,14	750	567	567*
Bertilbreen	BR'80	78,68	16,27	480	7	108*
Bogerbreen	BG'80	78,02	15,63	600	–	8
Grønfjordbreane-Fridtjovbreen**	GF'75	77,90	14,35	450	201	211*
Fridtjovbreen	FR'79	77,85	14,40	380	119	240
Lomonosovfonna	LM'76	78,81	17,60	1000	201	201
	LM'82	78,73	17,57	1040	135	135*
Vestfonna	VF'81	79,93	19,52	580	208	208*
	VF'95	79,97	21,05	500	211	210
Vøringbreen	VR'75	78,05	16,97		–	40

* Скважины, достигшие ложа ледника;
** На ледоразделе двух ледников

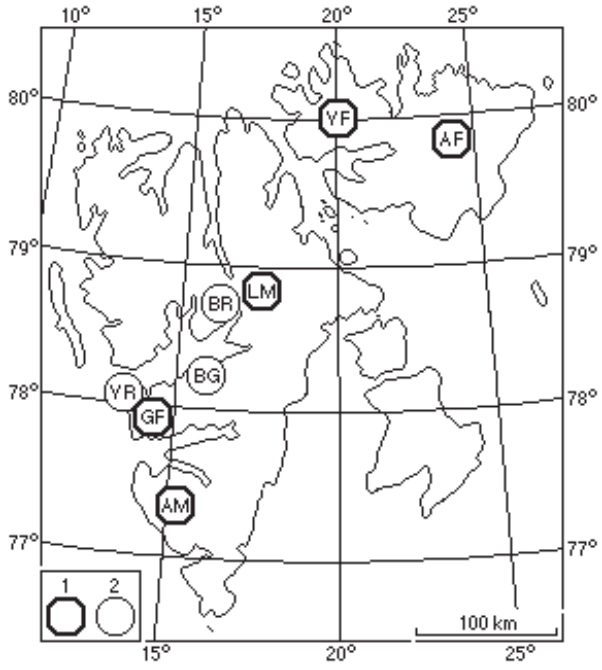


Рис. 25. Основные точки бурения на ледниках Шпицбергена:

1, 2 – скважины, соответственно, глубиной более и менее 100 м

9 скважин глубиной более 100 м (проект Vestfonna'95 – совместно с Национальным институтом полярных исследований, Япония), получено и обработано около 2 км фирново-ледяного керна. Комплексный многопараметрический анализ структурно-стратиграфических и изотопно-геохимических параметров керна, а также температуры и гидрологического режима ледниковых толщ позволили получить огромный массив самых разнообразных данных как о самих ледниках, так и об истории климата и состоянии природной среды Шпицбергена и Евразийской Арктики в целом за последние 2–4 тыс. лет и более [Режим и эволюция 1992].

Для примера на *рис. 2* представлены профили основных параметров глубинного разреза Восточного ледяного поля (Austfonna).

Геохимические особенности ледников зависят как от интенсивности переноса аэрозольных частиц в атмосфере, так и от режима ее очищения в данном районе, включая возможные сезонные особенности выпадения атмосферных осадков и процессов сухого осаждения аэрозольного мате-

риала. Интерпретация химического состава ледников осложняется из-за их контакта с моренным материалом и местными горными породами. Собственно гляциологические факторы могут привести к значительному изменению первоначального химического состава твердых осадков. Например, талые ледниковые воды, процессы испарения и конденсации на поверхности ледников, повторное замерзание воды в фирновой толще приводят к перераспределению химических элементов и веществ и изменению их концентрации.

При геохимическом изучении ледниковых кернов важны не только общие гидрохимические показатели и уровень концентрации ряда тяжелых металлов, но и их распределение в разновозрастных слоях ледника, которое позволяет проследить эволюцию изменения минерализации и накопления металлов в разные временные периоды, установить естественный геохимический фон ледника. Химический состав разновозрастного льда может свидетельствовать о климатических изменениях, а также об антропогенном воздействии.

Изменение строения и гидротермической структуры политермического ледника Фритьоф на Шпицбергене за период до и после его подвижки в начале 1990-х годов

Широкое распространение двухслойных (политермических) ледников на Шпицбергене выявлено по данным аэрорадиозондирования, полученным на частотах 440, 620 и 60 МГц в 1974–1984 годах экспедициями Института географии АН СССР, Великобритании и Норвегии [Котляков и др. 1980; Bamber 1987; Bamber 1989; Режим и эволюция 1992]. Эти ледники состоят из верхнего слоя холодного льда и нижнего слоя теплого водосодержащего льда. Индикатором таких ледников служат внутренние радиолокационные отражения от границы раздела слоев, прослеживающиеся на радарных записях на значительном протяжении. Было также установлено, что большинство из них в прошлом испытывали резкие подвижки – серджи [Режим и эволюция 1992] и в настоящее время имеют зимний внутриледниковый сток [Гляциология Шпицбергена 1985].

Впервые внутренние радиолокационные отражения были обнаружены и идентифицированы в 1974–1975 годах на леднике Фритьоф, расположенном в 20 км от поселка Баренцбург [Мачерет, Журавлев 1980]. Этот ледник оказался одним из двух на Шпицбергене, где дважды за последние два столетия наблюдались резкие подвижки. На леднике Фритьоф они произошли в 1860-х годах и в начале 1990-х годов. После подвижки, завершившейся в 1997 году, фронт ледника продвинулся на 2,5 км и его общая длина ледника достигла 13 км.

Перед началом второй подвижки и после нее на леднике Фритьоф был проведен комплекс радиолокационных, радиофизических и геодезических измерений (*рис. 26*) позволивший определить его геометрию (высоту поверхности и толщину льда), скорость движения льда и гидротермическую структуру, включая содержание воды в слое теплого льда.

В частности, в 1977 и 1988 годах были выполнены наземные измерения толщины льда [Macheret et al. 1993], а в 1988 и 1997 годах – измерения высоты поверхности ледника геодезическим методом [Режим и эволюция 1992; Зингер и др. 1997, Осокин и др. 2002] и в 1996–2002 годах – путем лидарных измерений с самолета. Кроме того, в 1977, 1979 и 1988 годах была измерена скорость распространения радиоволн в районе ледораздела ледника (точка 1а) и в 2 км от него (точка 2а) [Режим и эволюция 1992] и по радиоинтерференционным спутниковым изображениям определена скорость движения ледника в период между 1991 и 1997 годами. Сравнение данных геодезических измерений 1988 года с топографической картой, полученной по данным аэрофотосъемки 1936 года, позволило определить изменение высоты поверхности ледника Фритьоф за период с 1936 по 1988 год и выявить области ее наибольших изменений. Положение профилей и точек радиолокационных измерений 1977, 1978 и 1979 годов показано на *рис. 26*.

Новые данные о геометрии, гидротермической структуре и динамике ледника Фритьоф были получены в августе 2005 года в результате наземных радиолокационных, геодезических и GPS измерений на поперечных профилях А1–А2 и В1–В2 в районе ледораздела и в 2 км от фронта ледника и на его продольном профиле Б1–Б2 длиной 12 км, а также измерений скорости распространения ра-

Рис. 26. Радиолокационные и радиофизические исследования на субполярном леднике Фритьоф (Шпицберген) до и после его резкой подвижки в начале 1990-х годов

диоволн в точках 1б и 2б и скорости движения льда на нижнем поперечном профиле В1–В2 (*рис. 26*).

На основе указанных данных получены сведения, характеризующие изменения геометрии и гидротермической структуры ледника Фритьоф за период до его подвижки и после и связь этих изменений с динамикой ледника за эти периоды. Мы полагаем, что проведенные исследования могут дать ключ к пониманию механизма резких подвижек политермических ледников на архипелаге Шпицберген и в других районах современного оледенения.

Аппаратура и методика измерений

С 4 по 14 августа 2005 года с помощью моноимпульсного цифрового локатора ВИРЛ-6 с центральной частотой 20 МГц были выполнены наземные радиолокационные измерения на продольном профиле Б1–Б2 длиной около 8 км от ледораздела до зоны трещин в 2 км от фронта ледника, на поперечном профиле А1–А2 длиной около 1,2 км на ледоразделе и на поперечном профиле В1–В2 длиной около 1 км в 4 км от фронта ледника, а также измерения скорости распространения радиоволн методом наклонного радиозондирования с общей глубинной точкой в 4 км от ледораздела (точка 1б) и на ледоразделе (точка 2б). Кроме того, для определения расхода льда из ледника в море на поперечном профиле В1–В2, выше зоны сильной трещиноватости, с 4 по 18 августа геодезическим методом (нивелирование) была измерена скорость движения ледника по смещению 17 реек.

Для радиолокационных измерений применялся моноимпульсный локатор ВИРЛ-6 с центральной частотой 20 МГц, снабженный системой цифровой регистрации радарных и навигационных данных и системой синхронизации по оптоволоконному кабелю. Локатор состоит из передающего, приемного и регистрирующего устройств. Их основные параметры приведены в *табл. 7*.

Для привязки радарных снимков применялся одометр и GPS-приемник Garmin GPS II Plus. Локатор был смонтирован на двух пластиковых санях, которые транспортировались с помощью снегохода. Расстояние между передающей и приемной антеннами составляло 18 м. Регистрация радарных и навигационных данных производилась в двух режимах: автоматическом, с интервалом 1 с или после каждого оборота колеса одометра периметром 1,75 м. Питание аппаратуры осуществлялось от двух 12-вольтовых аккумуляторов.

Передающий и приемо-регистрирующий блоки локатора ВИРЛ-6 были смонтированы на двух пластиковых санях. Для питания аппаратуры использовались два 12-вольтовых аккумулятора, а для их подзарядки использовались две солнечные батареи. Транспортировка саней по леднику осуществлялась вручную.

Скорость распространения радиоволн измерена методом наклонного радиозондирования с общей глубинной точкой (ОГТ) в двух точках, положение которых выбрано с учетом данных из-

Таблица 7

Основные характеристики локатора ВИРЛ–6

Характеристики	Значение
Передатчик	
длительность импульса по половинному уровню мощности	25 нс
центральная частота	20 МГц
амплитуда импульса на выходе генератора (на симметричной нагрузке 600 Ом)	2400 В
выходная мощность	9,6 кВт
частота повторения импульсов	20 кГц
потребляемая мощность от сети 12 В постоянного тока	20 Вт
масса	1 кг
Приемник (усилитель логарифмический)	
полоса пропускания	100 МГц
динамический диапазон по входу	80 дБ
динамический диапазон по выходу	30 дБ
напряжение ограничения по выходу	±0,6 В
потребляемая мощность от сети 12 В постоянного тока	5 Вт
масса	1кг
Передающая и приемная антенны	
резистивно-нагруженный диполь с входным сопротивлением	600 Ом
коэффициент усиления	~–10 дБ
длина	5,6 м
масса	0,2 кг
Передатчик радиоканала синхронизации	
длительность импульса на 100-омной несимметричной нагрузке	0,5 нс
амплитуда импульса	300 В
частота повторения импульсов	20 кГц
потребляемая мощность	0,25 Вт
тип антенны – симметричный широкополосный вибратор	
Приемник радиоканала синхронизации	
время нарастания сигнала на выходе коэффициент усиления усилителя	0,2 нс
потребляемая мощность	40 дБ
тип антенны – симметричный широкополосный вибратор	0,5 Вт
Передатчик оптического канала синхронизации	
рабочая длина волны	1,55 мкм
предельная частота модуляции и полоса пропускания	2 ГГц
длительность оптического импульса	0,2 нс
мощность излучения в импульсе	2 мВт
динамический диапазон	40 дБ
потребляемая мощность	0,10 Вт
тип передающего оптического модуля	ДМПО-155-14
масса модуля и оптического кабеля	0,1 кг
длина оптического кабеля при профильных измерениях	18 м
длина оптического кабеля при ОГТ-измерениях	500 м
Приемник оптического канала синхронизации	
время нарастания сигнала на выходе усилителя	0,2 нс
коэффициент усиления	40 дБ
потребляемая мощность	0,5 Вт
тип фотоприемного модуля	ДФД-70-ПД

Таблица 8

Изменение гидротермической структуры ледника Фритьоф на ледоразделе (точки 1а и 1б) и в 3 км от ледораздела (точки 2а и 2б) до и после подвижки в начале 1990-х годов по данным радиозондирования в вблизи скважины в точке 1а, радиолокационного каротажа скважины в точке 2а и наклонного радиозондирования в точке 2а и точке 2б

Параметр	Точка1а Июль1977	Точка 1б Август 2005	Точка 2а Июль 1979	Точка 2а Апрель 1988	Точка 2б Август 2005
H, м	213,0	158,6	220 ± 10	242,4 ± 0,3	136,6
h_d, м	72,5 ± 5		120 ± 10	125 ± 10	
h_s, м	141,0		~100,0	122,4	
h_{s1}, м			28,0		
V, м/мкс	161,4	165,0	–	169,6 ± 2,1	173,8
V_s, м/мкс	156,4 ± 0,5		–	167,3 ± 4,3	
V_{s1}, м/мкс			147,7		
W, %		0,8			0
W_s, %	2,4		–	$0{,}17 + \frac{0{,}88}{-0{,}17}$	
W_{s1}, %			4,5		

H – общая толщина ледника; h_d – толщина верхнего слоя холодного льда; h_s – общая толщина нижнего слоя теплого льда; h_{s1} – толщина верхней части слоя теплого льда; V – средняя скорость распространения радиоволн во всей толще ледника; V_s – средняя скорость распространения радиоволн во всем слое теплого льда; V_{s1} – средняя скорость распространения радиоволн в верхней части слоя теплого льда; W – среднее содержание воды во всей толще ледника; W_s – среднее содержание воды во всем слое теплого льда; W_{s1} – среднее содержание воды в верхней части слоя теплого льда

мерений по коротким (длиной 500 м) профилям в районе измерений скорости радиоволн в 1977, 1978 и 1979 годах (*рис. 26*). Расстояние между приемной и передающей антеннами изменялось с шагом 2,5 м и при максимальном разносе приемника и передатчика равнялось 480 м, то есть всей длине оптоволоконного синхронизирующего кабеля. Измерения сопровождались нивелирной съемкой относительных высот поверхности ледника на профилях с шагом 25 м.

Кроме того, с помощью локатора ВИРЛ-6 были получены радиолокационные разрезы строения и толщины ледника. Эти измерения выполнены с интервалом 2 с одновременной регистрацией высоты и координат точек зондирования с помощью GPS-приемника Garmin GPS II Plus. Для синхронизации передающего и приемо-регистрирующего устройств использовали оптоволоконный кабель длиной 12 м. Общая длина профилей зондирования составила 15,3 км.

Работы на леднике выполнялись с базированием в лагере, расположенном на правой боковой морене ледника в 6 км от ледораздела с ледником Восточный Грёнфиорд. Подготовка к полевым работам и предварительная обработка полученных данных выполнялась на базе экспедиции в поселке Баренцбург с 26 июля по 26 августа 2005 года.

Результаты исследований

Примеры радарных записей, полученных на поперечном профиле А1–А2 и на продольном профиле Б1–Б2, приведены на *рис. 27 и 28*. На них отчетливо видны отражения от ложа (В) и приповерхностных трещин и водотоков (С).

Изменения толщины ледника Фритьоф в районе ледораздела и по продольному профилю в пе-

риод с 1977 по 2005 год установлены по данным наземного радиозондирования 1977 года локатором РЛС-620, 1988 года локаторами МПИ-8 и РЛС-620 [Режим и эволюция 1992] и 2005 года – локатором ВИРЛ-6. Сравнение данных повторных радиолокационных измерений показывает, что с 1977–1978 годов по 2005 год заметные изменения толщины льда произошли на всей площади ледника. Наиболее значительно (до 200 м) толщина уменьшилась в верхней части ледника, до расстояния примерно 8 км от его ледораздела; в нижней части толщина ледника, наоборот, увеличилась, но всего примерно на 50 м.

Изменение гидротермической структуры ледника Фритьоф с 1977 по 2005 год характеризуют данные наземного радиозондирования и радиофизических исследований, выполненных в 1977, 1979, 1988 [Режим и эволюция 1992] и 2005 годах. Результаты радиофизических исследований 1977–1988 годов и 2005 года обобщены в *табл. 8*.

Как видно из *табл. 8*, с 1977 по 2005 год толщина льда на ледоразделе уменьшилась примерно на 80 м, а в 3 км от ледораздела с 1988 по 2005 год – примерно на 110 м. С 1977 по 2005 год произошли также заметные изменения в гидротермической структуре ледника Фритьоф и в содержании воды во всей толще ледника и в слое теплого льда – на это указывают данные измерений скорости распространения радиоволн, приведенные в *табл. 8*. В частности, на ледоразделе (точки 1а и 1б) средняя скорость распространения радиоволн V увеличилась от 161,4 м/мкс в июле 1977 года 165,0 м/мкс в августе 2005 года, а на расстоянии 3 км от ледораздела (точки 2а и 2б) возросла от 169,6 ± 2,1 м/мкс в апреле 1988 года до 173,8 м/мкс в августе 2005 года. При этом на ледоразделе среднее содержание воды W_s в слое теплого льда составляло 2,4% в июле 1977 года, среднее содержание воды W во всей толще ледника – 0,8% в августе 2005 года.

Другая особенность заключается в том, что внутренние отражения от границы раздела холодного и теплого льда, зарегистрированные в районе ледораздела в 1977 году локатором РЛС-620 на частоте 620 МГц, не просматриваются на записи 2005 года, полученной локатором ВИРЛ-6 на частоте 20 МГц. То же обнаружено и на продольном профиле: по данным измерений 1988 года лока-

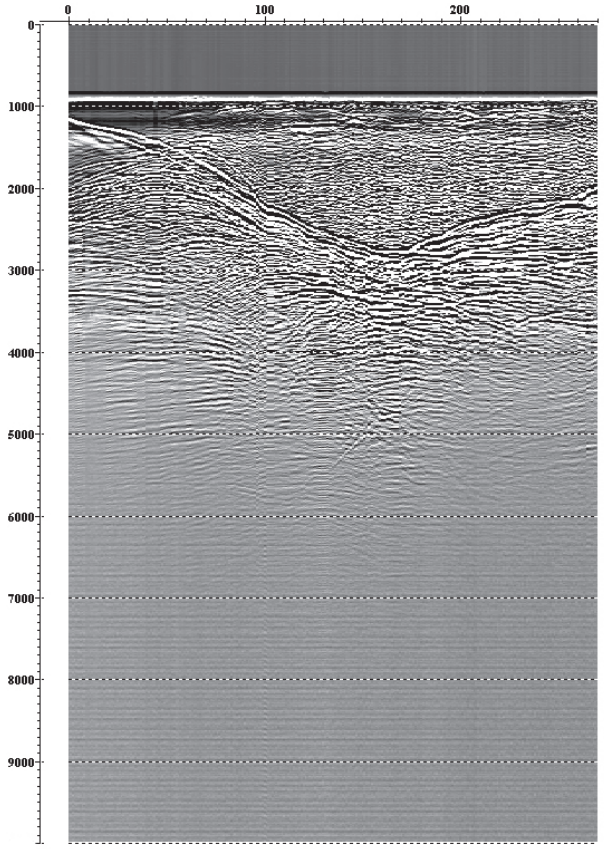


Рис. 27. Радарная запись, полученная на поперечном профиле

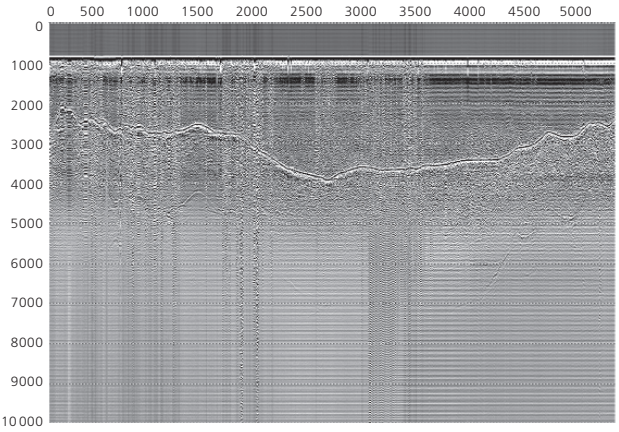


Рис. 28. Радарная запись, полученная на продольном профиле

тором РЛС-620, отражения от границы раздела холодного и теплого льда прослеживаются от самого ледораздела на протяжении около 8 км, но их нет на записи, полученной в 2005 году локатором ВИРЛ-6.

Важно отметить, что детальные радиолокационные исследования на других политермических ледниках, например леднике Ханс, выполненные с помощью локатора ВИРЛ-6, показали, что этот локатор отчетливо регистрирует внутренние отражения от границы раздела холодного и теплого льда. Таким образом, существенное отличие внутреннего строения ледника Фритьоф, обнаруживаемое на разрезах 1977, 1988 и 2005 годов, не может быть объяснено различиями в характеристиках использованной аппаратуры РЛС-620 и ВИРЛ-6, а отражает реальные изменения гидротермической структуры ледника Фритьоф, произошедшие с 1977 по 2005 год, то есть до и после его подвижки в начале 1990-х годов.

Таким образом, сравнение результатов измерений скорости распространения радиоволн в толще ледника и данных радиопрофилирования, полученных до и после подвижки ледника Фритьоф, свидетельствует о существенных изменениях его гидротермической структуры, с большой вероятностью произошедших в результате этой подвижки. Данные об изменениях толщины ледника за указанный период показывают типичную для ледниковой пульсации картину сброса массы льда вниз по леднику. Абсолютное уменьшение толщины льда наблюдается на верхнем восьмикилометровом участке ледника Фритьоф, а их нарастание – в его нижней части.

На ледниковом плато Амундсена по данным наземного радиозондирования 2004 и 2006 годов установлено, что толщина льда здесь превышает 600 м, и это самый толстый лед на архипелаге Шпицберген. На четырех участках в углублениях ложа зарегистрированы отражения от «плоского» ложа, похожие на отражения от подледниковых озер в Антарктиде, что может указывать на наличие скоплений воды у ложа или даже подледных озер сравнительно небольшой глубины. Подобные придонные скопления воды в Арктике обнаружены впервые.

В рамках проектов Международного полярного года будут выполнены исследования внутреннего строения ледников Шпицбергена совместно с учеными Норвегии, Польши, Испании и Швеции.

Дренажные системы ледников Шпицбергена

Ледники в первую очередь определяют поверхностную и внутреннюю гидрологию суши архипелага, характер речного стока и полноводность рек, особенности разрушения рельефа, вынос в море рыхлого материала, распределение многолетней мерзлоты. От ледниковых вод в значительной степени зависит характер водоснабжения поселков архипелага. В последние десятилетия наблюдается рост площадей абляции ледников на территории архипелага, что связано с потеплением климата и постепенным повышением высоты границы питания [Мавлюдов 2004].

Основной вклад в речной сток рек архипелага осуществляется за счет их поверхностного таяния. Однако важное значение имеет и внутреннее таяние ледников, которое связано с развитием внутри ледяной толщи каналов внутренних дренажных систем (ВДС) ледников [Nye 1976; Hooke 1984].

История изучения ВДС Шпицбергена

Большое значение ВДС в жизни ледников выяснено совсем недавно. До последнего времени ВДС ледников как единое целое почти не рассматривались, а потому изучались лишь их отдельные элементы – колодцы и ледниковые пещеры как проявления ледникового карста [Pulina 1984]. Поэтому даже рассматривая дренажную систему как нечто целое, ее обычно считали наложенной на ледяной субстрат обычно вне связи с жизнью самого ледника. Исключение составляло изучение процессов «доращивания» внутренней дренажной системы вверх по леднику в связи с перемещением ледникового тела. Поэтому наибольшие перспективы исследования внутренних дренажных систем кроются в их изучении как единого целого и в непосредственной связи с эволюцией ледников.

До 1970-х годов изучение ВДС ледников Шпицбергена шло косвенными методами [Baranowski 1968]. В последующем на ледниках архипелага

начал развиваться спелеологический метод исследований [Мавлюдов и др. 2003].

Одной из возможных причин начала более серьезных исследований внутреннего дренажа ледников Шпицбергена (кроме научных), вероятно, стали требования водоснабжения существующих на архипелаге поселков. Дело в том, что для обеспечения устойчивого водоснабжения рудника Пирамида в зимнее время были использованы воды ледника Бертиль, которые выходили из ледниковой пещеры, расположенной на языке ледника. Поэтому в конце 1970-х годов здесь началось изучение стока из ледника, которое сопровождалось исследованием ледниковой пещеры. Отмечалось, что сток из ледниковой пещеры обеспечивал до четверти зимней потребности в воде ледника Пирамида. Параллельные исследования проводились и на леднике Альдегонда, воды из пещеры которого использовали для водоснабжения рудника Баренцбург еще в 1930-х годах [Гохман 1990]. Неоднократно проводились исследования пещеры на языке ледника Альдегонда. В этих исследованиях принимали участие гляциологи Института географии АН СССР [Оледенение Шпицбергена 1975; Гуськов и др. 1980; Гляциология Шпицбергена 1985; Гохман 1990] и геологи Севморгео.

Параллельно исследование ледниковых пещер и колодцев началось и на ледниках в окрестностях польской научной станции Хорнсунн на юго-западе острова Западный Шпицберген. Эти международные исследования на польской полярной станции Хорсунн стали основой, на которой сформировалась международная комиссия Международного спелеологического союза (UIS) «Ледниковые пещеры и карст полярных районов», первое заседание которой прошло в Мадриде в 1991 году. Комиссия регулярно, через каждые 2–3 года проводит симпозиумы. Недавний симпозиум комиссии прошел на Кавказе в сентябре 2005 года. Большая часть сообщений на симпозиумах комиссии посвящена исследованиям ледниковых пещер Шпицбергена. Многочисленные посещения ледниковых пещер в окрестностях Хорсунна привели к активизации исследований пещер и в ледниках других частей Шпицбергена, в первую очередь в районе Ню-Олесунна, ставшего международным научным городком [Hagen, Sætrang 1991]. Некоторые ледниковые пещеры в окрестностях Лонгиербюена последние годы посещаются студентами и преподавателями университетского центра (UNIS) в Лонгиербюене, а также туристами в конце зимы (ледники Лонгир, Дрён и др.). Комплексные исследования ледников и их ВДС были возобновлены российскими учеными с 2001 года [Мавлюдов 2004, Mavlyudov 2005]. Исследовались ледниковые пещеры ледников Альдегонда, Тавле, Лонгир, Оватсмарк, Фолл.

Польские исследования пещеры Липертавен на леднике Вереншельда в 1986–1993 годах и наши исследования 2001–2005 годов на ледниках Альдегонда и Тавле [Мавлюдов 2005] показали, что на некоторых ледниках существует возможность прохождения ледниковых пещер сверху донизу (от верхнего выхода до нижнего или до сифона), то есть имеется возможность изучить всю или значительную часть ВДС ледника. Такие исследования в будущем позволят лучше понять строение и эволюцию ВДС на ледниках разных типов. Непочатый край работы – изучение ВДС крупных ледников. Исследования на леднике Ханса и на леднике Оватсмарка показали большую перспективность изучения ВДС крупных выводных ледников горно-покровного оледенения Шпицбергена. Обилие таких ледников говорит о том, что спелеологическая изученность ледников Шпицбергена, хоть и является на данный момент самой высокой в мире, оставляет все же желать лучшего.

Методика исследований ВДС

Существует несколько основных методов изучения ВДС ледников. Это прямые методы (спелеологический, буровой) и косвенные методы (гидрологический, геофизический, моделирования).

Спелеологический метод позволяет исследовать доступные для человека каналы ВДС. Доступность каналов может меняться в течение года. Если летом доступны только мертвые каналы, прямо не связанные с ВДС, то осенью и зимой существует возможность исследования всех осушенных каналов. Методика исследование залитых водой каналов ВДС в ледниках еще не отработана. К настоящему времени спелеологическим методом изучены каналы ледников Ханс,

Торель, Вереншельда, Бертиль, Альдегонда, Тавле [Мавлюдов 2005 и др.], Ловен [Griselin 1981], Брёггер [Vatne 1997], Лонгир, Дрён. В целом ряде ледников наблюдения за строением каналов ВДС проводились в течение нескольких лет.

Небольшие каналы ВДС были вскрыты во время буровых работ на ледниках. Поскольку буровой метод не получил широкого распространения на ледниках архипелага, данные о ВДС, полученные при его использовании, лишь единичны и фрагментарны.

На Шпицбергене, как и в других регионах мира, для изучения ВДС ледников использовались гидрологические методы. Выявление наледей у языков ледников позволило выделить политермальные ледники или ледники, содержащие ВДС [Гохман 1990]. Методы трассирования позволяют определить скорости движения воды в каналах ВДС, а также их средние параметры [Bingham et al. 2005]. Однако подобные исследования были проведены только на единичных ледниках архипелага (Эрик и Ханна, Ловен, Альдегонда).

В последнее время достаточно широкое развитие получило применение DIM (Digital Elevation models) для построение рельефа ложа и поверхности водоносного горизонта в ледниках. В дальнейшем этот рельеф используется для построения гидрографической сети на поверхности, внутри ледника и под ним. Если для построения рисунка гидрографической сети для поверхности и ложа ледника используются объективные данные, полученные по результатам измерений, то рисунок гидросети для поверхности водоносного горизонта, положение которого в свою очередь строится на основе гипотезы Шреве о едином уровне грунтовых вод в пределах ледника. Последние исследования показали, что эта гипотеза неверна [Мавлюдов 2004]. Из этого ясно, почему рисунок внутренней гидрографической сети, получаемый по модели, не соответствует развитию каналов ВДС, исследованных спелеологическими методами. Пока не выявлены законы расположения водоносного горизонта в толще ледников, использование этой методики изучение ВДС нецелесообразно.

Для получения информации о ВДС в последнее время стараются привлекать геофизические методы исследований, в первую очередь радарные исследования ледников [Василенко и др. 2001]. Несмотря на то, что этот метод позволяет достаточно надежно отделять холодный слой льда от теплого (ошибки определения в пределах 10 м, а иногда в пределах 1 м [Pattersson 2004], он не может надежно локализовать скопления воды в толще льда. При этом нет возможности четко отделить скопления воды от моренного материала. В большинстве случаев априори считается, что это вода. Но и в этом случае метод не позволяет сказать ничего о форме канала. Мы не знаем, что это – одно крупное скопление воды, несколько небольших или множество мелких. Несмотря на широкий охват территории во время исследований, этот метод в настоящее время еще не может быть использован для изучения ВДС.

Как видим, все рассмотренные методы изучения ВДС не могут изучать их самостоятельно. Поэтому наиболее оптимальным для изучения ВДС нам видится привлечение комплекса разных методов. К сожалению, таких комплексных исследований на ледниках архипелага почти не проводилось.

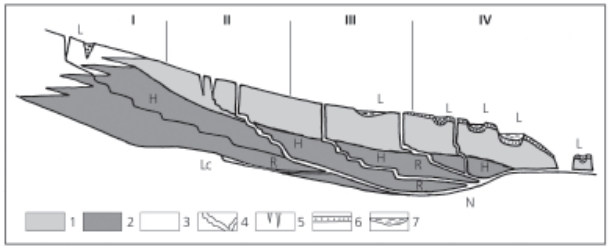


Рис. 29. Схематический разрез ледника с ВДС, справа массив мертвого льда:

1 – слой холодного льда; 2 – слой теплого льда; 3 – снежно-фирновые отложения; 4 – внутриледные и подледные каналы; 5 – ледниковые трещины; 6 – слой моренных отложений; 7 – вода озер.

I–IV – стадии развития «ледникового карста»: I – ранняя; II – юная; III – зрелая; IV – дряхлая; I – область аккумуляции; II–IV – область абляции; H – вадозные внутриледные каналы (каналы Хука); R – фреатические внутриледные каналы (каналы Рётлисбергера); N – фреатические подледные каналы (каналы Ная); Lc – связанные каналы за выступами ложа; L – озера

ВДС ледников

ВДС представляет собой хорошо развитую систему взаимосвязанных каналов и емкостей, расположенных внутри и в основании ледяной толщи, и имеющих самые разные размеры – от нескольких сантиметров до многих десятков метров (*рис. 29*).

Каналы и емкости ВДС заполнены активно движущейся или стоячей водой и/или воздухом, которые могут находиться при атмосферных условиях или в напорном состоянии [Мавлюдов 2006].

Формирование каналов в ледяной толще связано с двумя основными причинами: расширением трещин (внутри льда или на контакте лед–горная порода) или врезанием поверхностных каналов глубоко в лед с последующим их полным захоронением. Формирование каналов ВДС в пределах каждого ледника происходит не одномоментно, а постепенно, в процессе приращения за счет присоединения к существующим каналам ВДС новой трещинной системы, возникающей в процессе движения ледника. Часть каналов в ледяной толще может формироваться при высоком критическом давлении внутри льда. В этом случае возникают внутриледные каналы по субгоризонтальным трещинам [Mavlyudov 2005], которые впоследствии могут эволюционировать в другие хорошо известные типы внутренних ледниковых каналов (R, N, H и др. каналы) в зависимости от обстановки, складывающейся в основании ледяной толщи на ложе ледника.

ВДС не является неизменной, а эволюционирует в соответствии с состоянием и активностью ледника, орографией и изменениями внешнего климата, постоянно приспосабливаясь к этим изменениям. Поскольку не бывает ледников с одинаковой орографией, состоянием и активностью даже в одной и той же климатической обстановке, ВДС различаются от ледника к леднику. Можно даже сказать, что ВДС всегда уникальны и являются отражением состояния каждого конкретного ледника. Тем не менее имеются общие закономерности в развитии ВДС. В первую очередь строение ВДС зависит от теплового состояния ледников, поскольку именно температура льда контролирует характер движения воды внутри ледяной толщи.

Особенности ВДС на Шпицбергене

Ледники с толщиной льда менее 100 м относятся к холодным, а более 100 м – к политермальным [Режим и эволюция 1992, Hagen et al. 1993]. Для каждого из этих типов характерно свое особое строение ВДС. Исследования показали, что полноценные ВДС формируются на Шпицбергене только в политермальных ледниках. В холодных ледниках образуются лишь отдельные элементы ВДС или весьма специфичные маргинальные внутриледные каналы.

В период с 2001 по 2005 год нами изучались ВДС ледников в разных частях архипелага (*рис. 30*). Здесь же показаны ледники с исследованными ВДС. Особенностью многих обследованных ледников является то, что в настоящее время многие из них расположены ниже высоты границы питания [Мавлюдов 2004]. Это связано с продолжающимся в течение последних десятилетий потеплением климата на архипелаге. Это означает не только то, что вся поверхность ледников во-

Рис. 30. Ледники Шпицбергена с исследованными ВДС

влечена в таяние в летний период, но и то, что на их поверхности накапливается значительно меньше снега, чем стаивает за лето. Устойчивый отрицательный баланс массы льда у всех названных ледников обусловил их устойчивую деградацию [Мавлюдов 2004].

ВДС холодных ледников

Холодные ледники имеют отрицательную температуру льда и приморожены к бортам и ложу. Если вода в толщу льда попадает в небольших количествах, она рано или поздно будет заморожена. Только большие количества текущей воды способны преодолеть термическое сопротивление имеющихся в основании ледников холодного льда и промороженных пород, наличие которых не способствуют накоплению воды в толще льда и под ледником. Поэтому для холодных ледников нехарактерны зимний сток и формирование наледей у языков.

Оказалось, что на большинстве обследованных холодных ледников развиты только поверхностные дренажные каналы (*табл. 9*). И только на некоторых ледниках удалось обнаружить каналы ВДС (ледники Лонгир, Восточный Грёнфиорд). В ряде случаев были обнаружены поверхностные каналы, прорезающие мертвый лед у языков ледников (ледники Брюде, Веринг). В зависимости от строения ледника, поверхностные дренажные системы разделяют на маргинальные на выпуклых ледниках (Линне, Лонгир, Мюррей), центральные на вогнутых ледниках (Тунге, Восточный Грёнфиорд) или сложно устроенные на неровной поверхности ледников (Вальдемар, северная часть ледника Западный Грёнфиорд). Наиболее типичной для холодных ледников является маргинальная структура дренажа.

Талая вода на холодных ледниках стремится течь по поверхности. На краях ледников вблизи контактов с горными породами или моренными отложениями таяние льда идет несколько быстрее, чем в центре ледников, что связано с отражением тепла от горных пород. Именно поэтому профиль холодных ледников чаще всего имеет выпуклую форму. Это ведет к тому, что поверхностные водотоки в подавляющем числе случаев стремятся течь по краям ледников. Поскольку вода концентрируется в маргинальных каналах, то они начинают интенсивнее врезаться в лед. Потоки врезаются в ледяную толщу, образуя каньоны, которые становятся особенно глубокими на крутых склонах, достигая порой глубины 15–20 м. Иногда сверху каньоны запечатываются снегом и льдом, создавая элементы внутренней дренажной сети неглубокого заложения. Доля таких внутриледных каналов в пределах зоны абляции холодного ледника невелика. Это означает, что преобладающей формой стока на таких ледниках являются поверхностные водотоки. Запечатанные водотоки и фрагменты внутриледных и подледных каналов можно встретить только на языках ледников. Такие каналы встречены на ледниках Лонгир и Восточный Грёнфиорд. Если на первом леднике протяженность внутриледного и подледного течения воды оценивается в 600 м, то на втором превышает 1000 м. Особенностью таких маргинальных каналов ВДС является отсутствие у них боковых притоков, поскольку врезание канала в лед с опережением поверхностной абляции возможно только для крупных водотоков, а мелкие боковые водотоки не способны заглубляться в лед с такой скоростью. Потому они остаются поверхностными.

Таким образом, для холодных ледников характерен в основном поверхностный, а не внутренний сток. Однако находки наледей у языков некоторых холодных ледников [Hodkins 1997; Irvine-Fynn et al. 2005] предполагают возможность существования развитой сети каналов или теплого ядра внутри холодного льда. Проанализируем вероятность такого явления. Многочисленные модельные расчеты показали, что для принципиального существования каналов в толще холодного льда нет никаких препятствий [Мавлюдов 2004]. Это означает, что при регулярном притоке воды в крупные внутренние туннели они могут существовать неопределенно долго. Располагаясь в холодном льду, даже при потере воды такие каналы не будут быстро сжаты пластической деформацией в холодное время года из-за жесткости холодного льда.

Казалось бы, все вышесказанное обосновывает возможность существования каналов в холодном льду. Однако это не совсем так. Все дело в том, что каналы в холодном (так же, как и теплом) льду не возникают сразу же готовыми, сфор-

мированными. Каждый канал в ледяной толще проходит вполне определенный цикл развития от зарождения по первичной трещине до полного уничтожения. И самой первой стадией развития канала является течение воды внутри трещины во льду, которая в дальнейшем расширяется водным потоком. Попадая в холодную трещину, вода начинает замерзать на стенках. Оказалось, что для того, чтобы трещина смогла расшириться в канал в холодном льду, необходим устойчивый поток воды в ней и большой гидравлический напор, а трещина при температуре льда –5 °С должна иметь ширину не менее 10 см. Устойчивый поток воды в трещине и большой гидравлический напор в принципе возможны в пределах холодных ледников. С трещинами дело обстоит сложнее. Если единичные трещины в холодном льду еще могут встречаться, то появление систем взаимосвязанных широких трещин внутри холодного ледника вообще невероятно. При этом, как показали экспериментальные исследования [Мавлюдов и др. 2003], достаточно небольшого дефекта в системе водопроводящих трещин (такие, как крутой изгиб трещины, резкое сужение или разветвление трещины и так далее), чтобы они закупорились и начавший развиваться по ним канал прекратил свое существование. Именно с тем, что в большинстве случаев вода не может продвигаться на большие расстояния в толще холодного льда, и связано отсутствие каналов в холодных ледниках. Выше был показан тот факт, что вода может перемещаться по трещинам внутри холодных ледников до ложа. Это проявилось в водопритоках в искусственные штольни, проложенные под ледником. Но и такие пути движения воды не могут существовать в течение длительного времени и неспособны формировать каналы в толще льда.

Однако в некоторых случаях каналы могут возникать в толще холодного льда, что может быть обусловлено массированным поступлением воды в трещины, рассекающие ледяную толщу. Это возможно, например, при прорывах наледниковых и ледниково-подпрудных озер, когда немного нагретая вода устремляется внутрь ледяной толщи. Именно большие объемы воды, напор которых поддерживается в течение некоторого времени, и способны сформировать каналы в толще холодного льда. Как долго смогут такие каналы существовать в толще холодного льда после прекращения поступления воды в них из озерной котловины, неизвестно. Поскольку озера на поверхности холодных ледников встречаются довольно редко, то такой способ формирования каналов в толще холодного льда не может быть массовым.

Исходя из вышесказанного, можно заключить, что системы каналов внутри холодных ледников развиваться и существовать в течение длительного времени не могут. Это означает, что зимний сток с холодных ледников не может быть связан с существованием таких каналов. А раз так, то зимний сток с холодных ледников может быть обусловлен только одной причиной – наличием теплого ядра внутри холодного ледника. В таком случае ледник не может считаться холодным и должен быть отнесен к разряду политермальных ледников. Из этого вытекает важный вывод, что выявленное ранее правило формирования наледей у языков политермальных ледников продолжает сохранять свою силу. Это означает, что ледники с наледями у языков не могут быть отнесены к холодным.

Казалось бы, теперь все ясно. Но остается еще один вопрос: правомочно ли отнесение всех ледников, у которых зимой не формируются наледи, к холодным. На этот вопрос нельзя ответить однозначно. Несмотря на то, что в большинстве случаев отсутствие наледей у языков ледников позволяет отнести ледники к разряду холодных, известны случаи, когда это правило не выполняется. Примером может служить ледник Бреггер в окрестностях поселка Ню-Олесунн. У этого ледника наледи зимой не формируются. Мало того, многолетние наблюдения на стоковой площадке на реке, стекающей с языка ледника, подтверждают отсутствие зимнего стока. Кроме этого, радиозондирование, выполненное на леднике, не обнаружило слоя теплого льда в основании ледника [Hagen, Sætrang 1991]. По всем данным получается, что этот ледник является холодным и не имеет теплого ядра. Однако измерения температуры льда в скважинах показало, что нижная часть ледника – примерно 10 м – является теплой [Hagen, Sætrang 1991]. Развитая система внутреннего дренажа на этом леднике также позволяет

усомниться в правильности сделанного вывода о том, что ледник является холодным.

Как мы уже видели выше, для холодных ледников характерны внутренние каналы, которые четко приурочены к языкам ледников. Для ледника Бреггер характерна система внутриледных каналов, которая пронизывает практически всю область абляции ледника, и входы в нее (ледниковые колодцы) расположены в срединной части ледника. В чем же кроется источник ошибки? Пока это точно неизвестно. Но мы можем сделать несколько предположений. Во-первых, радиозондирование может не обнаружить слоя теплого льда под ледником, когда его толщина невелика, тем более что к краям ледника она, видимо, уменьшается. Кроме того, придонный слой льда мог содержать большое количество включений моренного материала, что типично для ледников. Неточность результатов радиозондирования могла быть связана и с этим. Во-вторых, отсутствие наледи у языка ледника могло быть связано с целым рядом причин. Например, если теплое ядро ледника лежит на слабопроницаемых отложениях, то при прекращении поверхностного таяния сток с ледника прекратится полностью, не создавая зимней составляющей. Кроме того, слабый зимний сток может замерзать прямо у края ледника под снегом или непосредственно в каналах внутреннего дренажа.

Существует и еще одна причина возможных разночтений имеющихся материалов. Дело в том, что все измерения на леднике Бреггер проводились 15 лет назад. За это время могли произойти существенные изменения в тепловом состоянии ледника. Предполагается, что при уменьшении толщины ледника в условиях отрицательного баланса массы может произойти его существенное выхолаживание. Это может быть связано с проникновением волны холода с поверхности сквозь довольно тонкий лед ледника. Не исключено, что за последние годы слой теплого льда в основании ледника мог существенно уменьшиться, что могло привести к сокращению зимнего стока.

Из разобранного примера следует, что, несмотря на правильность утверждения о присутствии наледей у языков политермальных ледников, в некоторых случаях, видимо, бывают и исключения, которые надо разбирать особо.

ВДС политермальных ледников

Из-за холодного климата на периферии острова Западный Шпицберген, несмотря на обилие осадков, формируются политермальные, а не теплые ледники, как это типично для других регионов, например для Скандинавских гор [Pattersson 2004]. Этому способствовали низкие температуры воздуха в зимний период, который длится здесь не менее 9 месяцев в году, и относительно низкое количество зимних осадков. Для континентальных центральных районов острова (особенно на участках, удаленных от моря), характерны политермальные ледники с более толстым слоем холодного льда или холодные ледники.

Для политермальных ледников характерно широкое развитие систем внутреннего дренажа, формированию которого посвящено достаточно много работ [Мавлюдов 2005 и др.]. Одной из характерных черт политермальных ледников является зимний сток из теплого ядра ледника, индикатором которого являются наледи, формирующиеся у языков ледников в зимнее время. Поскольку политермальные ледники имеют двухслойное строение, то в зоне абляции верхний слой холодного льда приморожен к ложу, что способствует подпруживанию внутриледных вод, что может привести к ледниковому паводку [Pattersson 2004]. Присутствие внешнего холодного слоя на леднике заставляет воду течь сквозь лед вполне определенным образом (по трещинам) или даже полностью пресекает движение воды во льду [Hodkins 1997].

Гидрология ледников тесно связана с динамикой их движения, а сама политермальная структура ледника может приводить к особому режиму течения льда со своеобразными пространственными и сезонными особенностями. При этом не только происходит скольжение льда по ложу, сопровождаемое труднопредсказуемым изменением градиентов напряжений внутри ледяной толщи – в ней присутствуют тепловые потоки и фазовые переходы [Pattersson 2004].

Тепловой режим политермальных ледников во многом зависит от изменений климата. В первую очередь это сказывается на изменении толщины слоя теплого льда. Эти изменения и вариации в характере распространения площадей теплого и холодного льда на ложе ледников, как предпо-

лагается, могут быть одной из причин быстрых подвижек (пульсаций) ледников [Murray et al. 2000]. Изменение доли площади ложа, к которой приморожен лед ледника, также может оказывать влияние на скорость эрозии ложа подледниковыми потоками, что ведет к изменениям в химическом составе подледниковых вод и в количестве взвешенного материала, переносимого водой [Hodkins 1997].

На Шпицбергене широко представлены ледники, у которых холодный слой льда развит в зоне абляции (*рис. 31 А–д*).

С наступлением лета снег и фирн в зонах аккумуляции таких ледников быстро прогреваются до нулевых температур из-за реализации скрытого тепла кристаллизации льда при просачивании в снег и фирн больших количеств талой воды с последующим ее замерзанием. В зоне абляции лед остается непроницаемым для воды и потому сохраняет имеющиеся в нем запасы холода. Здесь талая вода замерзает только на контакте со льдом, прогревая поверхность льда до нулевой температуры. Из-за слабой теплопроводности льда это тепло почти не проникает внутрь ледяной толщи. Потому вся энергия, приходящая на поверхность льда в течение лета, реализуется на поверхности ледника. Однако из-за того, что некоторые долинные ледники архипелага в результате потепления климата оказались ниже высоты границы питания, то возник новый тип политермальных ледников (*рис. 31 Б*). Эти ледники не только лишились зоны аккумуляции – их края со всех сторон оказались приморожеными к ложу.

Наши исследования на других ледниках архипелага, а также исследования других авторов [Vatne 1997] показали, что ВДС имеет примерно одинаковое строение и структуру на всех политермальных ледниках. При этом не имеют большого значения длина ледника, его тип (горно-долинный или выводной), ориентация по сторонам света и высотное положение языка.

Общими закономерностями строения ВДС политермальных ледников являются:

1. Расположение каналов зоны транзита ВДС в нижней части слоя холодного льда или подо льдом. Чем толще слой холодного льда, характерный для ледника, тем глубже во льду располагаются пещерные каналы и тем больше будет

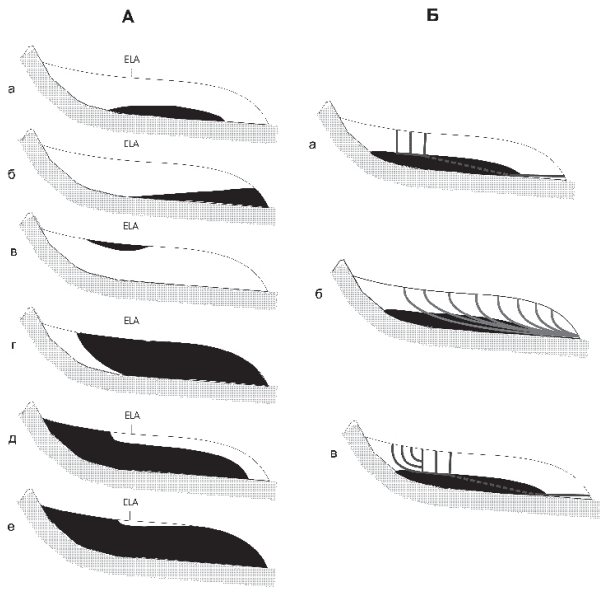


Рис. 31. Основные типы политермальных ледников (А) и возможные пути формирования каналов в политермальном леднике, потерявшем область аккумуляции (Б):

белое – холодный лед; черное – теплый лед; серое – ложе ледника; ELA – высота границы питания

глубина входных колодцев в ледниковые шахты. Если для ледника Альдегонда входные колодцы имеют глубину, равную, как правило, 50–80 м (*рис. 32*), то для ледника Ханс входные колодцы достигают глубины 90–100 м. А для ледника Стор в Норвегии, где толщина слоя холодного льда равна 30 м, глубина входных колодцев в ледниковые шахты также колеблется около этой величины.

2. Формирование входных колодцев в ледниковые шахты происходит по вертикальным трещинам (*рис. 33*). Именно с этим связано вертикальное расположение стволов колодцев и их большая глубина. Более мелкие колодцы, которые не пробивают основной толщины слоя холодного льда, не имеют больших шансов на выживание, так как каналы внутри слоя холодного льда гораздо быстрее заполняются вторичным льдом, чем более глубоко расположенные каналы.

3. Выходы воды из ВДС многих политермальных ледников осуществляются по субгоризонтальным трещинам. Как формируются такие трещины, пока не вполне понятно, но, возможно, их

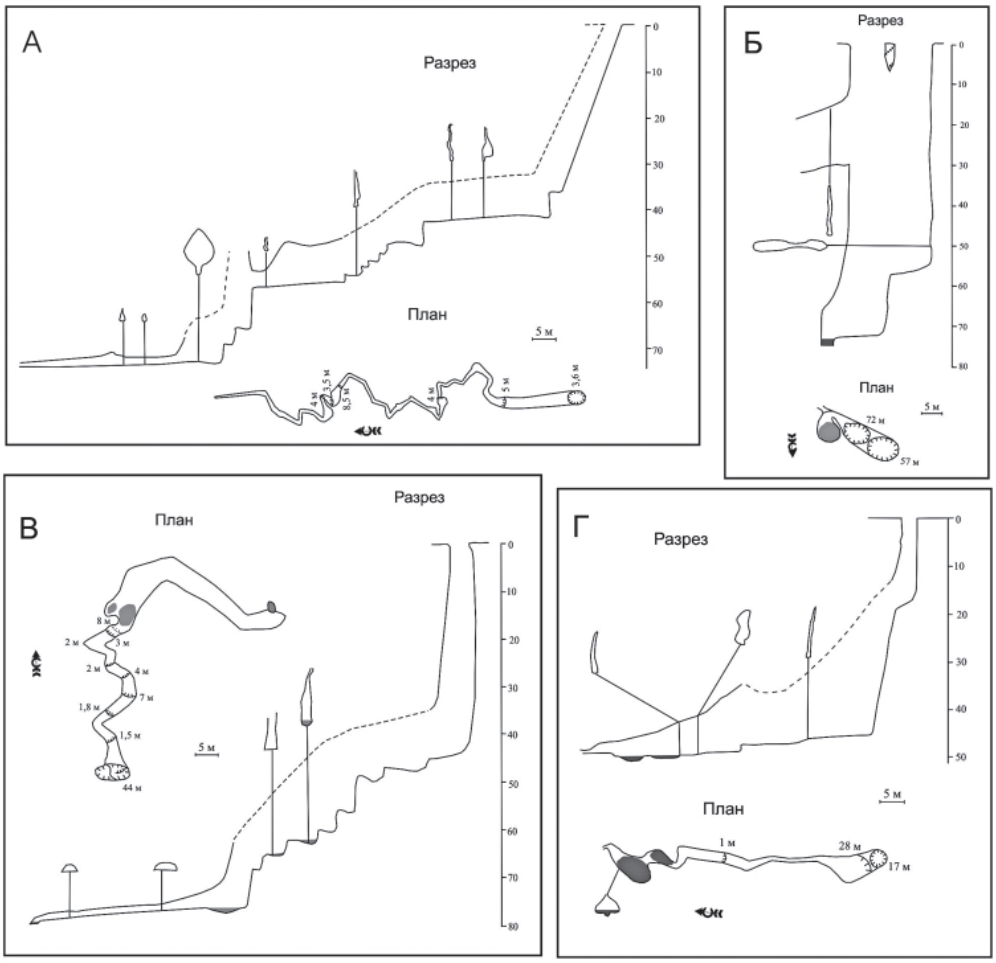


Рис. 32. Планы и разрезы ледниковых колодцев на леднике Альдегонда, Шпицберген

Рис. 33. Пример формирования ледниковой шахты по вертикальной трещине на леднике Альдегонда

формирование связано с микроподвижками льда в начале лета, когда давление воды внутри толщи политермального ледника достигает максимальных значений, тем более что, возникнув раз, такие трещины заполняются русловыми отложениями, что в дальнейшем облегчает воде выход из ледника. Подобные каналы и трещины были обнаружены на ледниках: Западный Грёнфиорд, Фритьоф, Тавле, Оватсмарк, Элиз, Ловен. Это значит, что сток через такие трещины является широко распространенным явлением на политермальных ледниках (*рис. 34*).

4. Некоторые внутриледные каналы на политермальных ледниках возникли при врезании русел водотоков в лед со скоростью, превышающей интенсивность поверхностной абляции. В ре-

Рис. 34. Горизонтальный канал стока на леднике Альдегонда

зультате захоронения ледяных каньонов и возникли пещерные каналы внутри ледяной толщи. Подобное явление было отмечено для ледников Вереншельда, Тавле, Оватсмарк.

В завершение рассмотрим вопрос о формировании ВДС в политермальных ледниках. На основании наших исследований на ледниках архипелага и материалов, полученных другими авторами, можно предложить два основных сценария формирования ВДС для этого типа ледников.

А. Вода попадает в толщу льда через трещины и проникает к основанию холодного слоя или ложу ледника. Возможно, первично это происходило вблизи края ледника, где толщина льда примерно равна толщине слоя холодного льда и вода по трещинам попадает сразу же на ложе ледника. Здесь каналы могут существовать дольше, чем в центральных частях ледника подо льдом, где им проще оказаться сомкнутыми пластической деформацией льда. Можно предположить, что именно краевые каналы в основании холодного ледяного слоя и являются основными дренами ВДС, а каналы из других частей ледника являются их притоками. Вероятно, аналогичная картина наблюдается и на выводных ледниках. Чем меньше толщина ледника и чем ближе вода будет приближаться к толщине слоя холодного льда, тем сильнее будет нарушаться такая идеализированная картина двух основных каналов сброса воды внутри политермальных ледников.

Что касается объединения отдельных каналов, то оно будет происходить ниже слоя холодного льда, а новые каналы будут формироваться по вертикальным трещинам, которые могут пронизывать слой холодного льда насквозь. При этом соединение новых каналов с существующей ВДС будет осуществляться по системе трещин по принципу сообщающихся сосудов. Сброс воды из ВДС политермальных ледников может происходить либо через маргинальные ВДС (выводные ледники), либо по горизонтальным трещинам.

Б. Каналы в толще льда возникают при врезании поверхностных водотоков (*рис. 31 Б–б*) с последующим их захоронением. Этот способ формирования ВДС ледников возможен только на теоретическом уровне, так как при большой толщине льда над каналом достаточно одного небольшого дефекта в системе (например, сужения канала) – и она будет закупорена и отомрет. Поэтому таким путем вероятно образование поверхностных каньонов, которые обычно имеют глубину до 15–20 м. Все проблемы со стоком через такие каналы начинаются после их запечатывания льдом, когда воде остается единственный путь движения. Возможно, в некоторых случаях на некоторых ледниках таким путем могут возникать небольшие, как правило маргинальные ВДС.

В. Все происходит так же, как в типе А, но присоединение отдельных участков к ВДС происходит по принципу В, то есть врезанием канала с поверхности (*рис. 31 Б–в*). Скорее всего, такое возможно только на ледниках с довольно большими уклонами поверхности (5–10° и более), как это наблюдалось на леднике Тавле при больших расходах воды в потоке. В этом случае отмечался врез канала на глубину 15–30 м. Это возможно только потому, что интенсивность врезания канала в этом случае должна существенно превышать

поверхностную абляцию, что согласуется с расчетами [Hooke 1984].

ВДС отдельных ледников

Дренажные системы ледников построены однотипно: на всех ледниках присутствует поверхностная русловая сеть разной густоты и степени развития (*рис. 29*), изредка – озера и ВДС, состоящая из разветвленной сети внутриледных крупных и мелких каналов, а также емкостей с водой. Различные соотношения обеих систем дренажа и определяют систему удаления воды с конкретного ледника. Несмотря на то, что для каждого ледника характерна своя собственная структура системы дренажа, сходные по строению ледники могут иметь похожие дренажные системы.

Характер развития поверхностного и внутреннего дренажа на ледниках архипелага рассмотрен в работе [Мавлюдов 2004]. Общие сведения об обследованных ледниках и присутствии в них ВДС показаны в *табл. 9*.

Значение ВДС для ледников и природы Шпицбергена

ВДС не существует сама по себе, она находится внутри льда ледника, который обладает собственным движением. Именно благодаря этому движению ледников, во льду возникают трещины, которые являются путями перемещения воды внутри ледяной толщи и части которых впоследствии становятся каналами ВДС. Таким образом, ледник способствует формированию ВДС. В дальнейшем ледник контролирует изменение ВДС в четком соответствии с его движением и пластической деформацией. Без сомнения, на формирование и динамику изменения ВДС влияют и внешние факторы, такие как интенсивность поверхностной абляции (зависящей от климата), приток воды на ледник с окружающих территорий, температура воды выпадающих жидких осадков и их количество.

После того как ВДС в леднике сформировалась, она начинает взаимодействовать с ледником. Это взаимное воздействие может иметь разную направленность. В одних условиях каналы ВДС разряжают напряжения, возникающие внутри ледяной толщи, и, наоборот, создают дополнительные напряжения во льду.

Кроме того, каналы ВДС служат транслятором передачи внешней климатической информации в толщу ледника. Таким путем внутрь ледника проникает тепловая волна, приводящая к очаговому отеплению вокруг каналов, информация об изменении интенсивности поверхностной абляции, информация об интенсивности выпадающих жидких и твердых осадков, которые проявляются через объем стока.

Остановимся на взаимодействии ВДС и ледника более подробно.

Влияние ВДС на ледник:

– *Отепление льда, что происходит в политермальных и холодных ледниках при протекании воды в каналах сквозь толщу холодного льда.* Вокруг каналов возникает слой теплого льда, что не сильно сказывается на пластической деформации всей ледяной толщи, так как слой этот достаточно тонок (согласно нашим расчетам, он составляет первые метры), но в то же время увеличивает возможности для расширения канала водой или за счет обрушения сводов. Мы отмечали нулевую температуру льда вокруг вертикальных и горизонтальных активных внутренних каналов ледника Альдегонда. В вадозных каналах происходит частичное отепление льда в той части, где вода контактирует со льдом, что способствует более легкому врезанию канала в лед.

– *Напряжения внутри льда.* Вода, проникая в многочисленные трещины и каналы во льду, создает напряжение внутри ледяной толщи. Особенно это заметно в весеннее время, когда на поверхности ледника начинается таяние снега и льда, а движение воды через каналы ВДС еще затруднено из-за их недостаточной проработанности и частичной перекрытости обвалами и под действием пластической деформации. Это вызывает явно слышимое потрескивание льда, возникновение фонтанов и ускоренное движение льда [Гохман 1990].

– *Создание емкостей и каналов внутри льда и на контакте с породой.* В процессе развития ВДС, когда толща льда оказывается пронизанной активными и неактивными открытыми трещинами, а также каналами и полостями на ложе ледника, неизбежно увеличивается эффективная пористость (вернее, пустотность) льда, которая может дости-

гать нескольких процентов. В процессе развития и эволюции ВДС и ее элементов в отмирающих частях системы и трещинах возникают полости, заполненные водой, которые в водообмене системы временно не участвуют (или участвуют в неполном объеме, то есть их связь с каналами активной ВДС затруднена). Эти емкости могут существовать как короткое время (несколько дней), так и длительное (недели, месяцы, а иногда и годы). Очень характерно возникновение внутри и подледных емкостей в деструктивную фазу развития ВДС в зимнее время. Емкости ВДС могут иметь самые разные размеры – от очень небольших (заполненные водой водобойные ямы, подпруженные и сифонные участки каналов) до обособленных участков ВДС и крупных внутриледных и подледных озер. Существование таких емкостей подтверждено прорывами воды из-под ледников в зимнее время [Мавлюдов 2004]. Одним из специфических примеров подобных полостей могут быть подледные озера под ледниковой шапкой в Исландии, которые возникли под действием вулканического тепла или при извержении вулканов. Аналогичные явления, но в гораздо меньших размерах, отмечены на некоторых ледниках в северной части острова Западный Шпицберген (Земля Андре).

– *Усиление абляции на замороженных (бронированных) языках ледников за счет интенсивного развития «ледникового карста»* (языки ледников Тунге, Веринг, Брюде и др.).

– *Перераспределение воды в леднике*. Если в холодных ледниках вода в толще льда полностью отсутствует (вернее, может попадать в толщу льда и под ледник на короткое время, после чего замерзает), то политермальные ледники содержат воду в толще теплого льда в том или ином количестве. В условиях подпруживания вся зона транзита, то есть нижняя часть ВДС, бывает полностью заполнена водой в течение всего сезона абляции. Каналы ВДС служат для сброса поверхностных талых вод через толщу льда к языку ледника. В течение сезона абляции каналы существующей ВДС являются дренами, которые служат базисом эрозии для вновь возникающих каналов – притоков. В зимний период каналы ВДС являются хранилищами талой воды, которая помогает сохранить фрагменты ВДС в неблагоприятный для ее развития период года, не давая каналам сомкнуться под действием пластической деформации. Еще большее наполнение водой этих изолированных участков ВДС создает напряжения в толще льда и стимулирует движение ледника, что позволяет воде восстановить прерванные связи между основными элементами ВДС по сети возникающих вновь трещин.

– *Отвод части поверхностной абляции (энергии) внутрь ледника*. Одним из агентов абляции на поверхности ледника являются талые воды. Отвод талых вод в толщу льда неизбежно приводит к уменьшению влияния талых вод на понижение поверхности льда. При этом вся энергия водных потоков отводится в толщу льда. Во-первых, это тепловая энергия водных потоков, которая начинает работать в толще льда, способствуя расширению каналов. Так, на леднике Альдегонда падающие в колодцы потоки понижают их дно не менее, чем на 1,6 м ежегодно. Во-вторых, это энергия, возникающая при переходе потенциальной энергии потока в кинетическую. На активных ледниках внутренняя абляция не превышает 10% от поверхностной абляции, а чаще всего имеет меньшие размеры. На языках ледников с толстым слоем моренных отложений поверхностная абляция начинает играть подчиненную роль. При этом интенсивное развитие «ледникового карста» способствует локальному усилению поверхностной абляции и росту внутренней абляции. На таких участках ледников внутренняя абляция многократно превышает поверхностную. Однако не следует забывать, что приложение внутренней абляции ко льду происходит очень локально, так что суммарное воздействие потоков на лед по-прежнему не очень велико.

– *Восстановление сплошности льда*. Вода, проникающая в трещины и полости ВДС в начале сезона абляции, стремится залечивать их, что определяется запасом холода ледяной толщи (в верхнем слое льда политермических ледников). Мы наблюдали залеченную трещину на леднике Баалсруд вблизи перевала. Ее ширина достигала 30 см и она пересекала почти весь ледник. Частично залеченные бергшрунды отмечались на леднике Альдегонда. Запас холода в стенах колодцев способствует формированию слоя натечного льда по всей длине колодца, толщина которого

зависит от запаса холода в толще льда. В полуактивных и мертвых колодцах политермальных ледников нарастание льда на стенах продолжается в течение всего сезона абляции за счет вод, поступающих в колодцы из коры таяния. На леднике Альдегонда величина нарастания годового слоя натечного льда на стенах колодцев оценивается в 10 см. Залечивание полостей происходит тогда, когда они потеряли основное питание водой. Дополнительным источником льда, кроме его намерзания на стенах, служит накопление снега на дне колодцев в зимнее время и обрушения снежных мостов летом. На леднике Альдегонда в одном из мертвых колодцев его глубина сократилась с 45 до 33 м за один год.

– *Создание и снятие напряжений в теле льда при весеннем возрождении каналов* ВДС. Описано возникновение трещин и фонтанирование воды во время начала таяния на леднике Бертиль [Гохман 1990]. С восстановлением дренажа через каналы ВДС фонтанирование воды прекратилось.

– *Создание и снятие напряжений в теле льда при пропуске вод озер через каналы ВДС*. Заполнение озерной котловины создает нагрузку на тело ледника. Если эта котловина расположена сбоку от тела льда, то возникает боковое давление, а под действием гидростатического давления прилегающая к озеру часть ледника может всплывать и создавать путь движения воды под ледником [Nye 1976], по которому вода может сбрасываться из озерной котловины. При этом напряжения во льду растут с увеличением гидростатического давления. Прорыв озера проводит к резкому падению гидростатического давления, опусканию всплывшей части ледника и перекрытию возникшего канала сброса воды пластической деформацией льда. Исчезновение гидростатического давления способствует разгрузке напряжений в толще льда, что может проявляться в ускорении движения льда или возникновении новых трещин. Разгрузка наледниковых озер, которые являются более пассивными, оказывает меньшее влияние на ледники в заполненном и опорожненном состоянии из-за их небольших размеров. Озера на языках ледников при достаточной глубине способствуют всплыванию части языка или стимулируют отел айсбергов, что разгружает язык ледника. Это может стимулировать движение льда, если это не язык ледника после пульсации. В последнем случае происходит быстрое разрушение языка ледника. Прорыв морено-подпрудного озера может убрать преграду движению льда в виде подпруживающего влияния озера, что может способствовать разгрузке напряжений в толще льда, которое проявится в ускорении движения ледника.

Влияние ледников на ВДС:

– *Подавление развития* ВДС *при активизации ледников*. При активизации ледников силы, смыкающие полости, преобладают над силами расширения каналов (то есть над таянием стен каналов). При этом происходит быстрое смыкание каналов и разделение ВДС на изолированные части при потере питания летом или прекращении питания осенью. Чем быстрее движется ледник, тем меньшая густота каналов в толще льда и под ледником будет характерна для него. С другой стороны, быстрое движение ледника благоприятно для формирования систем связанных полостей за выступами коренного ложа. Таким образом, чем быстрее движется ледник, тем больше будет крен ВДС в сторону дренажа по системам связанных полостей. А поскольку они развиты под ледником не повсеместно, это ведет к подавлению дренажа через подледные каналы.

– *Безразличное отношение при малой подвижности и деградации ледников*. Чем медленнее движется ледник, тем более вероятно развитие в толще льда магистральных каналов дренажа и активизации развития ВДС. В неподвижных ледниках влияние движения льда на ВДС полностью отсутствует, за исключением пластической деформации льда под его собственным весом. На почти неподвижном леднике Альдегонда зафиксировано полное смыкание канала шириной около 1 м на глубине 60 м под поверхностью за 1 год.

– *Подавление развития* ВДС *в холодном льду*. Несмотря на то, что в холодных ледниках выполняются почти все условия возникновения «ледникового карста», появление полостей и каналов ВДС является в нем лишь кратковременным явлением. Это связано с тем, что агрессивность воды в таких ледниках подавлена отрицательной температурой льда. Иными словами, воде, проникающей в толщу холодного льда по трещинам, не хватает энергии не только на то, чтобы расширить трещи-

ны в каналы, но и для прогревания стен трещин до температуры плавления льда. Если в отдельных случаях некоторые элементы ВДС и возникают, то в толще льда они быстро залечиваются или отделяются от питания и умирают. Свидетельством тому является отсутствие каналов в большинстве холодных ледников архипелага (*табл. 9*).

– *Полное уничтожение* ВДС *во время пульсаций*. Быстрые подвижки, сопровождающиеся формированием большого количества трещин, полностью уничтожают существующие поверхностные и внутренние дренажные системы. Так, в 2003 году нами было отмечено для ледника Фритьоф, что поверхностная дренажная система и через 7 лет после подвижки восстановилась не полностью.

– *Создание рассеянных в пространстве каналов* ВДС *после пульсации*. Сильное дробление и дефрагментация ледника обеспечивает рассеянную фильтрацию поверхностных вод в толщу льда, что наблюдалось на леднике Фритьоф в 1996 году.

– *Сжатие каналов при падении напора воды в них*. При падении напора воды в каналах ВДС пластическая деформация начинает преобладать над силами расширения каналов и поперечное сечение каналов уменьшается. В сомкнувшихся осенью каналах ВДС в течение зимы начинает расти уровень воды, как это отмечалось для ледника Ханс.

– *Разделение* ВДС *зимой на обособленные резервуары*. Прекращение стока воды через каналы ВДС с прекращением поверхностной абляции ведет к разделению ВДС на несколько не связанных частей путем пережатия отдельных каналов пластической деформацией льда или из-за обрушения сводов наиболее широких каналов.

– *Объединение зимующих обособленных резервуаров*. Повышение напора в отдельных обособленных частях ВДС в начале периода абляции ведет к возникновению весенних подвижек ледников, что приводит к соединению обособленных участков ВДС трещинами, дальнейшая проработка которых полностью или частично возрождает систему дренажа.

Взаимосвязь и взаимовлияние ледников и ВДС:

– *Регулировка размеров каналов*. На ледниках наблюдается постоянное противоборство ледников и каналов ВДС: пластическая деформация стремится сомкнуть каналы, а давление воды стремится расширить каналы. Таким образом, летом побеждает влияние воды, подавляя пластическую деформацию, и, наоборот, зимой при отсутствии давления воды побеждает пластическая деформация.

– *Регулировка размеров* ВДС *при сезонных и климатических изменениях*. Сезонное увеличение напора воды в начале периода абляции приводит к активизации ледника. Это, в свою очередь, служит причиной восстановления ВДС после зимней деструктивной фазы развития. Восстановление ВДС и расширение ее каналов способствует снятию напряжений во льду, что обеспечивает более спокойное движение льда.

– *Частичная перестройка* ВДС *при прорыве озер*. Прорыв ледниково-подпрудных и некоторых приледниковых и наледниковых озер создает новые элементы ВДС, которые соединяют озерную котловину с уже существующей ВДС. В результате сброса вод из озера происходит быстрое расширение каналов как вновь возникшего участка, так и магистральных каналов ВДС ледника. Это наблюдалось на многих участках ледника Оватсмарк. Полное осушение озерной котловины ведет к изменению поля напряжений в толще льда и возникновению новых трещин или активизации движения ледника. Это неизбежно ведет к локальным или крупным перестройкам каналов ВДС ледника (в зависимости от доли участия ВДС в сбросе вод из озера). Если маршрут сброса вод охватывает лишь незначительную часть каналов ВДС, активизация ледника после прорыва озера окажет лишь незначительное влияние на ВДС. Напротив, если маршрут сброса вод из озера охватывает значительную часть магистральных каналов ВДС, то активизация ледника может существенно изменить строение ВДС, создав, например, временные преграды течению воды.

Итак, ледники и каналы ВДС на Шпицбергене взаимно влияют друг на друга.

ВДС развиты преимущественно в политермальных ледниках. В холодных ледниках встречаются только отдельные элементы ВДС.

Изучение ВДС ледников архипелага Шпицберген при помощи комплекса методов (спелеологического, гидрологического, геофизического

и метода моделирования) позволяет во многом по-новому взглянуть на взаимозависимость ВДС и ледников, а также на роль ВДС в эволюции ледников. Нет сомнения, что расширение исследований ВДС ледников Шпицбергена в будущем, несомненно, принесет много научных открытий в ледниковой спелеологии, в гляциологии и особенно в ледниковой гидрологии, а также даст новый материал для построения моделей движения ледника и теорий пластичности льда.

В результате гляциологических исследований на архипелаге Шпицберген впервые получены комплексные данные по современному оледенению архипелага. Открыты так называемые «двухслойные» ледники. Установлена достаточная устойчивость многолетнемерзлых пород на архипелаге в условиях современного климата. На следующем этапе гляциологических исследований предполагается создание на архипелаге Шпицберген комплексного криосферного полигона.

Литература

Александрова 1977 – *Александрова В.Д.* Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики. Л.: Наука, 1977.

Белкина, Лихачев 2008 – *Белкина О.А., Лихачев А.Ю.* К флоре листостебельных мхов долины Рейндален (о. Западный Шпицберген) // Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики. Вып. 8. М.: Геос, 2008. С. 33–37.

Буров и др. 1976 – *Буров Ю.П., Красильщиков А.А, Фирсов Л.В., Клубов Б.А.* Возраст долеритов Свальбарда (по радиологическим данным) // Геология Свальбарда. Л.: НИИГА, 1976. С. 117–126.

Буров, Семевский 1976 – *Буров Ю.П., Семевский Д.В.* Основные черты тектонического строения девонского грабена (остров Шпицберген) // Геология Свальбарда. Л.: НИИГА, 1976. С. 103–117.

Василенко и др. 2001 – *Василенко Е.В., Глазовский А.Ф., Мачерет Ю.Я., Наварро Ф.Х., Токарев М.Ю., Калашников А.Ю., Мирошниченко Д.Е., Резников Д.С.* Радиофизические исследования ледника Альдегонда на Шпицбергене в 1999 году // Материалы гляциологических исследований. 2001. Вып. 90. С. 86–99.

Втюрин 1989 – *Втюрин Б.И.* Подземные льды Шпицбергена // Материалы гляциологических исследований. 1989. Вып. 65. С. 69–75.

Глазовский и др. 1998 – *Глазовский А.Ф., Красс М.С., Мачерет Ю.Я.* Особенности динамики субполярных ледников при изменениях климата // Материалы гляциологических исследований. 1998. Вып. 85. С. 187–195.

Глазовский и др. 2000 – *Глазовский А.Ф., Красс М.С., Мачерет Ю.Я., Крымский А.В.* Гидротермический режим политермических ледников и его связь с их динамикой // Материалы гляциологических исследований. 2000. Вып. 89. С. 134–145.

Гляциология Шпицбергена 1985 – *Гляциология Шпицбергена* / Ред. В.М. Котляков. М.: Наука, 1985.

Гохман 1990 – *Гохман В.В.* Водно-ледовый баланс Шпицбергена. Диссертация на соискание звания канд. геогр. наук. М.: ИГАН СССР, 1990.

Гуськов и др. 1980 – *Гуськов А.С., Осокин Н.И., Трощкий Л.С., Ходаков В.Г.* Опыт непосредственного использования ледника для зимнего водоснабжения // Материалы гляциологических исследований. 1980. Вып. 38. С. 260–264.

Давыдов 2005 – *Давыдов Д.А.* Наземные цианопрокариоты восточного побережья Грен-фиорда (Западный Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 5. Апатиты: КНЦ РАН. 2005. С. 377– 381.

Давыдов 2008 – *Давыдов Д.А.* Цианопрокариоты полярных пустынь Земли Принца Оскара (о. Северо-Восточная Земля, Шпицберген) // Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики. Вып. 8. М.: Геос, 2008. С. 85–90.

Денисенко 1989 – *Денисенко С.Г.* Экология и ресурсы исландского гребешка в Баренцевом море. Апатиты: КНЦ РАН, 1989.

Дроздов и др. 1986 – *Дроздов В.П., Комов И.Л., Воробьёв Е.И.* Поиски и оценка месторождений пьезооптического и камнесамоцветного сырья. М.: Недра, 1986. 224 с.

Евдокимов 1990 – *Евдокимов А.Н.* Новое рудопроявление меди на Шпицбергене // Доклады Академии наук СССР. 1990. Т. 314. № 4. С. 915–918.

Евдокимов 2000 – *Евдокимов А.Н.* Вулканы Шпицбергена. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000.

Евдокимов и др. 2003 – *Евдокимов А.Н., Сироткин А.Н., Тебеньков А.М. и др.* Дайки кимберлитоподобных пород архипелага Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 3. Апатиты: КНЦ РАН, 2003. С. 80–85.

Евдокимов и др. 2004 – *Евдокимов А.Н., Бурнаева М.Ю., Радина Е.С., Сироткин А.Н.* Первая находка акцессорных минералов кимберлитов в палеозойских дайках Шпицбергена // Эффективность прогнозирования и поисков месторождений алмазов: прошлое, настоящее, будущее (Алмазы – 50). СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. С. 109–112.

Евдокимов и др. 2005 – *Евдокимов А.Н., Бурнаева М.Ю., Радина Е.С., Сироткин А.Н.* Вещественный состав и возраст кимберлитоподобных гипабиссальных пород архипелага Шпицберген // Геология алмазов – настоящее и будущее. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2005. С. 145–154.

Евдокимов и др. 2006 – *Евдокимов А.Н., Бурнаева М.Ю., Радина Е.С., Сироткин А.Н.* Первая находка акцессорных минералов кимберлитов в мафит-ультрамафитовых дайках Шпицбергена // Доклады РАН. 2006. Т. 407. № 2. С. 275–279.

Загороднов 1983 – *Загороднов В.С.* Исследование строения и температурного режима шпицбергенских ледников с помощью термобурения // Материалы гляциологических исследований. 1983. Вып. 41.

Загороднов и др. 1984 – *Загороднов В.С., Самойлов О.Ю., Райковский Ю.В.* Глубинное строение ледникового плато Ломоносова на о. Зап. Шпицберген // Материалы гляциологических исследований. 1984. Вып. 50.

Загороднов и др. 1988 – *Загороднов В.С., Зингер Е.М., Трощкий Л.С., Архипов С.М.* Завершение бурения на Восточном ледяном поле // Материалы гляциологических исследований. 1988. Вып. 61.

Зингер 1981 – *Зингер Е.М.* Между полюсом и Европой. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Мысль, 1981.

Зингер 2006 – *Зингер Е.М.* Шпицберген – ледовый архипелаг. М.: Пента, 2006.

Зингер и др. 1997 – *Зингер Е.М., Захаров В.Г., Жидков В.А.* Наблюдения за подвижкой ледника Фритьоф на Шпицбергене в 1997 году // Материалы гляциологических исследований. 1997. Вып. 83.

Иваненко 2006 – *Иваненко Н.Ю.* Наблюдения за птицами в окрестностях Баренцбурга, Пирамиды и Лонгийра на Западном Шпицбергене летом 2005 года // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 6. Апатиты: КНЦ РАН, 2006. С. 305–321.

Иванова и др. 1976 – *Иванова А.А., Михайлова Ю.И., Соловьев А.Т., Сомов М.М.* Перспективная оценка флюоритоносности СССР на формационной основе // Флюорит (ресурсы, закономерности образования и размещения). М.: Наука, 1976. С. 15–27.

Игнатов, Афонина 1992 – *Игнатов М.С., Афонина О.М.* Список мхов территории бывшего СССР // Arctoa. 1992. Т. 1. С. 1–87.

Кашулина 2006 – *Кашулина Г.М.* Геохимические особенности почв окрестностей пос. Баренцбург, Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 6. Апатиты: КНЦ РАН, 2006. С. 321–330.

Кашулина и др. 2007 – *Кашулина Г.М., Баскова Л.А., Лихачев А.Ю.* Химический состав растений окрестностей Баренцбурга, Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 7. Апатиты: КНЦ РАН, 2007. С. 254–264.

Кокин, Тарасов 2007 – *Кокин О.В., Тарасов Г.А.* К истории развития ледникового рельефа Западного Шпицбергена в голоцене // Материалы V Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Москва, 7–9 ноября 2007 г. М.: ГЕОС, 2007. С. 177–179.

Комплексные исследования 2002 – *Комплексные исследования природы Шпицбергена*. Вып. 2. Апатиты: КНЦ РАН, 2002.

Комплексные исследования 2003 – *Комплексные исследования природы Шпицбергена*. Вып. 3. Апатиты: КНЦ РАН, 2003.

Комплексные исследования 2004 – *Комплексные исследования природы Шпицбергена*. Вып. 4. Апатиты: КНЦ РАН, 2004.

Комплексные исследования 2005 – *Комплексные исследования природы Шпицбергена*. Вып. 5. Апатиты: КНЦ РАН, 2005.

Комплексные исследования 2006 – *Комплексные исследования природы Шпицбергена*. Вып. 6. Апатиты: КНЦ РАН, 2006.

Комплексные исследования 2007 – *Комплексные исследования природы Шпицбергена*. Вып. 7. Апатиты: КНЦ РАН, 2007.

Константинова 2003 – *Константинова Н.А.* О фитогеографии печеночников архипелага Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 3. Апатиты: КНЦ РАН, 2003. С. 163–165.

Константинова, Королева 2003 – *Константинова Н.А., Королева Н.Е.* Необычные формы печеночников с архипелага Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 3. Апатиты: КНЦ РАН, 2003. С. 156–161.

Константинова и др. 1992 – *Константинова Н.А., Потемкин А.Д., Шляков Р.Н.* Список печеночников и антоцеротовых территорий бывшего СССР // Arctoa. 1992. Т. 1. С. 87–127.

Константинова, Савченко 2006 – *Константинова Н.А., Савченко А.Н.* О находках редких для Шпицбергена печеночников на западном побережье Бокк-фиорда // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 6. Апатиты: КНЦ РАН, 2006. С. 330–336.

Константинова, Савченко 2007 – *Константинова Н.А., Савченко А.Н.* Новые и редкие на Шпицбергене печеночники в окрестностях Баренцбурга // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 7. Апатиты: КНЦ РАН, 2007. С. 265–278.

Константинова, Савченко 2008 – *Константинова Н.А., Савченко А.Н.* К распространению редких на архипелаге Шпицберген печеночников в окрестностях пос. Пирамида // Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики. Вып. 8. М.: Геос, 2008. С. 177–181.

Кораго 1996 – *Кораго Е.А.* Проблемы металлогении островных орогенов Европейской Арктики // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1996. С. 224–240.

Королева 2003 – *Королева Н.Е.* Изменение растительного покрова вдоль топографического градиента в окрестностях пос. Баренцбург (Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 3. Апатиты: КНЦ РАН, 2003. С. 161–163.

Королева 2004а – *Королева Н.Е.* Состав орнитогенной растительности на южном побережье залива Бельсунн (Западный Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 4. Апатиты: КНЦ РАН, 2004. С. 255–263.

Королева 2004б – *Королева Н.Е.* Растительность антропогенно нарушенных местообитаний архипелага Шпицберген // Арктика и Антарктика. 2004. Вып. 3 (37). С. 80–84.

Королева 2006 – *Королева Н.Е.* Восстановление тундровой растительности после антропогенного воздействия в европейском секторе Арктики и Субарктики (на примере Западного Шпицбергена и Кольского полуострова) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 6. Апатиты: КНЦ РАН, 2006. С. 337–342.

Королева и др. 2005 – *Королева Н.Е., Константинова Н.А., Урбанавичене И.Н., Урбанавичюс Г.П., Шмакова Н.Ю., Давыдов Д.А.* Комплексные исследования Полярно-альпийского ботанического сада-института на архипелаге Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 5. Вып. 6. Апатиты: КНЦ РАН, 2005. С. 396–404.

Королева и др. 2008 – *Королева Н.Е., Константинова Н.А., Белкина О.А., Давыдов Д.А., Лихачев А.Ю., Савченко А.Н., Урбанавичене И.Н.* Флора и растительность побережья Грен-фиорд (Шпицберген). Апатиты: К&М, 2008. 111 с.

Корчинская 1982 – *Корчинская М.В.* Объяснительная записка к стратиграфической схеме мезозоя (триас) Свальбарда. Л.: Севморгеология, 1982.

Котлуков 1936 – *Котлуков В.А.* Геологическое строение и угленосность района Баренцбурга и тундры Богемана (Западный Шпицберген) // Труды Ленинградского геологического треста. 1936. Вып. 11. С. 1–40.

Котляков и др. 1980 – *Котляков В.М., Мачерет Ю.Я., Гордиенко Ф.Г., Журавлев А.Б.* Геофизические и изотопные исследования ледников Шпицбергена // Вестник АН СССР. 1980. № 4.

Красильщиков, Ковалева 1976 – *Красильщиков А.А., Ковалева Г.А.* Докембрийские литолого-стратиграфические комплексы западного побережья Шпицбергена // Геология Свальбарда. Л.: НИИГА, 1976. С. 63–70.

Красильщиков 1973 – *Красильщиков А.А.* Стратиграфия и палеотектоника докембрия-

раннего палеозоя Шпицбергена. Л.: Недра, 1973. 120 с.

Лившиц 1973 – *Лившиц Ю.Я.* Палеогеновые отложения и платформенная структура Шпицбергена. Л.: Недра, 1973 / Труды НИИГА. Т. 174. 159 с.

Любина 2006 – *Любина О.С.* Особенности количественного распределения амфипод (Amphipoda, Gammaridea) у берегов Западного Шпицбергена // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 6. Апатиты: КНЦ РАН, 2006. С. 342–352.

Люткевич 1937а – *Люткевич Е.М.* Геология третичных угленосных отложений района Айсфиорда // Труды Арктического института. Л., 1937. Т. 76. С. 7–24.

Люткевич 1937б – *Люткевич Е.М.* Геологический очерк и проблема угленосности горы Пирамиды о-ва Шпицбергена // Труды Арктического института. Л., 1937. Т. 76. С. 25–38.

Мавлюдов 2004 – *Мавлюдов Б.Р.* О системах дренажа ледников Шпицбергена // Арктика и Антарктика. Вып. 3 (37). М.: Наука, 2004. С. 67–79.

Мавлюдов 2005 – *Мавлюдов Б.Р.* О внутреннем дренаже политермальных ледников, Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 5. Апатиты: КНЦ РАН, 2005.

Мавлюдов 2006 – *Мавлюдов Б.Р.* Внутренние дренажные системы ледников. М.: Институт географии РАН, 2006.

Мавлюдов и др. 2003 – *Мавлюдов Б.Р., Исенко Е.В., Нарусе Р.* Экспериментальные исследования эволюции каналов в холодном льду // Материалы гляциологических исследований. 2003. Вып. 95. С. 147–152.

Марасаев 2003 – *Марасаев С.Ф.* Орнитологические исследования в прибрежной зоне Исфиорда (Зап. Шпицберген) летом 2002 года // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 3. Апатиты: КНЦ РАН, 2003. С. 166–173.

Матвеева 1998 – *Матвеева Н.В.* Зональность в растительном покрове Арктики. СПб., 1998.

Мачерет и др. 1980 – *Мачерет Ю.Я., Журавлев А.Б., Громыко А.Н.* Радиолокационные исследования ледников Шпицбергена в 1977 году // Материалы гляциологических исслеований. 1980. Вып. 38.

Мачерет и др. 1984 – *Мачерет Ю.Я., Журавлев А.Б., Боброва Л.И.* Толщина, подледный рельеф и объем ледников Шпицбергена по данным радиозондирования // Материалы гляциологических исследований. 1984. Вып. 51.

Мачерет, Журавлев 1980 – *Мачерет Ю.Я., Журавлев А.Б.* Радиолокационное зондирование ледников Шпицбергена с вертолета // Материалы гляциологических исследований. 1980. Вып. 37. С. 109–131.

Оледенение Шпицбергена 1975 – *Оледенение Шпицбергена (Свальбарда)* / Ред. В.М. Котляков. М.: Наука, 1975.

Осокин и др. 1999 – *Осокин Н.И., Самойлов Р.С., Сосновский А.В., Сократов С.А., Жидков В.А.* К оценке влияния изменчивости характеристик снежного покрова на промерзание грунтов // Криосфера Земли. 1999. Т. 3. № 1. С. 3–10.

Осокин и др. 2001 – *Осокин Н.И., Самойлов Р.С., Сосновский А.В., Жидков В.А., Чернов Р.А.* Роль снежного покрова в промерзании грунтов // Известия Академии наук. Серия географическая. 2001. № 4. С. 52–57.

Осокин и др. 2002 – *Осокин Н.И., Зингер Е.М., Захаров В.Г., Жидков В.А.* Возможности мониторинга ледников Шпицбергена на примере приливного пульсирующего ледника Фритьоф // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 2. Апатиты: КНЦ РАН, 2002.

Осокин и др. 2007 – *Осокин Н.И., Самойлов Р.С., Сосновский А.В. и др.* Влияние снежного покрова на теплообмен с подстилающей поверхностью // Оледенение Северной Евразии в недавнем прошлом и ближайшем будущем / Ред. В.М. Котляков. М.: Наука, 2007. С. 15–54.

Осокин 1983 – *Осокин Н.И.* Взаимодействие гляциосистем с деятельностью человека и принципы его картографирования // Материалы гляциологических исследований. 1983. Вып. 50. С. 215–219.

Осокин 1988 – *Осокин Н.И.* Нивально-гляциальные системы и их картографирование. 1988. М.: Междуведомств. геофиз. комитет при През. АН СССР, 1988.

Павлов и др. 2002 – *Павлов А. В., Ананьева Г.В., Дроздов Д.С., Москаленко Н. Г., Дубровин В.А. Какунов Н.Б., Минайлов Г.П., Скачков Ю.Б., Скрябин П.Н.* Мониторинг сезонноталого слоя и

температуры мерзлого грунта на Севере России // Криосфера Земли. 2002. Т. VI. № 4. С. 30–39.

Переверзев, Литвинова 2008 – *Переверзев В.Н., Литвинова Т.И.* Геоморфологическое строение, растительность и почвы побережий Исфьорда и Гренфьорда (Западный Шпицберген) // Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики. Вып. 8. М.: Геос, 2008. С. 306–310.

Погодина 2002 – *Погодина И.А.* Раннеголоценовый климатический оптимум в районе архипелага Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 2. Апатиты: КНЦ РАН, 2002. С. 44–47.

Постнов, Касаткин 1982 – *Постнов И.С. Касаткин А.Д.* Внутриледниковые воды о. Западный Шпицберген (на примере ледника Бертиль) // Гидрогеологические и мерзлотные условия Арктического континентального шельфа Евразии. Л., 1982.

Пчелина 1965 – *Пчелина Т.М.* Стратиграфия и особенности вещественного состава мезозойских отложений центральной части Западного Шпицбергена // Материалы по геологии Шпицбергена. Л.: НИИГА, 1965. С. 127–148.

Пчелина 1967 – *Пчелина Т.М.* Стратиграфия и особенности вещественного состава мезозойских отложений южных и восточных районов Западного Шпицбергена // Материалы по геологии Шпицбергена. Л.: НИИГА, 1967. С. 121–158.

Пчелина 1983 – *Пчелина Т.М.* Новые материалы по стратиграфии мезозоя архипелага Шпицберген // Геология Шпицбергена. Л.: Севморгеология, 1983. С. 121–141.

Режим и эволюция 1992 – *Режим и эволюция полярных ледниковых покровов* / Ред. В.М. Котляков. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992.

Реннинг 1978 – *Реннинг У.И.* Фитогеография арктической западной Европы. Арктическая флористическая область. Л.: Наука, 1978. С. 143–152.

Российские геологические исследования 1998 – Российские геологические исследования на Шпицбергене в 1962–1996 гг / Ред. А.А. Красильщиков // ПМГРЭ, ВНИИОкеангеология. СПб., 1998.

Самойлович 1913 – Отчет горного инженера Р.Л. Самойловича, руководителя геологической экспедиции на Шпицбергене 1913 г., об угольных отложениях на Шпицбергене, принадлежащих торговому дому «Грумант-Агафёлов и К°», для горных работ на Шпицбергене. СПб., 1913.

Сироткин и др. 2004 – *Сироткин А.Н., Костева Н.Н., Бирюков А.С.* Фосфоритовое месторождение юго-западной части Земли Диксона (остров Западный Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 4. Апатиты: КНЦ РАН, 2004. С. 134–146.

Сироткин и др. 2007 – *Сироткин А.Н., Хайлов В.В., Никитин Д.В.* Минералогия и генезис рудопроявлений Центрально-Шпицбергенской полиметаллической зоны // Записки Всероссийского минералогического общества. 2007. № 5. С. 76–93.

Сироткин 1990 – *Сироткин А.Н.* Хрусталеносная минерализация полуострова Ню-Фрисланд (архипелаг Шпицберген) // Условия образования и поисковые критерии месторождений нерудных полезных ископаемых. Л.: ЛГИ, 1990. С. 40–47.

Сироткин 2006 – *Сироткин А.Н.* Проблемы металлогении и перспективы рудоносности Центрально-Шпицбергенской полиметаллической зоны // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 6. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2006. С. 39–48.

СНиП 2.02.04-88 1997 – СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Минстрой России. М.: ГУП ЦПП, 1997.

Сосновский 2000 – *Сосновский А.В.* Математическое моделирование промерзания грунта с учетом пространственно-временной изменчивости параметров снежного покрова // Материалы гляциологических исследований. 2000. Вып. 89. С. 30–35.

Стратиграфический словарь, 1990 – Стратиграфический словарь Шпицбергена / Ред. И.С. Грамберг. Л.: Недра, 1990. 203 с.

Тарасов 1977 – *Тарасов Г.А.* К литологии фиордовых осадков Западного Шпицбергена // Доклады Академии наук СССР. 1977. Т. 233. № 5. С. 944–947.

Тарасов, Кокин 2007 – *Тарасов Г.А., Кокин О.В.* Новые данные о возрасте напорного вала ледника Гренфиорд // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 7. Апатиты: КНЦ РАН, 2007. С. 85–93.

Тарасов и др. 1993 – *Тарасов Г.А., Погодина И.А., Денисенко С.Г.* Литолого-фаунистические ком-

плексы рыхлых отложений фиорда Хорнсунн Западного Шпицбергена (по материалам экспедиций НТС «Помор», 1991–1992 гг.). Апатиты: КНЦ РАН, 1993.

Тебеньков и др. 2004 – *Тебеньков А.М., Сироткин А.Н., Бирюков А.С., Хайлов В.В., Шарин В.В., Шкатов Е.П.* Твердые полезные ископаемые архипелага Шпицберген // Арктика и Антарктика. Вып. 3. № 37. М.: Наука, 2004. С. 25–39.

Тебеньков, Кораго 1992 – *Тебеньков А.М., Кораго Е.А.* Лиственити Западного Шпицбергена // Записки Всероссийского минералогического общества. 1992. № 2. С. 69–84.

Тебеньков 1983 – *Тебеньков А.М.* Позднедокембрийские магматические формации Западного Шпицбергена // Вестник Ленинградского государственного университета. 1983. № 24. С. 88–93.

Тишков 1983 – *Тишков А.А.* Экосистемы западного побережья Шпицбергена (архипелаг Свальбард) // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. 1983. № 6. С. 99–109.

Тишков 1985а – *Тишков А.А.* Первичные сукцессии экосистем арктических тундр западного побережья Шпицбергена (Свальбарда) // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. 1985. № 3. С. 95–105.

Тишков 1985б – *Тишков А.А.* Растительноядные животные в экосистемах тундр // Млекопитающие в наземных экосистемах. М.: Наука, 1985. С. 38–66.

Тишков 1996 – *Тишков А.А.* Экологическая реставрация нарушенных экосистем Севера. М.: УРАО, 1996.

Троицкий 1971 – *Троицкий Л.С.* О голоценовых стадиях оледенения на Шпицбергене // Материалы гляциологических исследований. 1971. Вып. 18. С. 47–56.

Урбанавичене, Урбанавичюс 2004 – *Урбанавичене И.Н., Урбанавичюс Г.П.* К изучению лишайников Шпицбергена // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 4. Апатиты: КНЦ РАН, 2004. С. 290–295.

Урбанавичене, Урбанавичюс 2006 – *Урбанавичене И.Н., Урбанавичюс Г.П.* Лишайники в высокоширотных экосистемах Западного Шпицбергена // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 6. Апатиты: КНЦ РАН, 2006. С. 373–379.

Фролова 2006 – *Фролова Е.А.* Полихеты залива Грен-фиорд (Западный Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 6. Апатиты: КНЦ РАН, 2006. С. 379–387.

Черепанов 1995 – *Черепанов С.К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). 2-е изд. СПб.: Мир и семья, 1995.

Шмакова 2005 – *Шмакова Н.Ю.* Продуктивность злаково-кустарничково-моховых сообществ в окрестностях пос. Баренцбург (Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 5. Апатиты: КНЦ РАН, 2005. С. 519–525.

Шмакова, Марковская 2008 – *Шмакова Н.Ю., Марковская Е.Ф.* Пигментный комплекс растений и лишайников в сообществах арктических тундр на архипелаге Шпицберген // Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики. Вып. 8. М.: Геос, 2008. С. 400–403.

Andersson 1910 – *Andersson G.* Die jetzige und fossile Quaträflora Spitzbergen als Zeugnis von Klimaänderungen // Die Veränderungen des Klimas seit dem Maximum der letzten Eiszeit. Stockholm: Generalstabens Litografiska Anstalt, 1910. S. 409–417.

Badino 2002 – *Badino G.* La scoperta dei mulini glaciali // Nimbus. 2002. V. 23–24. P. 141–157 / Proceedings of V International symposium on glacier caves and cryokarst in Polar and high mountain regions, Courmayeur, 15–16.04. 2000.

Balashov et al. 1995 – *Balashov Yu.A., Tebenkov A.M., Ohta Y., Larionov A.N., Sirotkin A.N., Gannibal L.F., Ryungenen G.I.* Grenvillian U-Pb zircon ages of quartz porphyry and rhyolite clasts in a metaconglomerate at Vimsodden, southwestern Spitsbergen // Polar Research. 1995. V. 14. № 3. P. 291–302.

Bamber 1987 – *Bamber J.L.* Internal reflecting horizons in Spitsbergen glaciers // Annals of Glaciology. 1987. V. 9. P. 5–10.

Bamber 1989 – *Bamber J.L.* Ice/bed interface and englacial properties of Svalbard ice masses deduced from radio echo sounding data // Journal of Glaciology. 1989. V. 35. № 119. P. 30–37.

Baranowski 1968 – *Baranowski S.* Tension cracks and ice tunnels in the terminal part of the median

moraine of Werenskioldbreen // Birkenmajer P. (ed.). Vestspitsbergen. Polish Spitsbergen Expeditions 1957–1960. Warszawa, 1968. P. 321–328.

Bingham et al. 2005 – *Bingham R.G., Nienow P.W., Sharp M.J., Boon S.* Subglacial drainage processes at a High Arctic Polythermal valley glacier // Journal of Glaciology. 2005. V. 51. № 172. P. 15–24.

Brattbakk 1981–1985 – *Brattbakk I.* Vegetasjonskarten 1:10 000. Trondheim: Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab, Museet, Botanisk Avdeling, 1981–1985.

Dallmeyer et al. 1990 – *Dallmeyer R.D., Peucat J.J., Hirajima T., Ohta Y.* Tectonothermal chronology within a blueschist-eclogite complex, west-central Spitsbergen, Svabald: Evidence 40Ar/39 Ar and Rb/Sr mineral ages // Lithos. 1990. V. 24. № 4. P. 291–304.

De Geer 1896 – *De Geer G.* Rapport om den svenska geologiska expeditionen till Isfjorden, pá Spetsbergen sommaren 1896 // Ymer. 1896. V. 4. S. 259–266.

De Geer 1899 – *De Geer, G.* Nya bidrag till Spetsbergens geologi // Förhandlingar vid det 15de Skandinaviska naturforskaremötet i Stockholm den 7–12 juli 1898. Stockholm: Skandinaviska naturforskaremöten, 1899. P. 229–231.

De Geer 1900 – *De Geer, G.* Om östra Spetsbergens glaciation under istiden // Geologiska Föreningens I Stockholm Förhandlingar. 1900. V. 22. S. 427–436.

De Geer 1909 – *De Geer, G.* Some leading lines of dislocation in Spitzbergen // Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar. 1909. V. 31. S. 199–208.

Denisenko, Tarasov 1992 – *Denisenko S.G., Tarasov G.A.* Fossil complexes of bivalve mollusc with prevalence of Chlamys islandica from coastal moraines of Treskalen area of the Hornsund fiord (West Spitsbergen) // Polar Session. Arctic Environment Research / Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen. Lublin: UMCS, 1992. P. 295–302.

Elvebakk 1985 – *Elvebakk A.* Higher phytosociological syntaxa on Svalbard and their use in subdivision of the Arctic // Nordic Journal of Botany. 1985. V. 5. № 3. P. 273–284.

Elvebakk 1990 – *Elvebakk A.* A new method for defining biogeographical zones in the Arctic // Arctic research: Advances and Prospects. Proc. of the Conf. of Arctic and Nordic Countries on Coordination of Research in the Arctic. Leningrad, 1988. Part 2: 175–186.

Elvebakk, Prestrund 1996 – *Elvebakk A., Prestrund P.* (eds.) A Catalogue of Svalbard Plants, Fungi, Algae and Cyanobacteria. Oslo / Norsk Polarinstitutt Skifter. V. 198.

Eurola 1968 – *Eurola S.* Über die fjeldheidevegetation in den gebieten von Isfjorden und Hornsund in Westspitzbergen // Aquilo. Series Botanika. 1968. T. 7. P. 1–56.

Eurola 1971 – *Eurola S.* The middle arctic mire vegetation in Spitsbergen // Acta Agralia Fennica. V. 123. P. 87–107.

Eurola, Hakala 1977 – *Eurola S., Hakala A.V.* The bird cliff vegetation of Svalbard // Aquilo. Series Botanica. 1977. T. 15. P. 1–18.

Frisvoll, Elvebakk 1996 – *Frisvoll A.A., Elvebakk A.* Bryophytes // Elvebakk, A. & P. Prestrund (eds.): A Catalogue of Svalbard Plants, Fungi, Algae and Cyanobacteria. Oslo, 1996 / Norsk Polarinstitutt Skifter. V. 198. P. 57–172.

Fuchs 1883 – *Fuchs T.* Über die während der schwedischen geologischen Expedition nach Spitzbergen im Jahre 1882 gesammelten Tertiärconchylien // Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar. 8: 1–11. Uppsala & Stockholm, 1883.

Gee, Tebenkov 1996 – *Gee D.G., Tebenkov A.M.* Two major unconformities beneath the Neoproterozoic Murchisonfjorden Supergroup in the Caledonides of central Nordaustlandet, Svalbard. Polar Research. 1995. V. 15. № 1. P. 67–80.

Gee et al. 1995 – *Gee D.G., Johansson A., Ohta Y., Tebenkov A.M., Krasilshikov A.A., Balashov Yu.A., Larionov A.N., Gannibal L.F., Ryungenen G.I.* Grenvillian basement and a major unconformity within the Caledonides of Nordaustlandet, Svalbard // Precambrian Research. 1995. V. 70. P. 215–234.

Gee et al. 1999 – *Gee D.G., Johansson Å, Larionov A.N & Tebenkov A.M.* A Caledonian granitoid pluton at Djupkilsodden, central Nordaustlandet, Svalbard: age, magnetic signature and tectonic significance // Polarforschung. 1999. Bd. 66. H. 1/2. S. 19–32.

Gjelsvik 1974 – *Gjelsvik T.* A new occurrence of Devonian rocks in Spitsbergen // Norsk Polarinstitut Abrok 1972. Tromsø, 1974. P. 23–28.

Griselin 1981 – *Griselin M.* Une rivière sous-glaciaire au Spitsberg // Revue de géographie alpine. 1981. T. 69. № 4. P. 617–625.

Hadač 1946 – *Hadač E.* The plant-communities of Sassen Quarter, Vestspitsbergen // Studia Botanica Cechica. 1946. V. 7. P. 127–164.

Hadač 1989 – *Hadač E.* Notes on plant communities of Spitsbergen // Folia Geobotanica et Phytotaxonomica. 1989. V. 24. № 2. P. 131–169.

Hagen, Sætrang 1991 – *Hagen J.O., Sætrang A.* Radio-echo soundings of sub-*polar* glaciers with low-frequency radar // Polar Research. V. 9. P. 99–107.

Hagen et al. 1993 – *Hagen J.O., Liestøl O., Roland E., Jørgensen T.* Glacier Atlas of Svalbard and Jan Mayen. *Tromsø*, 1993 / Norsk Polarinstitutt Meddeelelser. № 129.

Hagerman 1925 – *Hagerman T.H.* Results of the Swedish expedition to Spitsbergen in 1924 // Geografiske Annaler. 1925. V. 7. P. 195–221.

Hamilton et al. 1962 – *Hamilton E.I., Harland W.B., Miller J.A.* Isotopic ages from some Spitsbergen rocks // Nature. 1962. V. 195. P. 1191–1192.

Harland 1961 – *Harland W.B.* An outline of the structural history of Spitsbergen // Geology of the Arctic. 1961. V. 1. Toronto: University of Toronto Press / Raasch, G.O. (ed.) P. 68–132.

Harland 1985 – *Harland W.B.* Caledonide Svalbard // The Caledonide Orogen – Scandinavia and relates areas. D.G. Gee, B.A. Sturt (Ed.). Chichester: Whiley, 1985. P. 999–1016.

Harland 1997 – *Harland W.B.* The Geology of Svalbard. Oxford: Alden Press, 1997 / Geological Society Memoirs. 17. 521 pp.

Heer 1870 – *Heer O.* Die Miocene Flora und Fauna Spitzbergens, Mit einem Anhang über die diluvialen Ablagerungen Spitzbergens // Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar. 1870. T. 8. S. 1–98.

Heer 1876 – *Heer O.* Beiträge zur fossilen Flora Spitzbergens. Gegründet auf die Sammlungen der schwedischen Expedition vom Jahre 1872 auf 1973. Mit einen Anhang: Übersich der Geologie des Eisfjordes und des Bellsundes von Prof. A.E. Nordenskiöld. Stockholm: P.A. Norstedt & Söner, 1876 / Bihang till Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar. B. 14. № 5.

Hodkins 1997 – *Hodkins R.* Glacier hydrology in Svalbard, Norwegian High Arctic // Quaternary Science Reviews. V. 16. № 9. P. 957–973.

Hoel 1912 – *Hoel A.* Rapport sur ses traveaux au cours de l'expédition Isachsen au Spitsberg, en 1909–1910 // Skrifter udgivne af Videnskabsselskabet i Kristiania. Seria *Matematisk*-Naturvitenskapelig. B. 15. P. 81–85.

Hoel 1929 – *Hoel A.* The Norwegian Svalbard Expeditions 1906–1926 // Resultates av de Norske Statsunderstøttede Spitsbergenekspedisjoner. № 1. Oslo: Jacob Dybwad. S. 104.

Hofmann 1968 – *Hofmann W.* Geobotanische Untersuchungen in Südost-Spitzbergen 1960. Wiesbaden, 1968 / Ergebnisse der Stauferland-Expedition 1959/60. Heft 8.

Högbom 1913 – *Högbom B.* The coal resources of Spitsbergen // The Coal Resources of the World. International Geological Congress. 12th Session. Toronto: Morgan & Co, 1913. V. 3. P. 1141–1147.

Holmsen 1911 – *Holmsen G.* Beretning om en geologisk ekspedition til Spitsbergen 1909 // Bergens Museum Årbog. 1911. S. 1–76.

Holtedahl 1912 – *Holtedahl O.* Rapport sur ses traveaux au cour de l'expédition Isachsen au Spitsberg, en 1909–1910 // Rapport sur l'expédition Isachsen au Spitsberg 1909–1910 / Ed. G. Isachsen / Skrifter udgivne af Videnskabsselskabet i Kristiania. Seria *Matematisk*-Naturvitenskapelig. B. 14. P. 86–88.

Holtedahl 1914 – *Holtedahl O.* New features in the geology of northwestern Spitzbergen // American Journal of Science. 1914. V. 37. № 221. P. 415–424.

Holtedahl 1920 – *Holtedahl O.* Spitsbergens og Bjørnøens geologi // Naturen. 1920. Årg. 44, 288–307.

Hooke 1984 – *Hooke R. LeB.* On the role of mechanical energy in maintaining subglacial water conduits at atmospheric pressure // Journal of Glaciology. 1984. V 30. № 185. P. 180–187.

Horsfield 1972 – *Horsfield W.* Glaucophane schists of Caledonian age from Spitsbergen // Geological Magazine. 1972. V. 109. № 1. P. 29–36.

Irvine-Fynn et al. 2005 – *Irvine-Fynn T.D.L., Hodson A.J., Kohler J., Porter P.R., Vatne G.* Dye tracing experiments at Midre Lovenbreen, Svalbard: preliminary results and interpretations // Glacier Caves and Glacial Karst in High Mountains and Polar Regions / Ed. B.R. Mavlyudov. Moscow: Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, 2005. P. 36–43.

Johansson et al. 2002 – *Johansson A., Larionov A.N., Tebenkov A.M., Ohta Y., Gee D.G.* Caledonian granites

of western and central Nordaustlandet, northeast Svalbard // Geologiska Föreningens I Stockholm Förhandlingar. 2002. V. 124. P.135-148.

Keilhau 1831 – *Keilhau B.M.* Reise i Østog Vest Finnmarken samt til Beeren-Eiland og Spitsbergen i årene 1827 og 1829. Christiania: Johan Krohn, 1831.

Konstantinova, Potemkin 1996 – *Konstantinova N.A., Potemkin A.D.* Liverworts of the Russian Arctic: an annotated check-list and bibliography // Arctoa. 1996. V. 6. P. 125–150.

Kotlyakov, Macheret 1987 – *Kotlyakov V.M., Macheret Yu.Ya.* Radio echo-sounding of sub-polar glaciers in Svalbard: some problems and results of Soviet studies // Annals of Glaciology. 1987. V. 9. P. 151–159.

Lindberg 1867 – *Lindberg S.O.* Förteckning öfver mossor, insamlade under de svenska expeditionerna till Spitsbergen 1858 och 1861 // Öfversigt af Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar. 1867. 23. S. 535–561.

Macheret et al. 1993 – *Macheret Yu.Ya., Moskalevsky M.Yu., Vasilenko Ye.V.* Velocity of radio waves in glaciers as an indicator of their hydrothermal state, structure and regime // Journal of Glaciology. 1993. V. 39. № 132. P. 373–384.

Macheret, Glazovsky 2000 – *Macheret Yu.Ya., Glazovsky A.F.* Estimation of absolute water content in Spitsbergen glaciers from radar sounding data // Polar Research. 2000. V. 19. № 2. P. 205–216.

Mavlyudov 2005 – *Mavlyudov B.R.* New type of englacial channels // Glacier Caves and Glacial Karst in High Mountains and Polar Regions / Ed. B.R. Mavlyudov. Moscow: Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, 2005. P. 54–60.

Möller 2000 – *Möller I.* Pflanzensoziologische und vegetationsökologische Studien in Nordwestspitzbergen. Stuttgart: Steiner, 2000 / Mitteilungen der Geographischen Geselschaft in Hamburg. Bd. 90.

Murray et al. 2000 – *Murray T., Stuart G.W., Miller P.J., Woodward J., Smith A.M., Porter P.R., and Jiskoot H.* Glacier surge propagation by thermal evolution at the bed // Journal of Geophysical Research. 2000. V. 105. B 6. P. 13491–13507.

Nathorst 1884 – *Nathorst A.G.* Redogörelse för den tilsammans med G. de Geer år 1882 företagna geologiske expeditionen till Spetsbergen. Stockholm, 1884. 78 s. / Bihang till Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar. B. 9. № 2.

Nathorst 1897 – *Nathorst A.G.* Nachträgliche Bemerkungen über die mezozoische Flora Spitzbergens // Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Arsbok. 1897. 54. S. 383–387.

Nathorst 1910 – *Nathorst A.G.* Beiträge zur Geologie der Bäreninsel, Spitzbergens und des König-Karl-Landes // Bulletin Geologiska Institutionen Universitetet I Uppsala. 1910. B. 10. S. 261–416.

Nordenskiöld 1863 – *Nordenskiöld A.E.* Geografisk och geognostisk beskrifning öfver nordöstra delarna af Spetsbergen och Hinlopen Strait. Stockholm, 1863 / Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar. 1863. B. 4. № 7.

Nordenskiöld 1866 – *Nordenskiöld A.E.* Utkast till Spetsbergens geologi. Stockholm, 1866. 32 s.

Nye 1976 – *Nye J.F.* Water flow in glaciers: jökulhlaups, tunnels and veins // Journal of Glaciology. 1976. V. 17. № 76. P. 181–207.

Ohta et al. 1989 – *Ohta Y., Dallmeyer R. D., Peucat J.J.* Caledonian terranes in Svalbard // Terranes in the Circum-Atlantic Paleozoic orogens. Geological Society of America. Special paper 230. P. 1–15.

Ohta et al. 2002 – *Ohta Y., Larionov A.N., Tebenkov A.M., Lepvrier C., Maluski H., Lange M., Hellebrandt B.* Single-zircon Pb-evaporation and 40 Ar/39 Ar dating of the metamorphic and granitic rocks in north-west Spitsbergen // Polar Research. 2002. V. 21. № 1. P. 73–89.

Osokin et al. 2000 – *Osokin N.I., Samoylov R.S., Sosnovskiy A.V., Sokratov S.A., Zhidkov V.A.* Model of the snow cover influence on soil freezing // Annals of Glaciology, 2000. V. 31. P. 417–421.

Pattersson 2004 – *Pattersson R.* Thesis in Geography with emphasis on Physical Geography. 2004. № 31. Stockholm University, Stockholm.

Peucat et al. 1989 – *Peucat J.J., Ohta Y., Gee D.G., Bernard-Griffiths J.* U-Pb, Sr and Nd evidence for Grenvillian and latest Proterozoic tectonothermal activity in the Spitsbergen Caledonides, Arctic Ocean // Lithos. 1989. V. 22. № 4. P. 275–285.

Pulina 1984 – *Pulina M.* Glacierkarst phenomena in Spitsbergen // Norsk Geografisk Tidsskrift: Norwegian Journal of Geography. 1984. V. 38. № 3–4. P. 163–168.

Röthlisberger 1972 – *Röthlisberger H.* Water pressure in intra- and subglacial channels // Journal of Glaciology. 1972. V. 11. № 62. P. 177–203.

Santesson et al. 2004 – *Santesson R., Moberg R., Nordin A., Tonsberg T., Vitikainen O.* Lichen-forming and lichenicolous fungi of Fennoscandia. Uppsala: Uppsala University, 2004.

Schuster 1988 – *Schuster R.M.* The Hepaticae of South Greenland. Berlin: J.Cramer, 1988 / Beiheft zur Nova Hedwigia. H. 92.

Schuster, Damsholt 1974 – *Schuster R.M., Damsholt K.* The Hepaticae of West Greenland from ca. 66°N to 72°N // Meddelelser om Grønland. 1974. V. 199. № 1. P. 1–374.

Sculberg 1996 – *Sculberg O.M.* Part. 9. Terrestial and limnicalgal and cyanobacteria // *Elvebakk A., Prestrund P.* (eds.) A Catalogue of Svalbard Plants, Fungi, Algae and Cyanobacteria. Oslo / Norsk Polarinstitutt Skifter. V. 198. P. 383–395.

Smulikowski 1968 – *Smulikowski W.* Some petrological and structural observations in the Hecla Hoek Succession between Werenskioldbreen and Torellbreen, Vestspitsbergen // Studia Geologica Polonica. 1968. V. 21. № 6. P. 97–161.

Tebenkov et al. 1996 – *Tebenkov A.M., Ohta Y., Balashov Yu.A., Sirotkin A.N.* Newtontoppen granitoid rocks, their geology, chemistry and Rb-Sr age // Polar Research. 1996. V. 15. № 1. P. 67–80.

Tebenkov et al. 1999a – *Tebenkov A., Sandelin S., Gee D.G.* Relationships between Grenville-age basement, Neoproterozoic cover, migmatization and Caledonian orogeny in central Nordaustlandet, Svalbard // European Union of Geosciences X; Journal of Conference Abstracts. V. 4. Strasbourg. 1999. P. 595.

Tebenkov et al. 1999b – *Tebenkov A.M., Sirotkin A.N., Khajlov V.V., Sharin V.V.* Mineral occurrences of Spitsbergen // Mineral deposits: generation, prospecting, resources. International conference, St.-Petersburg, Russia, 5–8.06.1999. SPb., 1999. P. 37.

Thannheiser 1976 – *Thannheiser D.* Ufer- und Sumpfvegetation auf dem westlichen kanadischen Arktis-Archipel und Spitzbergen // Polarforschung. 1976. Bd. 46. Heft 2. S. 71–82.

Thannheiser 1992 – *Thannheiser D.* Vegetationskartierungen auf der Germaniahalvöya // Stuttgarter Geographische Studien. 1992. Bd. 117. S. 141–160.

Thannheiser 1994 – *Thannheiser D.* Vegetationsgeographisch-synsoziologische Untersuchungen am Liefdefjord (NW-Spitzbergen) // *Zeitschrift* für Geomorphologie. Supplementband 97. 1994. S. 205–214.

Thannheiser, Möller 1994 – *Thannheiser D., Möller I.* Frostbodenformen im inneren Woodfjord, NW-Spitzbergen // Zeitschrift für Geomorphologie. Supplementband 97. 1994. S. 195–203.

Thannheiser, Wűthrich 1999 – *Thannheiser D., Wűthrich C.* Flora und Vegetation am St. Jonsfjord (Spitzbergen) unter besonderer Berücksichtigung der ornithogenen Tundra // Norden. 1999. Bd. 13. S. 291–301.

Thannheiser et al. 1998 – *Thannheiser D., Möller I., Wűthrich C.* Eine Fallstudie über die Vegetationsverhältnisse, den Kohlenstoffhaushalt und mögliche Auswirkungen klimatischer Veränderungen in Westspitzbergen // Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie. 1998. Bd. 28. S. 475–484.

Tishkov 1985 – *Tishkov A.A.* Primary succession in arctic tundra of the west coast of Svalbard // Polar Geography and Geology. 1985. V. 10. № 2. P. 148–157.

Vatne 1997 – *Vatne G.* Glacial Hydrology of the Polythermal Glaciers Erikbreen and Hannabreen, Liefdefjorden, Northern Spitsbergen, Svalbard / Dr. scient. thesis. Oslo: University of Oslo, 1997.

Virtanen, Eurola 1997 – *Virtanen R., Eurola S.* Middle oroarctic vegetation of Finland and middle-northern arctic vegetation of Svalbard // Acta Phytogeographica Suecica. 1997. V. 82. P. 1–60.

Walton 1922 – *Walton J.* A Spitzbergen salt marsh: With observations on the ecological phenomena attendant on the emergence of land from the sea // Journal of Ecology. 1922. V. 10. P. 109–121.

Раздел III

РОССИЙСКИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН

Введение

Архипелаг Шпицберген. Суровый край застывших в ледяном безмолвии гор, хранящий уникальные загадки природы. Острова архипелага представляют исключительный интерес для исследователей. Масса нерешенных проблем, привлекательных для геологов, географов, археологов, гляциологов, медиков, ботаников, стали причиной непрестанного внимания ученых разных стран. Есть, однако, еще одно удивительное свойство архипелага. Как в фантастическом романе, здесь открыто окно в космос. Благодаря своему географическому положению Шпицберген позволяет в буквальном смысле заглянуть в межпланетное пространство, потому архипелаг так важен и интересен для геофизиков.

Наша планета в своем движении вокруг Солнца обтекается сверхзвуковым потоком плазмы, расширяющейся солнечной короной, иначе – солнечным ветром. Солнечный ветер несет магнитное поле, родившееся на Солнце, сталкиваясь с геомагнитным полем, ветер формирует магнитосферу, которая по форме напоминает комету. Магнитосфера невидима, но надежно защищает планету от прямых вторжений заряженных частиц. На обращенной к Солнцу стороне Земли существуют две области, на севере и на юге, где силовые линии магнитного поля образуют так называемые каспы, воронки, почти открытые для прямого проникновения частиц космической плазмы в верхние слои атмосферы. Изменение параметров солнечного ветра вызывает «дыхание» магнитосферы. После сильных вспышек на Солнце, когда давление и скорость солнечного ветра значительно возрастают, на Земле могут развиваться известные всем магнитные бури. В любом случае, области каспов первыми реагируют на возмущения солнечного ветра.

Экватореальнее каспов на дневной стороне силовые линии геомагнитного поля замкнуты, полярнее каспов – далеко вытянуты в антисолнечном направлении и формируют хвост магнитосферы. Изменение топологии поля и формирует воронки – каспы.

Располагаются каспы в спокойное время примерно на 83–84° геомагнитной широты, в периоды сильных бурь каспы смещаются к экватору, до 61°.

Различные области магнитосферы содержат различные популяции заряженных частиц, по границам так называемых характерных зон текут токи, поддерживающие всю систему в динамическом равновесии. Вблизи каспа на дневной стороне собраны проекции различных областей магнитосферы, от зоны захваченной радиации до полярной шапки. Здесь же «перехлестываются» зоны продольных токов, располагаются вершины вихрей магнитосферной конвекции, структура электромагнитных полей чрезвычайно чувствительна к условиям в солнечном ветре. Здесь, в области каспа, видимо, скрыт ключ к решению одной из основных задач физики солнечно-земного взаимодействия: как происходит передача энергии и импульса плазмы от солнечного ветра в магнитосферу? Помочь с поиском ответа может изучение поведения границ плазменных областей, то есть наблюдения в области каспа, а именно на архипелаге Шпицберген. Поскольку магнитный полюс смещен относительно географического, при суточном вращении Земли обсерватория, расположенная на архипелаге, пройдет через проекции различных областей магнитосферы. Каждый день

наблюдений может принести новую информацию о космических процессах.

Ускоренные плазменными возмущениями заряженные частицы вдоль силовых линий магнитного поля достигают верхних слоев атмосферы, вызывая феерические картины полярных сияний, или авроры. Наблюдая за движением сияний можно определить параметры плазменных процессов в магнитосфере, спектральный состав свечения позволяет оценить энергию частиц и состав верхней атмосферы. И для оптических наблюдений Шпицберген является оптимальной точкой – в зимний период область каспа находится в тени, оптические наблюдения здесь можно проводить круглые сутки.

Любознательность и необходимость решать практические задачи исследования ближнего космоса привели к тому, что на архипелаге Шпицберген работает более тридцати геофизических групп из различных научных центров. Здесь размещены самые современные радары для исследования ионосферы, работает установка для КВ-нагрева ионосферной плазмы, ведутся непрерывные наблюдения за состоянием магнитного поля, свечением неба, вариациями волновых полей, научные спутники проводят измерения параметров электромагнитных полей и потоков заряженных частиц в области каспа и полярной шапки.

Получить существенно новую информацию о взаимодействии в системе солнечный ветер – магнитосфера – ионосфера земли можно только при комплексном подходе к исследованиям, причем важными являются как специальные эксперименты, так и фоновые, рутинные наземные наблюдения в постоянном режиме.

Сотрудники Полярного геофизического института внесли немалый вклад в организацию геофизического мониторинга в Арктической зоне в рамках международного сотрудничества в Баренцрегионе, в работах по программам Международного полярного года, других международных программах научных исследований.

Исследования, проводимые российскими учеными в Арктике, изучение и освоение высоких широт, морские экспедиции, дрейф «Челюскина», первые полярные авиарейсы – все это часть истории нашей страны. Значительных успехов добились сотрудники Главного управления гидрометеорологической службы, Севморпути, зимовщики дрейфующих станций «Северный полюс». В геофизических и иных работах на архипелаге Шпицберген участвовали многие видные ученые-полярники. Мы не беремся с исчерпывающей полнотой описать все детали экспедиционных работ, проведенных на архипелаге. В этом разделе мы постарались рассказать в основном о том, что и как было сделано учеными Полярного геофизического института в исследованиях на архипелаге Шпицберген.

В подготовке данного раздела приняли участие сотрудники Полярного геофизического института КНЦ РАН С.А. Черноус (глава 1), Л.С. Евлашин (главы 1, 2), Г.В. Старков (главы 1, 2), В.Г. Воробьев (глава 3), В.Е. Иванов (главы 3, 4), Е.Д. Терещенко (глава 4), Я.А. Сахаров (введение, глава 4).

Глава 1

Значение первых комплексных оптических исследований полярных сияний на Шпицбергене Русской экспедицией в 1899–1900 годах

Настоящий раздел представляет собой исследование наблюдений полярных сияний, которые были проведены русской частью Русско-шведской экспедиции на Шпицбергене в 1899–1900 годах. Несмотря на то, что главной целью экспедиции, имевшей важное мировое значение, было измерение дуги меридиана, решение сопутствующей задачи – изучения природы полярных сияний, как оказалось, также внесло весомый вклад в мировую науку. В главе описываются как физические аспекты изучения природы сияний, так и организационные и технические вопросы, которые пришлось решать участникам экспедиции. Широко представлены первичные материалы различных видов оптических наблюдений полярных сияний, от визуальных до спектральных измерений лучшими по тем временам физическими приборами. Это была первая в мире систематическая фотосъемка сияний в Арктике, а по хорошо документированным спектральным измерениям были обнаружены ранее неизвестные эмиссии полярных сияний. В статье изложена биография участника экспедиции астронома И.И. Сикоры, чье имя, несомненно, должно быть в ряду имен ведущих исследователей этого явления в мировой науке. В качестве первичных данных широко используются материалы Санкт-Петербургского филиала Архива РАН (ПФА РАН).

Русско-шведская экспедиция по измерению дуги меридиана на Шпицбергене является одной из ярких страниц мировых геофизических исследований [Уракберг 2001] и была оценена в России на самом высоком уровне, вплоть до того что участникам экспедиции вручались специальные награды (*рис. 1*). Наше исследование содержит современный анализ материалов наблюдений полярных сияний, проведенных российским отрядом Русско-шведской экспедиции в 1899–1900 годах на Шпицбергене. Если результатам достижения основной цели экспедиции – измерению дуги меридиана – было посвящено значительное число работ, то выполнение одной из сопутствующих задач – изучения природы полярных сияний – осталось вне поля зрения ученых.

Изучение полярных сияний тесно связано как с проникновением человека в Арктику, так и с развитием новых оптических методов регистрации оптических изображений и спектров. В данной работе имеет смысл остановиться на трех ключевых аспектах исследования полярных сияний – это статистические исследования вероятности их обнаружения, фотографирование различных форм сияний и регистрация их оптического спектра.

Открытие авроральной зоны (пояса максимальной статистической вероятности наблюдений полярных сияний над полярной областью нашей

Рис. 1. Нагрудный знак участника Русско-шведской научной академической экспедиции 1899–1901 гг. по градусному изменению на островах Шпицбергена

1902. Металл, эмаль. 3 × 5 см. Музей-архив истории изучения и освоения Европейского Севера ЦГП КНЦ РАН. ОФ 168

На значке изображена карта архипелага Шпицберген, на оправе – вензель с инициалами и короной императора Николая II. Внизу на ленте – даты проведения экспедиции: 1899–1901

планеты обычно связывают с именами Ханстена [Sandholt et al. 2002; Hansteen 1827], Мунке [Muncke 1837], Лумиса [Loomis 1860], Фритца [Fritz 1874]. Имена Фельдштейна, Хорошевой и Старкова [Хорошева 1962; Фельдштейн, 1963; Feldstein, Starkov 1967] связаны с открытием аврорального овала (мгновенной картины распределения полярных сияний над полярной областью Земли) Фельдштейна-Старкова, или кольца Хорошевой.

До этих открытий существовало большое число разнообразных наблюдений полярных сияний, упоминания о которых можно найти в обзорных работах [Чемберлен 1963; Акасофу 1971; Brekke, Egeland 1979; Akasofu 1979; Eather 1980]. На основе некоторых из этих данных можно было построить авроральную зону (авроральный пояс), и были попытки доказать, что концепция асимметричного относительно полюса аврорального овала также могла быть сформулирована ранее. Например, шведский физик, нобелевский лауреат Х. Альфвен [Alfven, 1967] первым обратил внимание на то, что положение аврорального овала могло бы быть получено на основе длительных визуальных наблюдений, проведенных на Шпицбергене в период первого Международного полярного года в 1882–1883 годах [Carlheim-Gyllensköld 1886], однако этих данных было недостаточно, чтобы доказать непрерывность и вывести пространственно-временные особенности овала. Пересмотр дневниковых записей наблюдений полярных сияний на Шпицбергене, сделанных в 1899–1900 годах, с точки зрения современных представлений об авроральном овале и их статистическая обработка показали [Chernouss et al, 2005], что по этим данным вполне возможно реконструировать асимметрию и непрерывность, характерные для аврорального овала.

История фотосъемки полярных сияний начиналась с первых фотографий, полученных Тромхольтом в Христиании (сейчас Осло) [Tromholt 1885], но он нигде эти фотографии не публиковал. Эти первые фотографии были сделаны с экспозицией около 8 минут. Первые опубликованные фотоизображения полярных сияний были получены Мартином Бренделем, который работал в экспедиции Башина в Боссекопе (Северная Норвегия) в 1891–1892 годах [Baschin 1900; Schroder 2004]. Предположительно Биркеланд получил фотографии полярных сияний во время работы экспедиции в Хаддле (Северная Норвегия) в 1899–1900 годах [Brekke, Egeland 1979], но эти снимки тоже нигде не публиковались. В массовом масштабе фотографирование полярных сияний впервые произведено участниками Шведско-русской экспедиции на Шпибергене: Сикорой в Константиновке (1899 год) и Вестманом в бухте Треуренберг (1900 год) [Chernouss et al. 2005; Chernouss, Sandahl 2008]. Спустя несколько лет фотосъемка полярных сияний (авроральная фотография) стала одним из основных методов исследования этого явления. Проводились многочисленные исследования пространственно-временного развития полярных сияний, наиболее значительными из которых явились исследования на сети арктических и антарктических станций с помощью автоматических камер полного обзора в период Международного геофизического года (1957–1959). В конце XX века фотографию ста-

ли вытеснять телевизионные методы регистрации слабых свечений, а в последнее время – их цифровая регистрация с помощью приборов зарядовой связи (ПЗС матриц), позволяющая достигать более высокой чувствительности и, как следствие, высокого временного разрешения. Тем не менее все эти методы являются не чем иным, как фиксацией изображений полярных сияний различными способами, а авроральная фотография в ряде случаев используется и в настоящее время.

Пионером спектральных исследований полярных сияний считается шведский физик Ангстрём, который провел первые наблюдения основных авроральных эмиссий в зеленой, синей и красной областях спектра с помощью визуального прибора – спектроскопа в Упсале на юге Швеции [Ångström 1869]. В его работах был установлен тот факт, что физическая природа сияний связана с собственным излучением атмосферных газов, а не с отраженным или рассеянным светом макроскопических частиц атмосферы. Однако работы Ангстрёма основывались на визуальных отсчетах микрометрического винта спектроскопа без документирования самих изображений спектров.

Приоритет получения первого зафиксированного изображения спектра полярных сияний принадлежит Пикерингу и Кингу, которым, по их утверждению, удалось сфотографировать спектр во время ярких сияний в обсерватории Гарвардского колледжа в низких широтах (фотография в статье не приведена) [Pickering 1898]. В частности, они сумели зарегистрировать несколько спектральных линий в коротковолновой части фиолетовой области спектра, которую трудно наблюдать невооруженным глазом, но которая видна на фотопластинке. Мы не смогли найти никаких других опубликованных данных по фотографическим спектральным наблюдениям полярных сияний до конца XIX века, если не считать данные Вестмана и Паулсена, которые были получены в 1900 году [Paulsen 1900; Westman 1904]. Представленные фотографии спектров, полученных этими авторами, содержали лишь основные эмиссии сияний, хотя и Вестман и Паулсен сообщали о выявленных с помощью анализа фотопластинок под микроскопом других, более слабых эмиссий. К сожалению, мировое научное сообщество не обратило должного внимания на исследования изображений и спектров полярных сияний (*рис. 2*), которые были опубликованы российскими астрономами на французском [Sykora 1901a; Sykora 1903] и немецком [Sykora 1901b] языках, хотя на близкие по времени публикации Паулсена и Вестмана [Paulsen 1900; Westman 1904] можно найти ссылки в ряде обзоров [Chree 1911; Eather 1980; Чемберлен 1963]. Частично этот пробел (информация о работах Сикоры на Шпицбергене) был восполнен советскими учеными [Хвостиков 1948], но к концу XX века эти работы были напрочь забыты. Вновь вернуться к ним удалось только в наше время [Chernouss et al. 2005].

Русско-шведская экспедиция на Шпицбергене в 1899–1900 годах

Объединенная Русско-шведская экспедиция была организована с главной целью – измерить дугу меридиана вблизи географического полюса. Выполнение этой задачи позволяло более точно определить фигуру Земли как геоида, что являлось важным фундаментальным исследованием проверки гипотезы сфероида Ньютона-Гюйгенса и имело прикладное значение для целей навигации и мореплавания [Васильев 1915; Ефимов 1958; Уракберг 2001]. После официального научного представления проекта Императорской Академией наук и Королевской шведской академией наук он был поднят на высокий уровень двустороннего сотрудничества. В переговорах участвовали представители королевской фамилии Швеции и русской императорской семьи, а предприятие финансировалось обоими государствами. По высочайшему повелению императора в России была создана межведомственная комиссия по градусному измерению дуги меридиана, которая вошла в специальную шведско-русскую комиссию. Ее возглавили кронпринц Густав (впоследствии – король Швеции Густав V) и двоюродный брат царя Николая II великий князь Константин, бывший в ту пору президентом Императорской Академии наук. Удивительно, насколько серьезным было в то время отношение монархов к приоритетным фундаментальным исследованиям! Кроме того, Русско-шведская экспедиция явилась примером первого двустороннего крупномасштабного

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.

MÉMOIRES

DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.

VIIIe SÉRIE.

ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ. | CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.

Томъ XI. № 9. | **Volume XI. № 9.**

АКАДЕМИЯ НАУК СССР БИБЛИОТЕКА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

OBSERVATIONS SUR L'AURORE BORÉALE EFFECTUÉES PENDANT L'HIVERNAGE 1899/1900 DE L'EXPÉDITION RUSSE A KONSTANTINOVKA, SPITZBERG.

I.

SUR LA PHOTOGRAPHIE DU SPECTRE DE L'AURORE BORÉALE

PAR

J. Sykora.

AVEC 1 PLANCHE.

(Présenté le 11 avril 1901.)

С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1901. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской Академіи Наукъ:

И. Н. Глазунова, М. Эггерса и Комп. и **К. Л. Риккера** въ С.-Петербургѣ,
Н. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ и Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Клюкина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фосъ (Г. Гэссель) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des Sciences:

J. Glasounof, M. Eggers & Cie. et **C. Ricker** à St.-Pétersbourg,
N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et Vilna,
N. Oglobline à St.-Pétersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopof à Odessa,
N. Kymmel à Riga,
Voss' Sortiment (G. Haessel) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цѣна: 60 коп. — Prix: 1 Mrk. 50 Pf.

Рис. 2. Копия обложки одной из публикаций Сикоры в журнале «Записки Императорской Академии наук» за 1903 год

Рис. 3. Портрет И.И. Сикоры

комплексного проекта, когда-либо реализованного в Арктике. Благодаря инициативе Императорской Академии наук было принято решение о том, чтобы экспедиция провела исследования более широкие, чем измерения дуги меридиана, поскольку сам факт отправки на Шпицберген крупной экспедиции в те времена по сложности организации и количеству необходимых усилий, пожалуй, был сопоставим с полетами в космос в XX веке. В программу дополнительных исследований входили геологические, картографические, геомагнитные, метеорологические измерения, а одной из научных задач русской части экспедиции стало изучение природы полярных сияний. С этой целью в состав отряда Пулковской обсерватории экспедиции был приглашен молодой ученый-астроном Осип (Иосиф) Сикора, выпускник Харьковского университета (*рис. 3*).

Иосиф (Осип) Сикора родился в 1874 году в Харькове в чешской семье, эмигрировавшей в Россию из Австро-Венгрии. Украина, тогда входившая в состав Российской империи, стала для него родиной. Сикора прошел курс обучения в Харьковской гимназии, после чего в 1882 году поступил на физико-математический факультет Харьковского университета по специальности «астрономия». После окончания университета с красным дипломом он был оставлен для работы на кафедре астрономии. Его первыми работами, отмеченными Русским астрономическим обществом, были исследования солнечных протуберанцев и солнечного затмения по измерениям в Северной Финляндии. В начальный период деятельности ему довелось работать в астрономических обсерваториях Харькова, Москвы, Юрьева (сейчас Тарту, Эстония) и в Пулково. В 1898 году настойчивые просьбы Сикоры о включении его в состав Русско-шведской экспедиции по измерению дуги меридиана на Шпицбергене увенчались успехом. Он стал одним из ведущих ученых экспедиции; в период с сентября по март проводил наблюдения полярных сияний и метеорологические измерения, а в летний период осуществлял полевые геодезические работы в рамках основной программы экспедиции. Каталог авроральных наблюдений на Шпицбергене, включающий спектральные и фотографические измерения, был опубликован им в итальянских, немецких и русских журналах. Сикора впервые осуществил систематическую фотосъемку полярных сияний в Арктике, открыл и документировал ранее неизвестные авроральные эмиссии в ультрафиолетовой области спектра. После арктической экспедиции Сикора некоторое время проработал в Юрьеве, занимаясь обработкой полученных экспедиционных материалов, а затем поступил на работу в Ташкентскую обсерваторию в (сейчас Узбекистан), где в 1906 году занял должность главного астрофизика. Основным направлением его работ стало экспериментальное изучение комет и метеоров, но были продолжены и исследования полярных сияний по данным метеорологических наблюдений на станциях Кольского полуострова. Сикора создал одну из первых специализированных установок для фотографирования метеорных следов и комет и производил их фотосъемку в 1907, 1908 и 1910 годах. Он также занимался измерением координат звезд и исследовал зависимость точности этих измерений от атмосферных условий. Сделанные Сикорой фотографии кометы Галлея при ее прохождении вблизи Солнца были признаны одними из лучших в мире. В этот период ему удалось улучшить

Рис. 4. Научные сотрудники и командный состав судна «Бакан» на Шпицбергене

конструкцию сейсмографа Ташкентской обсерватории, и он принял участие в восстановлении обсерватории Улугбека в Самарканде.

В 1911 году Сикора начал преподавательскую деятельность в качестве профессора и инспектора гимназий в Риге (сейчас – столица Латвии). Кроме того, в 1912 году он преподавал в гимназии в Садомери, а в 1913-м – в технической школе в Лодзи (Польша). После этого он занимал должность профессора в Пермском университете и работал в Екатеринбурге и Харькове в геомагнитных обсерваториях. Великую Октябрьскую социалистическую революцию он не принял и после Гражданской войны в 1921 году эмигрировал в Чехословакию. Здесь он получил должность профессора в Пражском международном университете и работал сначала в Стародальской астрономической обсерватории, а затем в астрономической обсерватории в Онджееве. Им было затрачено много усилий на организацию и развитие астрономических наблюдений в Чехословакии, а некоторые его студенты, как, например, астрофизик Стратонов, стали учеными с мировым именем. С 1935 года Сикора был членом Международного астрономического союза. Умер и похоронен И.И. Сикора в Онджееве в 1944 году.

В летний период времени 1899 и 1900 годов Сикора в качестве астронома участвовал в экспериментах по измерению дуги меридиана, работая в одном из двух отрядов по установке сети базисных пунктов, а в период зимовки 1899–1900 годов основной его деятельностью было наблюдение и фотографирование изображений и спектров полярных сияний. На *рис. 4* [ПФА РАН. Ф. 13. Оп. 1. Д. 10. Л. 2] запечатлен командный плавсостав и научные сотрудники экспедиции, прибывшей на Шпицберген на судне «Бакан» (И. Сикора – в нижнем ряду в центре).

Исследователи располагались в западной части Шпицбергена, в Хорнсунне, на берегу бухты Гузбэй (*рис. 5*), где была построена экспедиционная база Константиновка (φ~76,8°, λ~15,4°; Φ′–73,9°, Λ~112°). Ее общий вид, оптический и геофизический павильоны представлены на фото-

графии (*рис. 6*), а работа по настройке обсерваторных приборов запечатлена на *рис. 7*.

Для проведения экспериментального изучения полярных сияний в Европе было закуплено лучшее в мире по тому времени фотографическое и спектральное оптическое оборудование. Этим ответственным делом занимался непосредственно князь Б.Б. Голицын, командированный Академией наук в Германию. Насколько тщательно велась подготовка к этой части экспедиции, можно заключить из приводимых ниже протоколов. Обеспечение экспедиции аппаратурой на уровне мировых стандартов считалось важнейшей государственной задачей. В связи с этим уместно привести выдержки из протокола специальной комиссии по Шпицбергенской экспедиции, сохранившихся в Санкт-Петербургском филиале Архива Российской академии наук [ПФА РАН. Ф. 13. Оп. 1. Д. 37. Л. 61, 61 об., 62, 62 об.] с отчетом князя Голицина о том, как подбиралась оптическая техника для измерений параметров полярных сияний (*рис. 8*, см. стр. 287–290).

В задачи русских ученых входили регистрация и описание полярных сияний, поиск закономерностей в их появлении и нанесение положений сияний на астрономические карты. Следует отметить, что 1899–1900 годы пришлись на минимум одиннадцатилетнего цикла солнечной активности, когда зона полярных сияний сжимается в сторону полярной шапки, где расположен Шпицберген. Результаты российских исследований были частично опубликованы в Записках Российской Императорской Академии наук, причем сделано это было с максимальной оперативностью – через год после проведения наблюдений. Для сравнения напомним, что результаты визуальных наблюдений полярных сияний на Шпицбергене в период первого Международного полярного года были опубликованы лишь через три года.

Аппаратура и методы

Регистрация авроральных изображений и спектров велась с помощью фотокамеры (*рис. 9*) с объективом «Цейсс-Планар» с фокусным расстоянием 110 мм и относительным отверстием 1/3,6. Камера могла механически поворачиваться как в азимутальной, так и в зенитной плоскостях для наблюдения полярных сияний в разных областях небосвода.

Рис. 5. Карта Шпицбергена

В качестве наиболее чувствительного фотографического материала использовались ортохроматические пластины. Недостатком этих пластин была невозможность регистрации свечения в красной области спектра, но другие фотоматериалы в то время еще не были доступны. Экспозиция при съемке сияний варьировалась от 3 до 25 минут. В период с октября 1899 года по февраль 1900 года было получено более 70 негативов полярных сияний.

Спектральные наблюдения полярных сияний производились спектрографом (*рис. 10*), включающем фотокамеру, с помощью которой спектры регистрировались на фотопластинку.

В спектрографе в качестве диспергирующих элементов использовались две призмы, работавшие в видимой области спектра. Ширина входной щели не превышала 0,3 мм. Камерный и коллиматорный объективы имели фокусное расстояние 110 мм и относительное отверстие 1/3,6. Во время работы спектрографа периодически осуществлялась его спектральная градуировка с помощью

внешнего источника спектра. Эталоном служила вакуумная трубка Гесслера, которая излучала эмиссии водорода 486,15 нм, 434,07 нм, 410,18 нм вместе с эмиссией 406,73 нм. Дополнительно для спектральной градуировки использовались эмиссии солнечного спектра 486,15 нм, 430,8 нм, 393,38 нм. Спектральное разрешение прибора позволяло достичь погрешности определения длин волн спектральных линий менее 1 нм. Было получено пять негативов спектров полярных сияний с экспозициями от 4 до 28 часов.

В дополнение к оптическим измерениям ежечасно проводились визуальные наблюдения, в которых наблюдатели фиксировали очертания сияний, их движение, цвет и интенсивность. Отдельные авроральные формы зарисовывались. Сохранились подробные записи о развитии более 1100 авроральных событий, которые вместе с инструментальными наблюдениями позволили охарактеризовать основные особенности наблюдаемого явления.

Данные и результаты

Морфологические особенности сияний

Визуальные наблюдения сияний были проведены астрономами Сикорой и Бейером с 17 сентября 1899 года по 27 марта 1900 года. Сотрудник Пулковской астрономической обсерватории М. Бейер отвечал в экспедиции за метеорологические наблюдения, и появление полярных сияний в поле зрения дежурного наблюдателя фиксировалось каждый час. Была опубликована работа, в которой излагалась методика наблюдений и первичные результаты [Sykora 1903]. Помимо этой публикации, мы использовали в качестве источника журнал наблюдений, а также дневники и письма Сикоры, которые сохранились в Санкт-

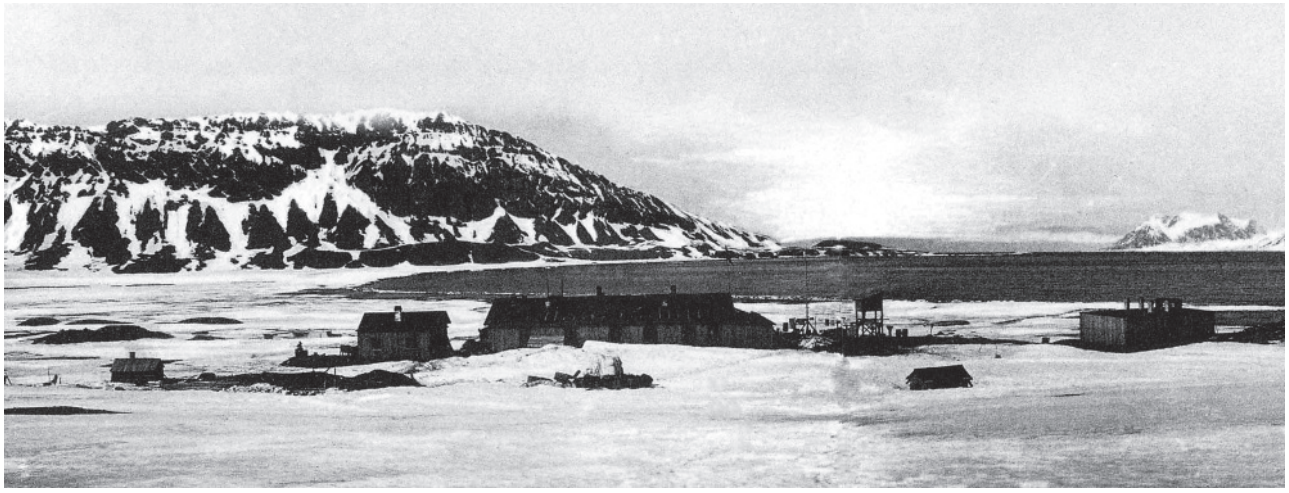


Рис. 6. Общий вид русской научной базы «Константиновка»

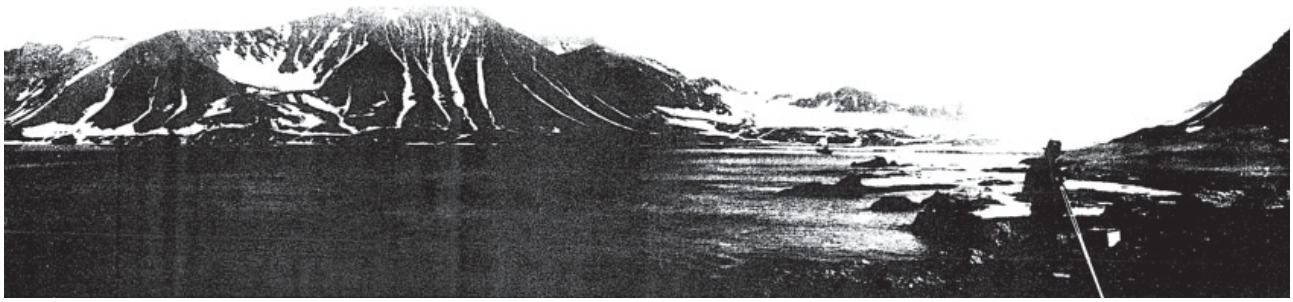


Рис. 7. И.И. Сикора за настройкой фотографической камеры

Протоколъ засѣданія 20-го января 1899 года.

Подъ предсѣдательствомъ Его Императорскаго Высочества Великаго князя Константина Константиновича.

§ 38.

Обсуждался вопросъ о порядкѣ расходованія денежныхъ суммъ назначенныхъ на нужды шпицбергенской экспедиціи.

Рѣшено, что Ѳ. Н. Чернышевъ, взявшій на себя составленіе протоколовъ засѣданій Коммиссіи, будетъ сообщать за своей подписью выписки изъ протоколовъ, касающіяся расходовъ по экспедиціи, и согласно этимъ свѣдѣніямъ Правленіе Академіи будетъ производить уплату, по предъявленнымъ счетамъ, изъ суммъ, ассигнованныхъ на экспедицію.

§ 39.

Доложено письмо г. Министра Путей сообщенія князя Хилкова, адресованное на имя Августѣйшаго Президента Коммиссіи:

„Вслѣдствіе письма, отъ 25 ноября минувшаго года за № 1185, имѣю честь довести до свѣдѣнія Вашего Императорскаго Высочества, что вполнѣ сочувствуя цѣлямъ экспедиціи къ островамъ Шпицбергена, я готовъ предоставить въ распоряженіе названной экспедиціи ледоколъ Либавскаго порта.

„При этомъ, однакоже, считаю своей обязанностью доложить, что помянутый пароходъ, какъ предназначенный главнымъ образомъ для прибрежнаго плаванія, между портами Балтійскаго моря, не обладаетъ въ достаточной степени морскими качествами и по своей сильной валкости едва-ли пригоденъ для океанскаго плаванія. Независимо сего, пароходъ можетъ принять запасъ угля достаточный лишь для семидневнаго плаванія, и имѣющіяся жилыя помѣщенія не велики и не приспособлены для продолжительнаго плаванія.

„Въ виду изложеннаго я позволяю себѣ просить Ваше Императорское Высочество, не признаете ли цѣлесообразнымъ поручить кому либо осмотрѣть названный пароходъ въ Либавѣ, дабы приспособить таковой для предстоящаго плаванія, насколько это окажется возможнымъ.

„Долгомъ считаю довести объ этомъ до свѣдѣнія Вашего Императорскаго Высочества“.

Положено командировать, съ цѣлью осмотра ледокола, въ Либаву доктора А. А. Бунге.

§ 40.

О. А. Баклундъ заявилъ, что имъ получена просьба отъ молодого финляндскаго астронома г. Савандера, предлагающаго свои услуги на лѣто 1899 года для производства на Шпицбергенѣ наблюденій надъ качаніемъ маятника; при этомъ г. Савандеръ проситъ лишь принять его на одно изъ русскихъ судовъ, отправляющихся въ составѣ экспедиціи,

Санктпетербургскій филиал архива РАН
1728
Копирование запрещено

и всѣ расходы по путешествію предполагаетъ покрыть изъ своихъ личныхъ средствъ.

Постановлено зачислить г. Савандера въ персоналъ рекогносцировочной экспедиціи 1899 года.

§ 41.

О. А. Баклундъ заявилъ Коммиссіи, что необходимо обратиться къ Военному Министерству съ просьбой командировать въ распоряженіе экспедиціи, на лѣтніе мѣсяцы 1899 года, двухъ телеграфистовъ для переговоровъ при помощи геліографовъ.

Къ этому капитанъ Сергіевскій добавилъ, что онъ уже переговорилъ съ начальникомъ Военно-электротехнической школы, который не замедлитъ дать благопріятный отвѣтъ, какъ только будетъ имъ полученъ запросъ отъ Военнаго Министра.

Постановлено обратиться съ означенной просьбой къ Военному Министру.

§ 42.

О. А. Баклундъ заявилъ, что въ качествѣ четвертаго геодезиста и спеціалиста по спектральному анализу приглашенъ ассистентъ Императорскаго Харьковскаго университета Сикора, которому желательно назначить содержаніе, согласно утвержденной смѣтѣ, съ 1 января 1899 года. Въ настоящее время г. Сикора уже находится въ Пулковѣ и, наряду съ другими членами экспедиціи, занятъ подготовленіями къ путешествію.

Постановлено начать уплату жалованія г. Сикорѣ съ 1-го января 1899 года.

§ 43.

Докторъ А. А. Бунге обратилъ вниманіе Коммиссіи на необходимость теперь же выяснить вопросъ о числѣ нижнихъ чиновъ, которые будутъ зимовать на Шпицбергенѣ, такъ какъ въ зависимости отъ этого числа ему необходимо теперь же начать заготовку припасовъ.

Послѣ разъясненій, данныхъ гг. Сергіевскимъ и Бунге, число нижнихъ чиновъ ограничено тринадцатью, считая 12 рабочихъ и одного каюра, проводника собакъ.

§ 44.

Ѳ. Н. Чернышевъ заявилъ, что необходимо выдать авансы на мелкіе расходы гг. Сергіевскому и Бунге, въ размѣрѣ около двухъ сотъ рублей каждому.

Постановлено выдать авансы въ указанномъ размѣрѣ.

§ 45.

Князь Б. Б. Голицынъ доложилъ коммиссіи нижеслѣдующій краткій отчетъ о своей поѣздкѣ заграницу:

„12 января я прибылъ на астрономическую обсерваторію въ Potsdam для совѣщанія съ профессорами Vogel'емъ и Scheiner'омъ отно-

сительно изготовленія спектроскопа, спеціально предназначеннаго для наблюденій надъ сѣвернымъ сіяніемъ. Задача моя значительно облегчилась тѣмъ обстоятельствомъ, что подходящій типъ прибора былъ уже выработанъ незадолго до того, въ бытность профессора Гильдебрандсона въ Potsdam'ѣ. Ознакомившись со всѣми деталями проэктированнаго прибора и найдя ихъ вполнѣ цѣлесообразными, несмотря на то, что въ нѣкоторыхъ пунктахъ были допущены отступленія отъ тѣхъ требованій, которыя по мнѣнію извѣстнаго спеціалиста по спектроскопіи, проф. Hasselberg'a въ Стокгольмѣ, слѣдовало-бы предъявить къ подобнаго рода прибору, требованій, изложенныхъ въ письмѣ ко мнѣ отъ 5/17 декабря прошедшаго 1898 года, я рѣшился заказать подобный спектроскопъ механику Töpfer'у въ Potsdam'ѣ за общую сумму въ 1350 марокъ, тому самому механику, который занятъ изготовленіемъ подобныхъ же двухъ приборовъ: одного для шведской экспедиціи на Шпицбергенъ, а другого для датской экспедиціи въ Гренландію.

„Существенныя части проэктированнаго прибора слѣдующія: (см. чертежъ).

„Колиматоръ съ очень свѣтосильнымъ объективомъ: отношеніе діаметра къ фокусному разстоянію $\frac{1}{3,6}$; такая-же труба съ касетой для фотографированія спектра. Другая труба, устанавливающаяся на мѣсто первой, съ другимъ объективомъ (отношеніе $\frac{1}{6,2}$) для визуальныхъ наблюденій; при ней три окуляра съ разными увеличеніями и съ особымъ весьма остроумнымъ приспособленіемъ для полученія тонкой свѣтлой линіи, и притомъ, сообразно обстоятельствамъ, разнаго цвѣта, въ полѣ зрѣнія трубы, взамѣнъ нити; микрометрическій винтъ. Колиматоръ и труба установлены неподвижно. Двѣ призмы: одна Rutherford'a для фотографированія спектра, другая изъ флинта для визуальныхъ наблюденій. Идея воспользоваться кварцевой призмой для фотографированія ультра-фіолетовой части спектра была оставлена, въ виду невозможности изготовленія достаточно свѣтосильныхъ кварцевыхъ чечевицъ. При спектроскопѣ имѣется добавочная, откидная, собирательная чечевица для концентрированія свѣта на щели, *въ случаѣ существованія особо яркаго луча въ сѣверномъ сіяніи*, и особое приспособленіе для установки Гейсслеровой трубки для полученія контрольнаго спектра. При трубѣ имѣются діоптры, визирная линія которыхъ параллельна колиматору, причемъ весь приборъ долженъ быть установленъ на особаго рода подставкѣ, какъ у универсальныхъ приборовъ, позволяющей наводить щель колиматора на любую точку неба. Оптическая часть прибора должна быть пріобрѣтена у Zeiss'a въ Іенѣ. Приборъ долженъ быть изготовленъ къ концу марта новаго стиля, причемъ проф. Scheiner любезнымъ образомъ вызвался присмотрѣть за изготовленіемъ самого прибора и заняться его окончательной вывѣркой.

„Другой вопросъ, который предстояло мнѣ рѣшить въ Potsdam'ѣ, это выборъ подходящей фотографической камеры для непосредственнаго фотографированія самого явленія сѣвернаго сіянія. Вопросъ этотъ представляетъ большія практическія трудности и, на сколько мнѣ извѣстно, только Brendel'ю изъ Göttingen'a удалось получить въ Лапландіи фотографію сѣвернаго сіянія. Въ виду измѣнчивости самого явленія сѣвернаго

ПЕТЕРБУРГСКИЙ ФИЛИАЛ АРХИВА РАН
1728
ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЗАПРЕЩЕНО

сіянія вопросъ сводится къ тому, чтобы имѣть достаточно свѣтосильный фотографическій объективъ. Въ настоящее время Дальмайеръ въ Лондонѣ изготовляетъ объективы, гдѣ отношеніе діаметра къ фокусному разстоянію достигаетъ величины $\frac{1}{1,2}$; но въ виду того, что такіе объективы стоятъ чрезвычайно дорого (нѣсколько тысячъ марокъ) и, какъ состоящіе изъ большого числа отдѣльныхъ стеколъ, неизбѣжно должны поглощать сравнительно много свѣта, я рѣшился, по совѣту проф. Scheiner'a, придержаться вышеупомянутому типу объективовъ Zeiss'a, тому типу, который былъ именно выбранъ для колиматора спектроскопа (отношеніе $\frac{1}{3,6}$). При этомъ выборѣ я руководствовался еще тѣмъ соображеніемъ, что такой объективъ во всякомъ случаѣ будетъ сильнѣе того, которымъ пользовался Brendel при своихъ фотографіяхъ сѣвернаго сіянія. Остановившись на типѣ объектива, я поручилъ механику Töpfer'у въ Potsdam'ѣ составить смѣту очень прочной фотографической камеры, съ четырьмя касетками на пластинки величиной 13 × 18 см. (нѣсколько больше того, что требуется) и съ особымъ штативомъ, позволяющимъ наводить камеру на любую точку неба.

Покончивъ дѣла въ Potsdam'ѣ, я на другой же день выѣхалъ въ Стокгольмъ, куда и прибылъ вечеромъ 14/26 января. На станціи меня встрѣтили баронъ Норденшёльдъ и профессора Гильдебрандсонъ, баронъ Де-Геръ и Едеринъ.

На слѣдующій день 15/27 января члены шведской коммиссіи Гильдебрандсонъ, Едеринъ и Дунеръ, прибывшій утромъ изъ Упсалы собрались вмѣстѣ со мной на частное совѣщаніе по Шпицбергенскому дѣлу. Во время этого засѣданія, продолжавшагося очень долго, происходилъ весьма оживленный обмѣнъ мыслей и выяснилось много детальныхъ обстоятельствъ, которыя для членовъ русской шпицбергенской коммиссіи представляютъ несомнѣнный интересъ.

Для сокращенія изложенія я сгруппировалъ всѣ эти свѣдѣнія въ нѣсколькихъ отдѣльныхъ пунктахъ.

1) Персоналъ шведской экспедиціи.

Начальникъ Jäderin. Онъ вѣроятно будетъ зимовать, такъ какъ другіе геодезисты отказываются отъ зимовки.

Астрономы: Folke Engström, проф. въ Лундѣ; Dr. Robert Larssen изъ Стокгольма.

Ассистенты: Kanditat Rubin, ассистентъ проф. Дунера на обсерваторіи въ Упсалѣ. NB. Rubin зимуетъ. Еще одинъ ассистентъ; не рѣшено пока кто-именно.

Метеорологи: Dr. Westman, приватъ-доцентъ въ Упсалѣ; зимуетъ. Dr. Solander, профессоръ гимназіи; только на лѣтнее время. Ему будетъ поручена магнитная съемка. По отъѣздѣ Solander'a на зиму его мѣсто займетъ Rubin, какъ помощникъ Westman'a.

При производствѣ метеорологическихъ наблюденій будутъ помогать 2 унтеръ-офицера.

Можетъ быть будетъ посланъ въ помощь геодезистамъ еще одинъ ассистентъ.

2) Слѣдуя желанію, высказанному русской коммиссіей (см. § 14 про-

1728
КОПИРОВАНИЕ ЗАПРЕЩЕНО

Рис. 8. Протокол заседания 20 января 1899 года

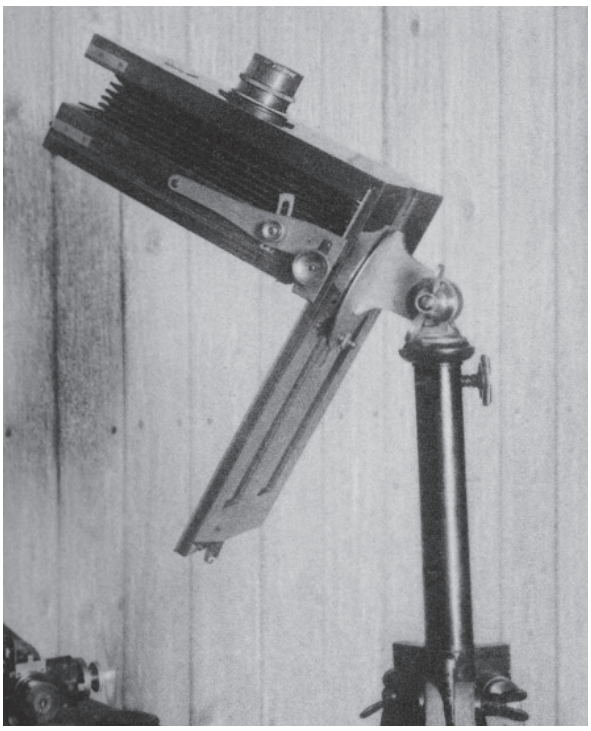


Рис. 9. Фотографическая камера, используемая для фотографирования сияний

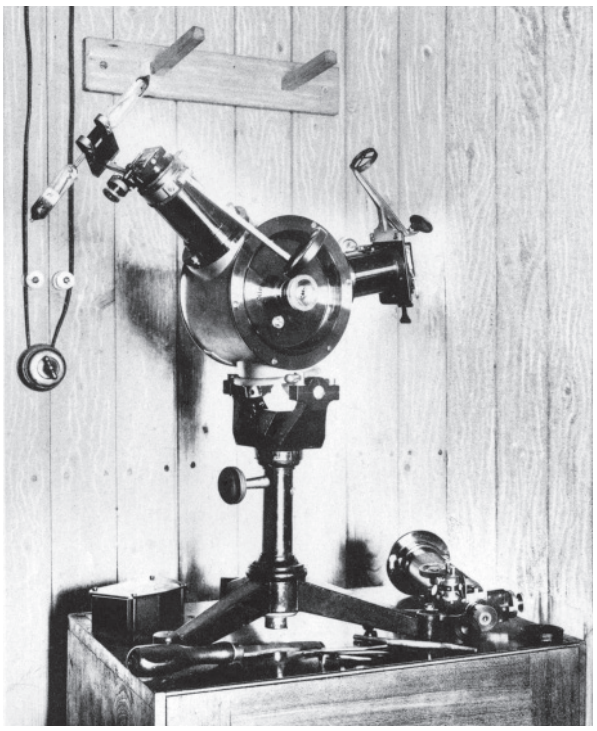


Рис. 10. Спектрограф с источником градуировочного спектра

Петербургском филиале архива РАН [ПФА РАН. Ф. 13. Оп.1. Д 17. Л.74, 74 об., 75]. На *рис. 11* (см. стр. 292–294) воспроизведено собственноручное письмо И. Сикоры от 12 июня 1900 года, в котором говорится о первичных результатах работ, проведенных им на Шпицбергене в 1899–1900 годах.

Ниже излагаются результаты обработки совокупных данных. Сикора указывал положение сияний, их формы, особенности движения, угловые скорости и точное время наблюдений. Им были даны описания пространственного распределения цвета в наиболее интенсивных формах. Было сделано множество зарисовок авроральных форм, некоторые из которых представлены на *рис. 12*.

Было проанализировано около 70 фотографий полярных сияний. Сикора использовал введенную им шкалу для обозначения интенсивности сияний в баллах: 1 – очень яркие сияния; 2 – интенсивные сияния; 3 – сияния средней интенсивности; 4 – слабые сияния; 5 – субвизуальные сияния. Будучи профессиональным астрономом, он сравнивал интенсивность сияний с интенсивностью объектов звездного неба, включая луну в различных фазах и свечение атмосферы. Некоторые наблюдения, фотографии и зарисовки сияний отчетливо демонстрируют особенности вариаций их форм и движения, которые в настоящее время рассматриваются как типичные атрибуты авроральной суббури [Акасофу 1971]. Примеры этих фотографий и рисунков приведены на *рис. 12 и 13*.

Сикора пронаблюдал и отметил большинство известных авроральных форм, таких как диффузные и лучистые дуги, диффузное свечение и пульсирующие пятна, петли, вихри и складки и многие другие, описанные в ряде работ [Stormer 1955; Чемберлен 1963; Акасофу 1971; Deehr, Egeland 1972; Davis 1978]. Более того, он обратил внимание на авроральные дуги, направленность которых не была обычной (с запада на восток), а соответствовала направлению север–юг. Это были дуги с малой интенсивностью, и их ориентация совпала с ориентацией дуг полярной шапки, которые могут наблюдаться на широтах Шпицбергена [Sandholt et al. 2002]. Этот тип сияний был

Свѣдѣнія о зимнихъ и весеннихъ работахъ произведенныхъ мною на Шпицбергенѣ въ 1899-1900 г.

Зимою съ 17 Сентября по 27 Марта наблюдались сѣверныя сіянія; въ журналѣ наблюденій имѣются записи формъ, яркости и мѣстоположенія сіяній. Спектрографомъ получено нѣсколько негативовъ спектра сіянія, на основаніи которыхъ можно сказать, что спектръ сіянія состоитъ изъ 3-хъ характерныхъ яркихъ линій: изъ яркой зеленой линіи, линіи около фраунгоферовой линіи G и линіи за кальціевыми линіями H-K, затѣмъ изъ слабыхъ

© Санкт-Петербургский филиал архива РАН 1728 Копирование запрещено

нiи и многихъ очень слабыхъ.
Фотографическiй апаратъ, предна-
значенный для фотографированiя
сѣверныхъ сiянiй далъ около 70
снимковъ сiянiй, изъ нихъ по моему
около 40 негативовъ хорошихъ;
на нѣкоторыхъ снимкахъ видно
строенiе сiянiй. Поляризацiоннымъ
фотометромъ яркость сiянiй опредѣлить
оказалось невозможно: безъ молочнаго
стекла на коллиматорѣ слабое освѣщенiе
было замѣтно, но поляризацiонныхъ
полосъ разобрать было невозможно
Во время рекогносцировки пути
на Kelhaus, а также во время
подъема на гору Kelhaus сдѣлано
болѣе сотни снимковъ большимъ
фот. апаратомъ, предназначеннымъ
для фотограмметрическихъ цѣлей,

© САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ФИЛИАЛ АРХИВА РАН 1728 КОПИРОВАНИЕ ЗАПРЕЩЕНО

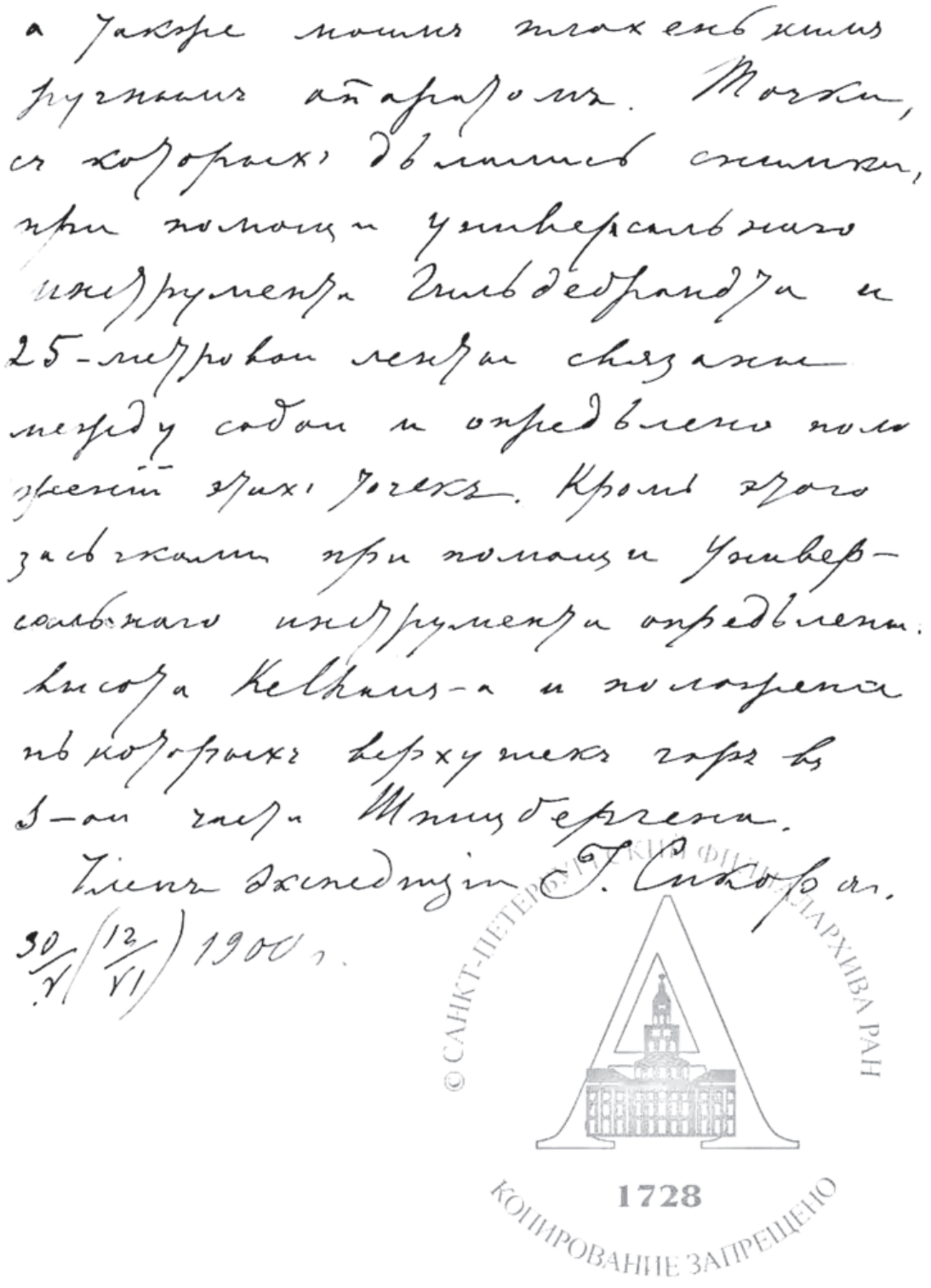


Рис. 11. Собственноручно написанный предварительный отчет Сикоры о наблюдениях полярных сияний

описан для случаев 2 декабря 1899 года в ~01 LMT, 5 февраля 1900 года в ~02 LMT и 28 февраля в ~03 LMT. В настоящее время такие сияния привлекают широкое внимание ученых и именуются «тета-аврора». Фотография сияний со спутника «Дайнэмик эксплорер» демонстрирует место этого типа сияний внутри аврорального овала (*рис. 14*).

Так называемые «черные сияния» [Надубович, Старков 1962; Davis 1978, Kornilova et al. 1982], состоящие из структурированных темных форм внутри крупномасштабных диффузных образований, также были отмечены астрономом. Серьезно их стали изучать не так давно (*рис. 15*). В записи от 2 декабря 1899 года Сикора писал: «Диффузная дуга на юге, ее интенсивность 3 балла. Можно видеть черные структуры внутри дуги, но природа этих структур неясна. Детальные наблюдения показывают, что облачность не может быть причиной этих темных областей. Подобные явления наблюдались и ранее».

Статистика авроральных наблюдений и авроральный овал

В работе [Chernouss et al. 2005] была сделана реконструкция суточной вариации наблюдения полярных сияний и их положения на основе визуальных и фотографических данных экспедиции. Было практически невозможно рассчитать

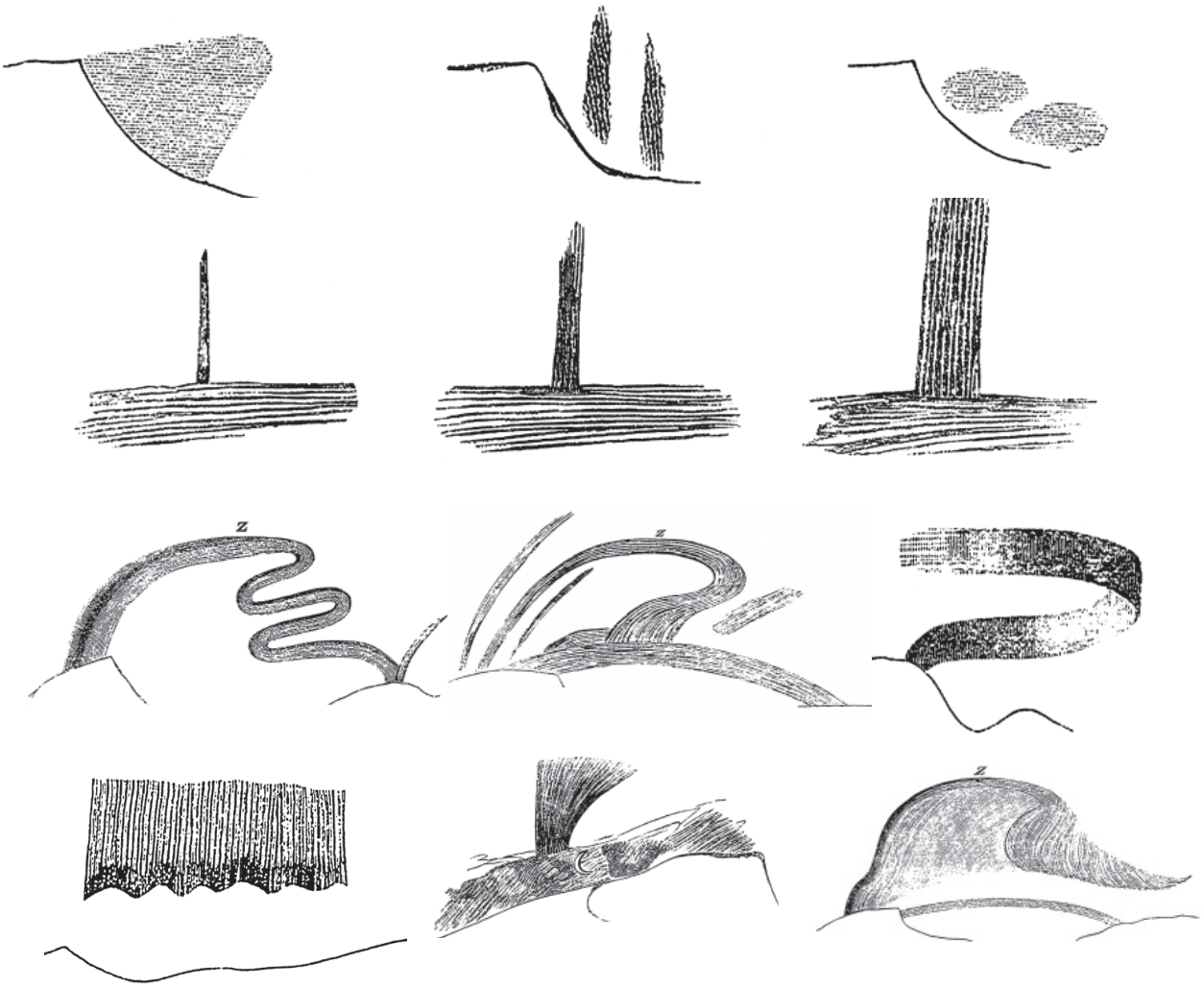


Рис. 12. Примеры зарисовок полярных сияний на Шпицбергене

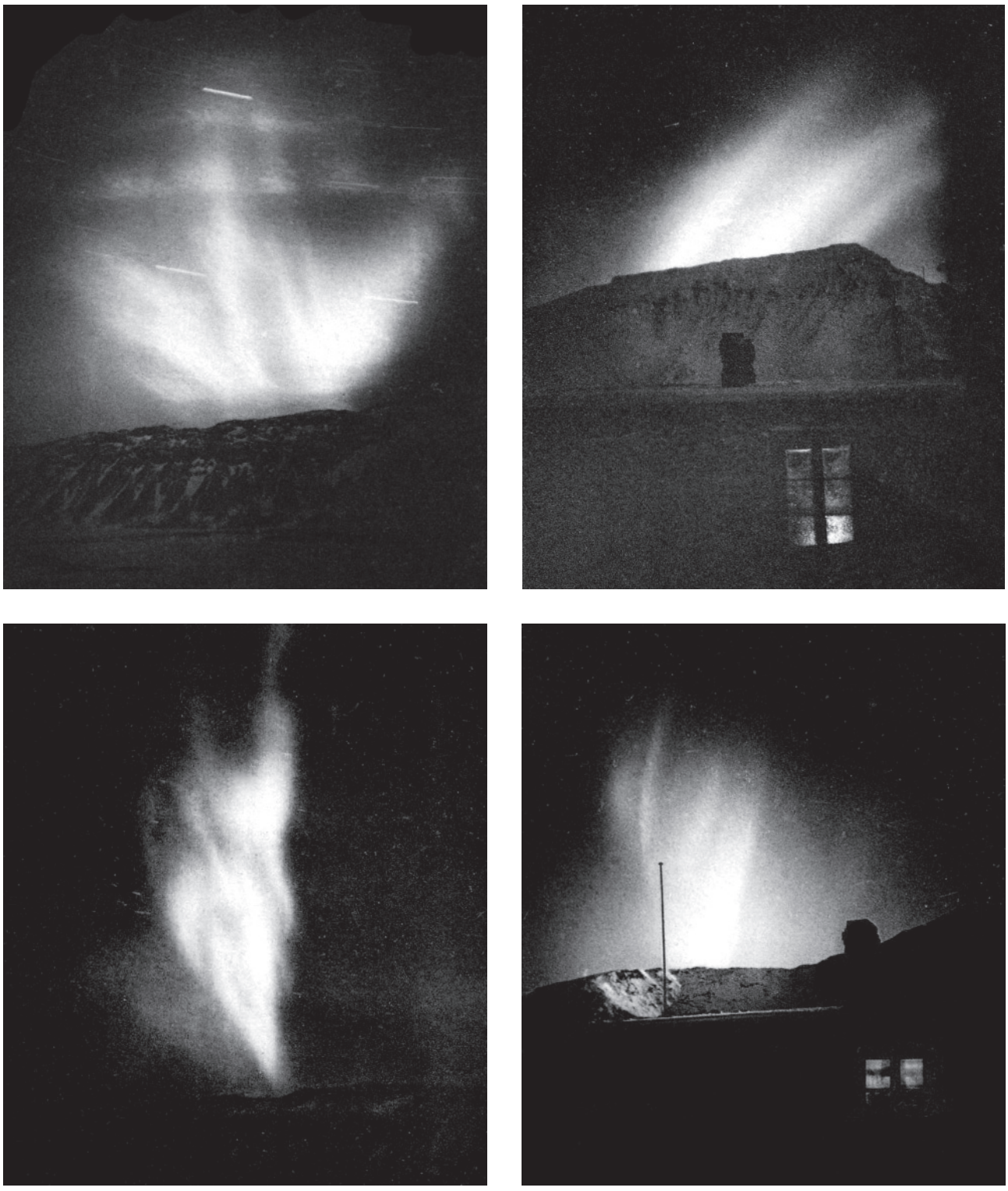


Рис. 13. Образцы фотографий полярных сияний на Шпицбергене

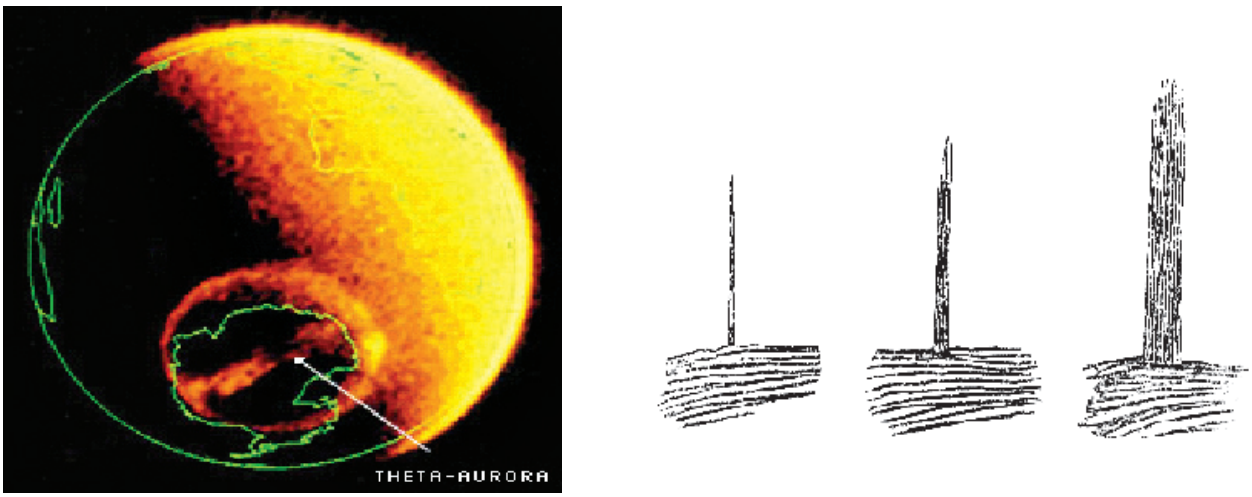


Рис. 14. Зарисовка редкой формы полярного сияния на Шпицбергене (справа) и изображение аналогичной структуры в планетарном масштабе, полученное с искусственного спутника Земли (слева)

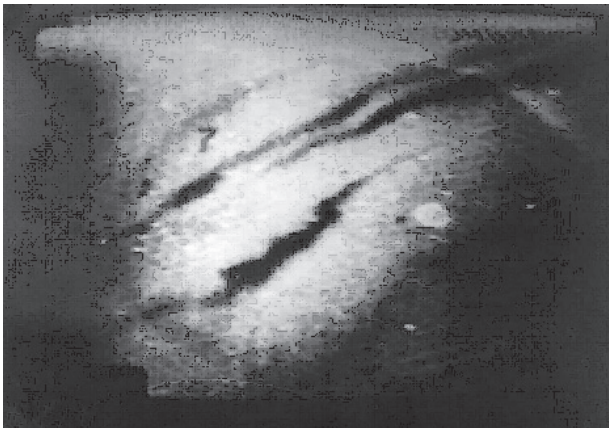


Рис. 15. Снимок «черных сияний», полученный с помощью высокочувствительной телевизионной аппаратуры в наше время

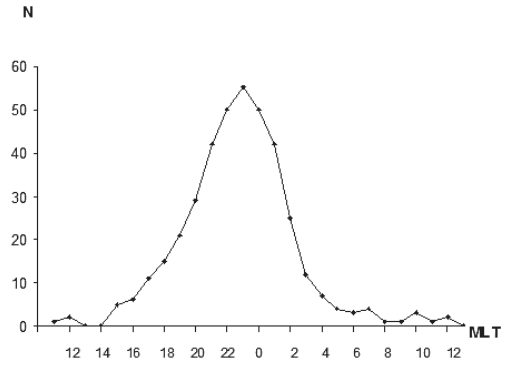


Рис. 16. Суточный ход общего числа обнаруженных полярных сияний в поле зрения наблюдателя в Константиновке

суточную вариацию вероятности наблюдения полярных сияний, так как отсутствие сияний при ясном небе в экспедиционном журнале отмечалось довольно редко. Чтобы преодолеть эту трудность, было рассчитано число случаев появления сияний за каждый час наблюдений. Эти расчеты представлены на графике *рис. 16*. Резкое возрастание числа случаев сияния наблюдается около 23 LMT, и более 60% интервалов наблюдений сияний укладывается во временной промежуток 22 – 1 LMT. Были также определены суточные вариации часовых интервалов наблюдения сияний различной интенсивности. Все три кривые оказались подобными с максимумом в 23 LMT, но частота для интенсивных сияний оказалась меньше, чем частота для сияний средней интенсивности, а частота для сияний средней интенсивности – меньше, чем частота для слабых сияний.

Для сравнения интенсивности сияний с планетарной геомагнитной активностью, которая в большой степени определяет положение и интенсивность полярных сияний, было проведено сравнение числа случаев сияний различной интенсивности с планетарным индексом «аа», един-

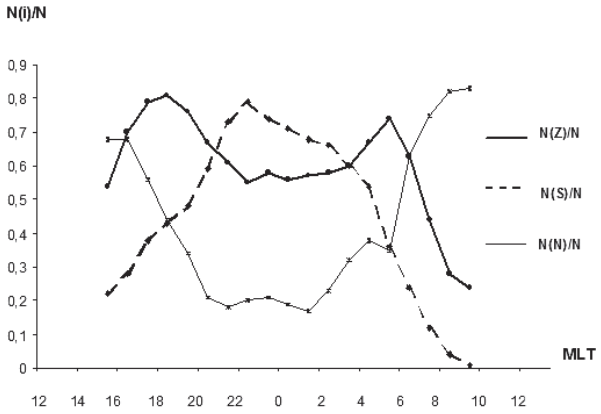


Рис. 17. Суточный ход относительного числа случаев обнаружения полярных сияний в трех различных секторах небосвода (зенит, север и юг)

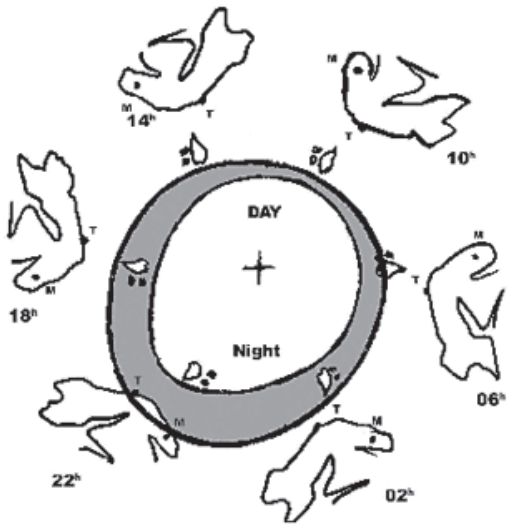


Рис. 18. Положение овала полярных сияний над вращающейся под ним Землей (на рисунке представлена часть полярной шапки вблизи меридиана Шпицбергена)

ственным, который мог быть доступен по наблюдениям в XIX веке. Была получена практически линейная зависимость числа часов с различной интенсивностью сияний (в шкале Сикоры) от средней величины индекса «аа». Возрастание интенсивности сияний следует за ростом планетарной магнитной активности. Другой задачей было изучение суточного хода частоты обнаружения сияний в различных частях небосвода относительно пункта наблюдения. Чтобы решить эту задачу, были рассчитаны суточные вариации Ni/N, где Ni – число наблюдений сияний в определенном направлении (север, юг и зенит) в течение одного часа, а N – суммарное число этих наблюдений по всем направлениям. Такой подход дает нам более реалистичное нормализованное представление суточного хода числа авроральных событий, так как в данном случае он не зависит от N. Суточный ход величины Ni/N показан на *рис. 17*.

Очевидно, что относительное число сияний на юге имеет максимум около полуночи, и это число уменьшается как к утренним, так и к вечерним часам. Противоположная ситуация наблюдается для сияний на севере, которые имеют минимум вблизи полуночи и максимум вблизи полудня. Суточный ход относительного числа сияний в зените имеет два максимума – первый в утренние, а второй в вечерние часы. Из этих данных следует, что зона максимальной вероятности наблюдения полярных сияний расположена на $\Phi' < 74^\circ$ в ночное время и на $\Phi' > 74^\circ$ – в дневное. Широта этой зоны в утренние и вечерние часы совпадает с широтой пункта наблюдения. Очевидно, что зона максимальной частоты появления полярных сияний по данным Сикоры есть не что иное, как непрерывное авроральное кольцо с центром, сдвинутым к полюсу, то есть эти данные соответствуют концепции мгновенного непрерывного овала полярных сияний, которая была развита в ряде работ [Хорошева 1962; Фельдштейн 1963; Feldstein, Starkov 1967]. Положение Шпицбергена относительно аврорального овала в минимуме солнечной активности представлено на *рис. 18*.

Очевидно, что Шпицберген, наряду с Северной Землей и Землей Франца-Иосифа, является уникальным местом суши в Арктике: в течение суток оно может оказываться внутри овала, вне овала и непосредственно в овале сияний. Именно эта особенность географического положения архипелага стимулировала работы по доказательству существования аврорального овала на основе материалов, полученных в XIX веке. Первая попытка интерпретации визуальных наблюдений полярных сияний на Шпицбергене на основе систематизированных данных [Carlheim-Gyllensköld 1886] была предпринята Х. Альвеном [Alfven 1967], но построенный и интерпретированный ими график суточного хода полярных сияний

Рис. 19. Пример современной фотографии полярных сияний красного цвета типа «В» *(фото П.А. Черноуса)*

Рис. 20. Пример современной фотографии полярных сияний красного цвета типа «А» *(фото П.А. Черноуса)*

не позволяет вывести заключение о нерерывности мгновенной зоны полярных сияний, хотя в целом укладывается в общую концепцию овала. Тщательный анализ данных экспедиции 1899–1900 годов позволил авторам [Chernouss et al. 2005] сделать очередной шаг в изучении исследований, предшествующих открытию аврорального овала по данным Международного геофизического года Фельдштейном, Хорошевой и Старковым и обосновать более корректные (по сравнению с Альвеном) выводы о возможности его ретроспективной реконструкции.

Цвет полярных сияний и их спектр

Описание цвета полярных сияний также было документировано Сикорой, и основные особенности цветных сияний можно обнаружить в его экспедиционных наблюдениях. Большинство наблюдаемых сияний имело желто-зеленый оттенок, но, кроме них, были отмечены сияния с фиолетовым и красным оттенками. Наблюдения Сикоры позволили нам выделить в первую очередь так называемые сияния типа «В» [Чемберлен 1963], представляющие собой дискретные авроральные дуги и полосы с красным нижним краем. В записи от 23 октября 1899 года Сикора отмечал: «Появилась дуга у горизонта. Интенсивность дуги 1 – 2. Наблюдаются вспышки свечения внутри дуги, которые окрашены красным цветом у ее резкого нижнего края и зеленые в верхней размытой части дуги». Подобное полярное сияние изображено на современной фотографии на *рис. 19*. Иногда Сикоре удавалось наблюдать красные и зеленые дуги одновременно, о чем свидетельствует следующая запись: «Полярные сияния за горой Чебышева. Интенсивность 1, 2, 3. Видны изолированные лучи и вспыхивающие лучистые полосы. Некоторые из них ярко-зеленые, другие окрашены в три цвета: нижний край – красный, размытая верхняя часть зеленая и середина – фиолетовая».

Наблюдалось только два события полярных сияний исключительно красного цвета от нижней их границы до верхней: «Массы красного света в форме огненных языков с розовыми деталями струились от горы Чебышева к горе Савича. Интенсивность 2». Это описание сияний 2 января 1900 года соответствует сияниям красного цвета типа «А» [Чемберлен 1963; Yevlashin 1968], которые сейчас интерпретируются как признак магнитосферного клефта [Sandholt et al. 2002]. Пример таких сияний можно видеть на *рис. 20*.

Пульсирующие пятна полярных сияний были описаны Сикорой как «авроральные облака, которые вспыхивали и исчезали». Они имели малую интенсивность и цвет, подобный обычным атмосферным облакам.

Спектры сияний, зарегистрированные в 1899 году, позволили определить не только 4 основные

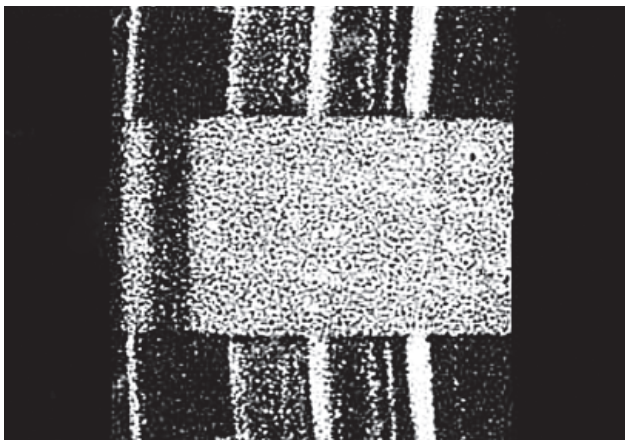


Рис. 21. Спектр полярных сияний, зарегистрированный Сикорой на фотопластинке (помимо основных эмиссий видны слабые линии)

авроральные эмиссии, но вдобавок еще 9 эмиссий в синей и фиолетовой областях спектра. К сожалению, спектральная характеристика чувствительности фотопластин не позволила зарегистрировать красную эмиссию 630,0 нм, которая типична для полярных сияний высоких широт, сопряженных с магнитосферным клефтом. Всего было получено 5 приемлемых для обработки негативов с соответствующими экспозициями: 1 – 4^h 49^m, 2 – 4^h, 3 – 24^h, 4 – 11^h, 5 – 28^h 7^m. Пример одной из первых фотографий полученного Сикорой аврорального спектра приведен на *рис. 21.*

Этот спектр был получен с 28-часовой выдержкой. Кроме того, изображение линий на фотопластинке было усилено по методу [Белопольский 1900]. Градуировочный спектр сравнения впечатывался в среднюю часть кадра, представленного на рисунке. На снимке отчетливо различимы основные эмиссии полярных сияний в современной интерпретации: 557,7 нм, 470,9 нм, 427,8 нм. 391,4 нм. Удивительно, что спектральные линии и полосы проявились даже на фотокопиях, которые были в нашем распоряжении. Более того, на этих фотоотпечатках можно увидеть несколько дополнительных эмиссий. В соответствии с публикацией Сикоры [Sykora 1901a], это эмиссии 442,9 нм, 435,4 нм, 419,0 нм, 408,3 нм, 405,7 нм, 399,5 нм, 380,4 нм, 375,4 нм, 370,7 нм. Таким образом, всего в экспериментах Сикоры было зарегистрировано 9 относительно слабых эмиссий полярных сияний. Мы знаем [Чемберлен 1963], что единственные полученные до того времени фотографии аврорального спектра, были сделаны (но не опубликованы) Пикерингом в обсерватории Гарвардского колледжа во время сильной магнитной бури [Pickering 1898]. Им были зарегистрированы эмиссии в спектральной полосе 389,2–392,5 нм, или, как он пишет, вблизи 392,2 нм, а также эмиссии вблизи 428,5 нм, 469,4 нм, 428,8 нм, 386,2 нм. Неясно, почему Пикерингом не была зарегистрирована наиболее интенсивная эмиссия полярных сияний 557,7 нм. Синтетический спектр полярных сияний, опубликованный Сикорой по своим данным, представлен на *рис. 22.*

Для проверки надежности этих представлений Сикоры были использованы современные цифровые технологии обработки изображений, позволившие представить эти изображения в виде фотоотпечатков с экспонированных пластин

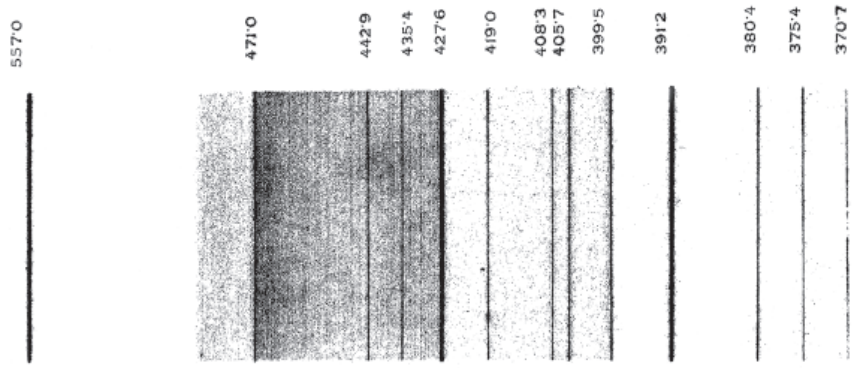


Рис. 22. Синтетический спектр сияний, построенный Сикорой на основании совокупности данных на 6 фотопластинках

[Chernouss et al. 2005]. Спектры, имеющие кривизну, обусловленную конструкцией применяемой спектральной техники, после оцифровки фотографий выпрямлялись, затем значения, характеризующие каждую спектральную линию в каждой ее точке, складывались и накапливались в одной ячейке для каждой линии. По этим данным был построен спектр в виде спектрофотометрической кривой с линейной по интенсивности шкалой. Ввиду значительного динамического диапазона интенсивностей полученного фотометрического спектра мы были вынуждены разделить диапазон на две части с разными коэффициентами усиления. Окончательный результат, представленный на *рис. 23*, показывает, что анализ даже вторичного спектрального материала (фотоотпечатков) подтверждает правильность интерпретации длин волн спектральных линий, сделанной Сикорой.

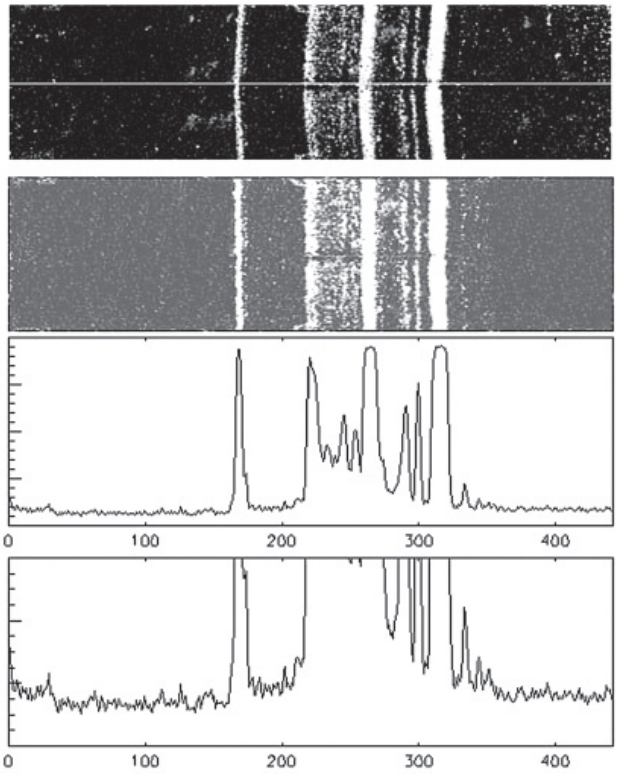


Рис. 23. Результаты цифровой обработки фотографии спектра, полученной Сикорой. На фотометрических кривых отчетливо проявляются слабые спектральные линии, невидимые на снимке

Обсуждение результатов

Изучение результатов экспедиции на Шпицберген 1899–1900 годов для исследования полярных сияний по трем рассмотренным выше направлениям показало, что эксперименты были проведены на высоком уровне и позволили открыть новые физические особенности развития полярных сияний. Экспедиционные исследования сияний фактически продемонстрировали первый в международной практике пример комплексного исследования явления различными оптическими методами. Были проведены исследования морфологии сияний, в том числе выявление особенностей авроральных форм и их динамики на основе регулярных визуальных и эпизодических фотографических наблюдений. При этом осуществлено достаточно детальное описание большинства существующих авроральных форм. Результатами этих исследований явились указания на существование «черных сияний» и сияний «полярной шапки». Статистический анализ данных наблюдений Сикоры позволил авторам [Chernouss et al 2005] ретроспективно реконструировать структуру, соответствующую мгновенному авроральному овалу [Feldstein, Starkov 1967]. Это стало возможным благодаря особому географическому положению русской экспедиционной базы Константиновка – на ~74° геомагнитной широты (*рис. 18*), которое дало возможность наблюдать сияния в различных сторонах горизонта в периоды различного местного времени. Однако наиболее яркие результаты были получены в спектральных исследованиях полярных сияний призменным спектрографом с регистрацией их спектра на фотопластины. В *табл. 1* приведены длины волн спектральных линий в сравнении с более ранними данными Пикеринга и современной интерпретацией этих эмиссий. Из таблицы видно, что положения тех линий, которые встречаются как в спектрах Сикоры, так и в спектрах Пикеринга, более точно определены Сикорой, по-видимому вследствие того, что примененный им спектрограф имел более высокую разрешающую способность. Более того, Сикора открыл и описал в официальной публикации несколько эмиссий сияний, ранее никем не зарегистрированных в документальной форме. Возможно, что его спектрограммы полярных сияний с зарегистрированной эмиссией 557,7 также являются одними из первых в мире. Делая спектральные наблюдения,

Таблица 1

Сравнение положения спектральных линий авроральных эмиссий, зарегистрированных Сикорой, с данными других авторов

№	Пикеринг, 1898	Сикора, 1899	Чемберлен, 1963		
	λ (нм)	λ (нм)	λ (нм)	Атом или молекула	Мультиплет или полоса
1		557,0 ± 0,34	557,7	[OI]	Авроральная
2	469,4	471,0 ± 0,15	470,9	N2+	1NG(0,2)
3		442,9 ± 0,17	442,5	N2	VK(2,14)
4		435,4 ± 0,31	434,6	N2	2PG(0,4)
5	428,5	427,6 ± 0,16	427,8	N2+	1NG(0,1)
6		419,0 ± 0,23	419,9	N2+	1NG(2,3)
7		408,3 ± 0,20	409,4	N2*	2PG(4,8)
8		405,7 ± 0,08	405,9	N2	2PG(0,3)
9		399,5 ± 0,08	399,8	N2	2PG(1,4)
10	392,2	391,2 ± 0,03	391,4	N2+	1NG(0,0)
11	386,2	380,4 ± 0,08	380,5	N2	2PG(0,2)
12		375,4 ± 0,05	375,5	N2	2PG(0,2)
13		370,7 ± 0,08	371,0	N2	2PG(2,4)

он точно знал, что эта эмиссия относится именно к спектру сияний, а не ночного неба, так как спектрограф включался только во время появления полярных сияний и направлялся прямо на них во время экспонирования.

Сикора пытался интерпретировать большинство эмиссий полученного им спектра как линии азота на основании подобия спектров, наблюдаемых в сияниях, спектрам, наблюдаемым в вакуумной трубке. Как настоящий физик, он писал: «Наиболее естественным является связать полосы спектра полярных сияний с эмиссиями азота. Длины волн нескольких эмиссий действительно совпадают с длинами волн полос азота, но пока еще недостаточно данных сделать более определенное заключение. Вообще говоря, простое сравнение длин волн не так важно для понимания природы полярных сияний, как изучение воздуха и спектра азота в изменяющихся условиях. Все, что мы можем сказать, – это то, что феномен полярного сияния подобен свечению разреженного газа в вакуумной трубке. Было бы очень интересно изучить спектр азота в вакуумной трубке без электродов с помощью спектрографа с кварцевой призмой или дифракционной решеткой. Кроме того, в различных специальных условиях будущих экспериментов мы должны создать изменения температуры и плотности газа, которые могут влиять на вид спектра и положения спектральных линий».

У Сикоры также были планы провести триангуляционные измерения высот полярных сияний, что, несомненно, позволило бы выполнить одну из официально провозглашенных задач экспедиции – нанесение полярных сияний на географическую карту, а это, в свою очередь могло привести к открытию планетарной структуры, укладывающейся в концепцию аврорального овала. Занимаясь параллельно геомагнитными наблюдениями, он упоминал о связи флуктуаций геомагнитного поля с сияниями даже в периоды их малой активности; возможно, о связи полярных сияний с геомагнитными пульсациями. Большая часть высказанных им идей, которые формировались и в конце XIX века, оформилась и реализовалась позднее, в первую очередь выдающимися норвежскими учеными Биркеландом, Вегардом и Штермером [Birkeland 1908; Vegard 1913; Stormer 1955] , советскими геофизиками Фельдштейном, Хорошевой

и Старковым [Хорошева 1962; Фельдштейн 1963; Feldstein, Starkov 1967] и многими другими, ссылки на исследования которых можно найти в обзорных работах [Чемберлен 1963; Hultqvist 1967; Omholt 1971; Brekke, Egeland 1979; Eather 1980] и других публикациях.

Заключение

В работе с современной точки зрения рассмотрены данные первых комплексных оптических наблюдений полярных сияний на Шпицбергене, проведенных отрядом Российской академии наук в составе Русско-шведской экспедиции на Шпицбергене в 1899–1900 годах. Результаты анализа этих данных продемонстрировали, что на их основе возможна реконструкция пространственно-временного распределения частоты наблюдения сияний, соответствующего современной концепции аврорального овала. Большинство известных авроральных форм были детально описаны в трудах экспедиции на основе систематических визуальных наблюдений, проведенных с высоким временным разрешением. Впервые в мире в массовом количестве были получены фотографии полярных сияний. Фотографии спектра полярных сияний (включая зеленую линию), сделанные российскими астрономами, являются одними из первых в мире. Использование спектрографа с фотографической регистрацией спектра позволило открыть несколько новых эмиссий в ультрафиолетовой области спектра, никогда не наблюдавшихся до этих экспериментов. Дальнейшая научная судьба Сикоры, к сожалению, не была тесно связана с изучением полярных сияний, однако, как следует из его биографии, он вошел в плеяду выдающихся астрономов российской школы, и его имя связывается со значимыми результатами в области наблюдательной астрономии, физики метеоров, наблюдений комет и разработкой новых экспериментальных установок. Несомненно, что имя Сикоры должно занять достойное место в мировой когорте пионеров изучения полярных сияний.

Авторы главы выражают благодарность Российскому гуманитарному научному фонду (РГНФ) за поддержку исследований по гранту 09-01-43101 а/с

Глава 2
Наблюдения полярных сияний на архипелаге Шпицберген в период первого Международного геофизического года

После исследований, описанных в предыдущей главе, в изучении полярных сияний на Шпицбергене наступил продолжительный перерыв. Новые наблюдения начались только во время Международного геофизического года (МГГ) и Международного геофизического сотрудничества (МГС), которые проводились с 1957 по 1959 год. В этот период весь земной шар был охвачен геофизическими наблюдениями, осуществлявшимися по единой программе, для чего заранее была разработана специальная аппаратура. Основные наблюдения были связаны с полярными сияниями.

В Советском Союзе был создан Геофизический комитет под руководством академика И.П. Бардина. Комитет состоял из серии рабочих групп по разным видам наблюдений. Во главе рабочей группы по полярным сияниям был профессор Московского государственного университета А.И. Лебединский. В его задачи входило создание аппаратуры, организация наблюдений и их проведение. В этот период 115 станций в области наблюдения полярных сияний были оснащены специальной аппаратурой, позволяющей фотографировать на одном кадре весь участок неба с радиусом до 1000 км. Экспозиции не превышали 20 сек и центрировались на середину каждой минуты по гринвическому времени. 35 станций были оснащены советскими приборами.

Идея такой системы была впервые предложена Лебединским [Лебединский 1955; Lebedinsky 1961]. Советская камера полного обзора неба С-180 содержала сложный зеркально-линзовый объектив с углом зрения 180°, состоящего из двух сферических зеркал, коллимационной линзы и объектива «Юпитер-3» с кинокамерой. В данном случае область зенита была закрыта верхним зеркалом, поэтому в комплект входила еще одна кинокамера, которая фотографировала область зенита. Аналогичные приборы были разработаны и за рубежом. В периоды МГГ и МГС с помощью такой аппаратуры были получены длительные ряды однородных наблюдений для всей высокоширотной области, которые позволили исследовать как тонкую структуру сияний, так и их пространственное распределение.

На базе оптики камеры С-180 был сконструирован патрульный спектрограф С-180-S, входная часть которого была наклонена на 22°, чтобы можно было спектрографировать область зенита. Так как между первым и вторым зеркалами образуется действительное изображение всего небосвода, то в этом месте размещается диафрагма с изменяющейся по ширине щелью, после которой световые лучи попадают на коллимационную линзу, затем на дифракционную решетку и далее в объектив кинокамеры. Таким образом, на пленке образуется спектр основных эмиссий полярных сияний. Время экспозиции составляло 10 или 8 и 2 минуты. Всего было изготовлено 10 таких патрульных спектрографов, которыми были оснащены советские станции в Арктике и Антарктике.

В период МГГ и МГС на архипелаге Шпицберген (поселок Пирамида) была создана геофизическая станция в следующем составе: Б.Р. Каменецкий (ответственный за геомагнитные наблюдения), Н.В. Онуфрейчик (камеры С-180 и С-180-S) и Н.М. Никитина (геомагнитные пульсации).

Надо отметить, что в северном полушарии только в двух районах можно было наблюдать дневные полярные сияния: Шпицберген и Земля Франца-Иосифа. Дело в том, что авроральный овал, область, где наиболее часто наблюдаются полярные сияния, смещен на ночную сторону приблизительно на 10° широты. Центр, вокруг которого он вращается, совпадает с геомагнитным полюсом, который на несколько градусов сдвинут к западу от географического. Поэтому дневная сторона овала проходит над Шпицбергеном и Землей Франца-Иосифа, а потом «упирается» в Исландию и южную часть Гренландии, где зимой из-за светлого времени в дневные часы наблюдения невозможны. Поэтому все исследования в районах Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа представляют большой интерес, ибо географические широты составляют ~80°, а геомагнитные – около 75°. Поэтому здесь возможно наблюдать дневные сияния в зимнее время. Исследование дневного овала замыкает его с дневной стороны, дает пространственно-временную картину характера распределения сияний и их динамику в процессе развития авроральных возмущений.

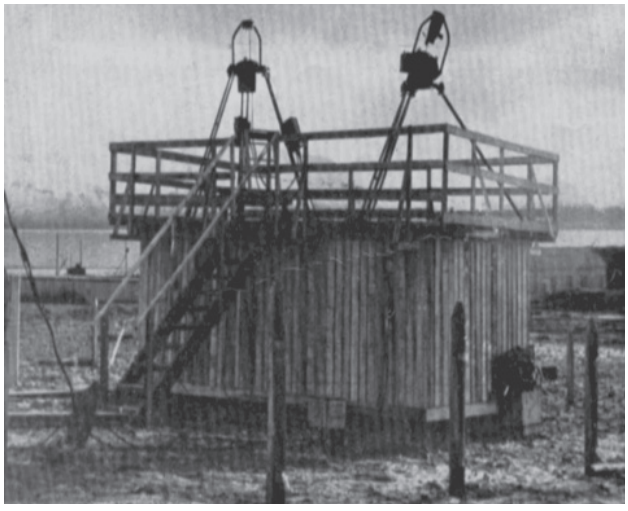


Рис. 1. Камеры С-180 (слева) и С-180-S (справа) на архипелаге Шпицберген (рудник «Пирамида»)

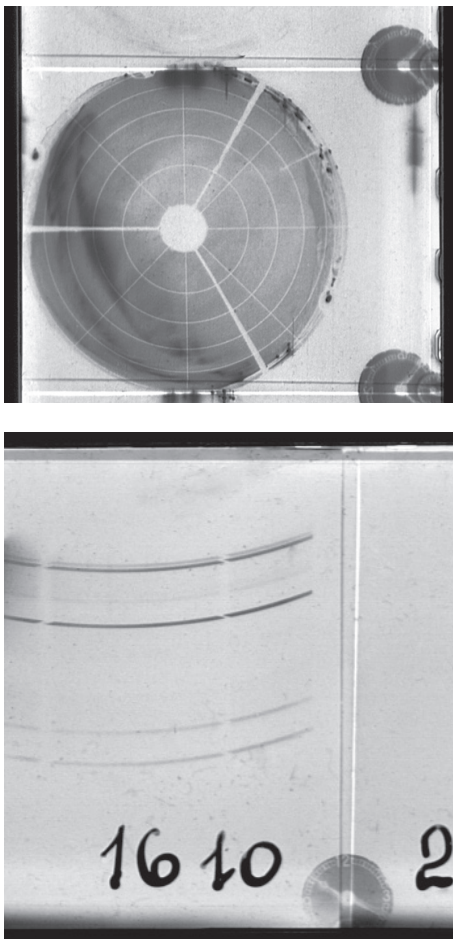


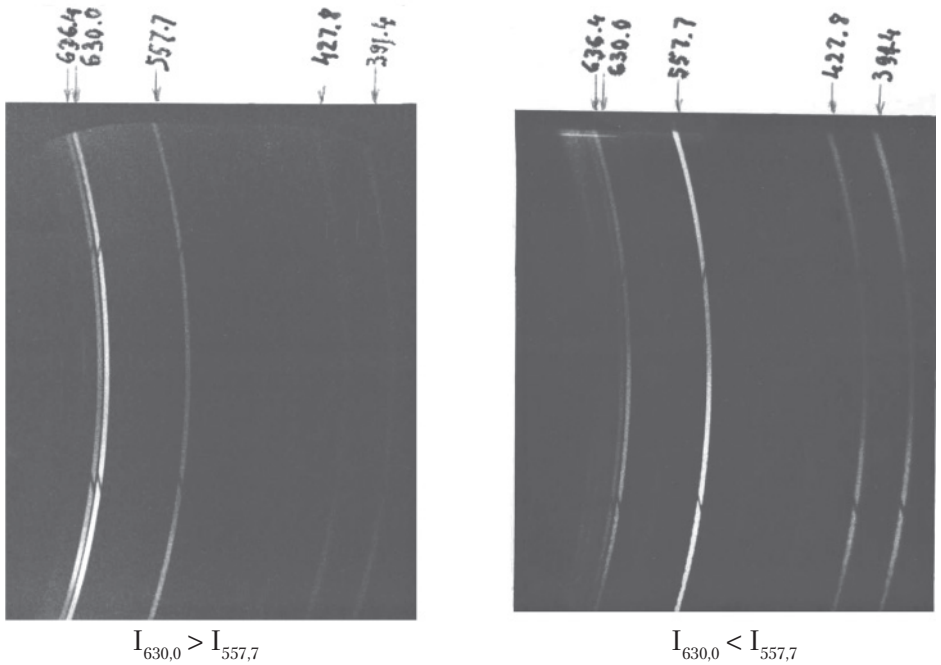
Рис. 2. Примеры получаемых снимков на фотографической (слева) и спектральной камерах (справа)

Изображение наблюдательных приборов по полярным сияниям на Шпицбергене приведено на *рис. 1.* Слева расположена камера С-180, справа – С-180-S. Четко виден наклон головки спектральной камеры на 22° от меридиана. Примеры получаемых снимков на фотографической и спектральной камерах приведены на *рис. 2.* Слева дана фотография полярных сияний на камере С-180 6 декабря 1958 года в 16.19 UT, где на юге наблюдаются две яркие дуги. Справа показан кадр С-180-S, где приведен спектр достаточно яркого сияния, на котором хорошо видны эмиссии полос 391,4 и 427,8 нм полосы азота 1NGN2+ и линии

кислорода (557,7; 630,0 и 636,4 нм). Надо иметь в виду, что время по Гринвичу на 3 часа отстает от местного геомагнитного, и приведенные фотографии относятся к вечерним часам.

Данные, полученные на Шпицбергене, широко использовались российскими учеными для исследования дневных полярных сияний. Русские ученые выдвинули идею аврорального овала, которая была подтверждена наблюдениями на Шпицбергене [Фельдштейн 1963; Хорошева 1967]. Была исследована динамика всей полосы аврорального овала в зависимости от уровня магнитной активности [Feldstein, Starkov 1967]. Была изучена динамика полосы свечения на дневной стороне и показано, что с развитием авроральной суббури полоса смещается к экватору, структура сияний – это лучистые дуги [Старков, Фельдштейн 1967а; Старков, Фельдштейн 1967б]. В дальнейшем к исследованию полярных сияний на дневной стороне подключились американские ученые, которые использовали станцию «Южный полюс» в Антарктиде и получили похожие. Обнаружен эффект предбрейкаповского затухания в дневные часы, который совпадает с таким же затуханием в ночное время. В настоящее время исследование дневных полярных сияний продолжается на новой аппаратуре.

В период наблюдения (ноябрь – февраль 1958–1959 годов) в обсерватории Пирамида на камере С-180-S было получено значительное количество спектров. Ввиду большого объема информации, в лаборатории полярных сияний ПГИ проведено только визуальное фотометрирование полученного материала. Всего для анализа было использовано 1703 спектра. Сравнивались две кислородные эмиссии: красная λ 630,0 нм и зеленая λ 557,7 нм. Число спектров, на которых эмиссия 630,0 нм превышала интенсивность линии 557,7 более чем в 2 раза, оказалась равным 719 (образцы спектров см. на *рис. 3*), что составило 42,2% от всех проанализированных спектров. Это свидетельствовало о том, что значительное время (~42%) над архипелагом Шпицберген преобладали полярные сияния, которые условно можно отнести к полярным сияниям красного цвета типа А. Таким образом, можно констатировать, что в это время Шпицберген находился в зоне мягкого электронного высыпания (E < 1 Кэв) [Евлашин 1961; Евлашин 1964; Yevlashin 1968].



$I_{630,0} > I_{557,7}$ $I_{630,0} < I_{557,7}$

Рис. 3. Примеры спектров, полученные камерой С-180-S

Глава 3
Возрождение комплексных геофизических исследований на Шпицбергене в период 1980–1990-х годов

Геофизические исследования Полярного геофизического института (ПГИ КНЦ РАН) на архипелаге Шпицберген можно разделить на два этапа. Первый этап начался в 80-м году прошлого столетия и продолжался в течение примерно 12 лет. Второй этап, начавшийся в 2000 году в связи с постановлением Правительства Российской Федерации «О финансировании деятельности российских организаций на архипелаге Шпицберген», продолжается по настоящее время.

В апреле 1980 года в поселок Баренцбург на архипелаге Шпицберген впервые выехали два научных сотрудника ПГИ – Г.В. Старков и О.И. Шумилов. Целью их непродолжительной командировки было обсуждение с руководством рудника «Баренцбург» возможности организации геофизических исследований в районе поселка и определение места возможной дислокации будущей экспедиции. В качестве последнего были выбраны строения астрономической экспедиции Николаевского отделения Главной астрономической обсерватории АН СССР, которая к этому времени закончила свои исследования на архипелаге.

Уже в октябре 1980 года на дизель-электроходе «Клавдия Еланская» в Баренцбург выехала первая экспедиция ПГИ в составе В.Г. Воробьева, Н.Г. Никулина, Г.В. Старкова и О.И. Шумилова. Основной целью экспедиции была доставка в Баренцбург научной аппаратуры, предметов и оборудования, необходимых для обеспечения жизнедеятельности экспедиции, а также подготовка помещений для проведения научных исследований. В короткие сроки с помощью строительных организаций рудника были выполнены ремонтные и косметические работы помещений будущей экспедиции, которые располагаются примерно в 5 км от поселка и эксплуатируются по настоящее время.

Примерно в 30 м от жилого помещения обсерватории был построен помост высотой около 2 м для установки фотографической камеры всего неба (С-180) и немагнитный павильон для проведения магнитометрических наблюдений. Павильон был собран из досок, которые, во избежание электромагнитных наводок, были сколочены медными гвоздями, специально привезенными из института в Баренцбург для этих целей. Через три больших отверстия, проделанных в полу павильона, в грунт были вморожены отрезки толстых бревен, которые и послужили на первых порах фундаментом для датчиков магнитного поля.

Во второй половине ноября 1980 года члены экспедиции, к тому времени уже обосновавшиеся в реставрированных помещениях обсерватории, приступили к установке научной аппаратуры. В этот период к составу экспедиции присоединился научный сотрудник института В.Е. Иванов. Надо отметить, что в те годы добраться до Шпицбергена было относительно просто. Примерно один раз в месяц авиалайнер ТУ-154 «Аэрофлота» выполнял регулярные рейсы по маршруту

Москва–Мурманск–Лонгирбюен. Из аэропорта Лонгирбюен (Норвегия) российские вертолеты доставляли пассажиров в Баренцбург.

В декабре этого же года в патрульный режим наблюдений были запущены фотографическая камера С-180, сканирующий фотометр и магнитовариационная станция. Этот период можно считать началом многолетних наблюдений Полярного геофизического института на Шпицбергене. Позднее комплекс оптической аппаратуры был дополнен интегральным широкоугольным фотометром, интерферометром Фабри-Перро и патрульным спектрографом С-180-S.

На *рис. 1* представлен фотоснимок, показывающий фотографическую камеру всего неба С-180 с треногой, установленную на специально для нее изготовленном помосте. Здесь же на снимке можно видеть несколько антенн, предназначенных для проведения радиофизических исследований и балок, в котором была размещена часть научно-исследовательской аппаратуры. Снимок сделан в условиях надвигающейся полярной ночи, чем и объясняется его несколько необычный цветовой фон.

Уже весной 1981 года рядом с помещением обсерватории сотрудником института Э.В. Вашенюком была установлена антенна для приема и регистрации интенсивности космического радиошума (риометр), а научным сотрудником В.И. Косолапенко – серия разнесенных приемников для регистрации сигналов навигационных спутников (СНС) на частотах 300 и 600 МГц. Эти работы положили начало радиофизическим наблюдениям на Шпицбергене.

Характеристики принимаемых на поверхности Земли радиосигналов, будь то космический радиошум или излучения, генерируемые на спутнике, сильно зависят от свойств среды, через которую они распространяются. Анализ амплитуды – а в случае СНС и фазы принимаемых сигналов – дает возможность оценить электронную концентрацию в Е слое ионосферы (100–120 км) и характеристики ионосферных неоднородностей в слое F2 на высотах 150–200 км по риометрическим данным и сигналам навигационных спутников соответственно.

В плане развития радиофизических методов исследований в октябре 1984 года группой сотрудников института, возглавляемой М.И. Белоглазовым, в обсерватории была установлена аппаратура для приема сигналов сверхдлинноволнового (СДВ) диапазона (3–30 кГц). Амплитуда и фаза СДВ-сигналов, принимаемых на различных радиотрассах, является важным источником информации о структуре самой нижней части ионосферы на высотах менее 80–90 км. Из-за весьма низких значений электронной концентрации эта область ионосферы труднодоступна для исследо-

Рис. 1. Внешний вид помоста и камеры С-180 в обсерватории Баренцбург

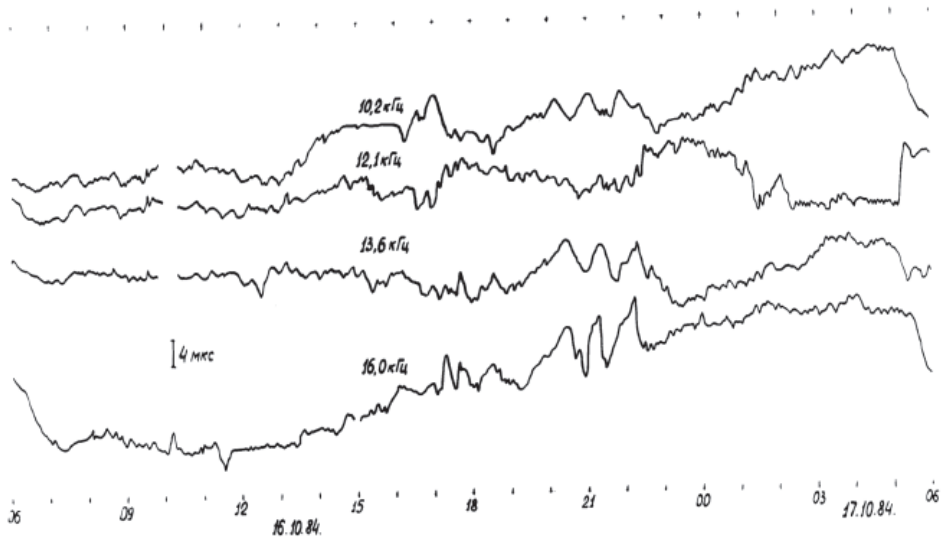


Рис. 2. Пример записи суточных вариаций фазы СДВ-сигналов, принимавшихся в Баренцбурге

вания другими радиофизическими средствами. При этом в задаче нахождения эффективной модели нижней ионосферы СДВ-методом важную роль играет наличие достаточно достоверных данных об электрических свойствах подстилающей поверхности на радиотрассе. В этом смысле предпочтительными являются чисто морские радиотрассы, так как в случае распространения СДВ над сушей различные ее участки могут иметь и различные электрические свойства, что приводит к неоднородности трассы и создает добавочные трудности при интерпретации экспериментальных данных.

Первый массив данных регистрации СДВ-сигналов был получен в октябре 1984 года и затем дополнен измерениями в 1985–1986 годах. На *рис. 2* приведен пример записи суточной вариации фазы СДВ-сигналов станций Алдра (частоты 10,2; 12,1 и 13,6 кГц) и GBR (16,0 кГц, Рагби, Великобритания), измеренных в октябре 1984 года в Баренцбурге.

Для изучения волновых неустойчивостей в верхней ионосфере в области полярной шапки в середине 80-х годов сотрудники института Ю.В. Федоренко и А.А. Галахов разработали, установили и ввели в эксплуатацию систему антенн и приемную аппаратуру для регистрации трех компонент электромагнитного поля в диапазоне частот 700 Гц – 7 кГц. Эта аппаратура была предназначена для изучения структуры электромагнитного поля и определения направлений прихода так называемых ОНЧ-шипений.

Параллельно с установкой новой геофизической аппаратуры в середине 80-х годов были начаты работы по созданию автоматизированной системы сбора геофизических данных. Первый опытный вариант такой системы, созданный на основе польского измерительного комплекса МЕРА-КАМАК, был установлен в обсерватории и введен в опытную эксплуатацию в 1986 году. В 1987 году эта система была заменена на болгарский комплекс ЦЛАНП-КАМАК, который и функционировал до окончания первого этапа геофизических исследований ПГИ на Шпицбергене.

Какие же научные проблемы и задачи привели сотрудников Полярного геофизического института, который и так располагается на широтах значительно выше полярного круга, в городе Апатиты Мурманской области, в еще более высокие широты на архипелаге Шпицберген?

Полярные сияния можно смело отнести к одному из наиболее красочных явлений природы. Изучение их характеристик представляет как чисто познавательный, так и большой практический интерес в связи с освоением космического пространства и для целей наземной и космической

радиосвязи. Потребность в изучении полярных сияний обусловлена тесной взаимосвязью между появлением сияний и широким комплексом геофизических явлений, протекающих в высокоширотной ионосфере, и является актуальной для решения не только многих геофизических проблем, но и проблем физики плазмы, физики атмосферы и даже климатологии, метеорологии и медицины.

На *рис. 3* показан снимок лучистой дуги полярного сияния, выполненный сотрудником ПГИ С.А. Черноусом. Полярные сияния могут принимать различные, иногда очень причудливые формы, изменять цвет от фиолетового до красного, быстро передвигаться по небосводу и менять свою форму. Кроме лучистых дуг сияний, наиболее характерными являются однородные дуги и полосы, пятна, отдельные лучи и широкие области достаточно однородного диффузного свечения.

Рис. 3. Лучистая дуга сияний

Одним из наиболее важных научных достижений, сделанных в результате анализа наблюдений полярных сияний за период Международного геофизического года (МГГ) 1957–1958 годов, является обнаружение овала полярных сияний [Фельдштейн 1960; Фельдштейн 1963; Хорошева 1961; Хорошева 1963]. Открытие аврорального овала и исследование его характеристик позволило определить основные пространственно-временные и динамические характеристики сияний в планетарном масштабе. Только на территории бывшего СССР в период МГГ работало более 30 обсерваторий, проводивших регистрацию полярных сияний с помощью камеры С-180. На основании обширных материалов наблюдений было установлено, что мгновенное распределение дискретных форм сияний (дуги и полосы) представляет собой овал, сдвинутый относительно геомагнитного полюса в ночную сторону. В среднем около полуночи сияния располагаются на широтах 65–68° исправленной геомагнитной широты (CGL), а в полдень – на широтах 74–77° CGL. В дальнейшем были выполнены детальные исследования формы и положения овала сияний в зависимости от уровня магнитной активности, цикла солнечной деятельности и мирового времени [Старков, Фельдштейн 1967а; Старков, Фельдштейн 1967б; Feldstein, Starkov 1967].

Овал полярных сияний является той областью полярной ионосферы, где с наибольшей интенсивностью протекают практически все геофизические явления, связанные с вторжениями заряженных частиц в атмосферу Земли. Это обусловлено тем, что в область овала сияний при корпускулярных вторжениях вводится максимальный поток энергии. Поэтому при исследовании геофизических явлений необходимо учитывать положение пункта наблюдения относительно аврорального овала, который становится своеобразной геофизической системой координат.

Морфологические характеристики сияний в различных секторах овала существенно различны. В частности, высота сияний в ночные часы составляет 105–120 км, в то время как в дневные – 150–170 км. На *рис. 4 а* показана планетарная картина распределения сияний над северным полушарием. Схема иллюстрирует существенное отличие высоты сияний в дневном и ночном секторах.

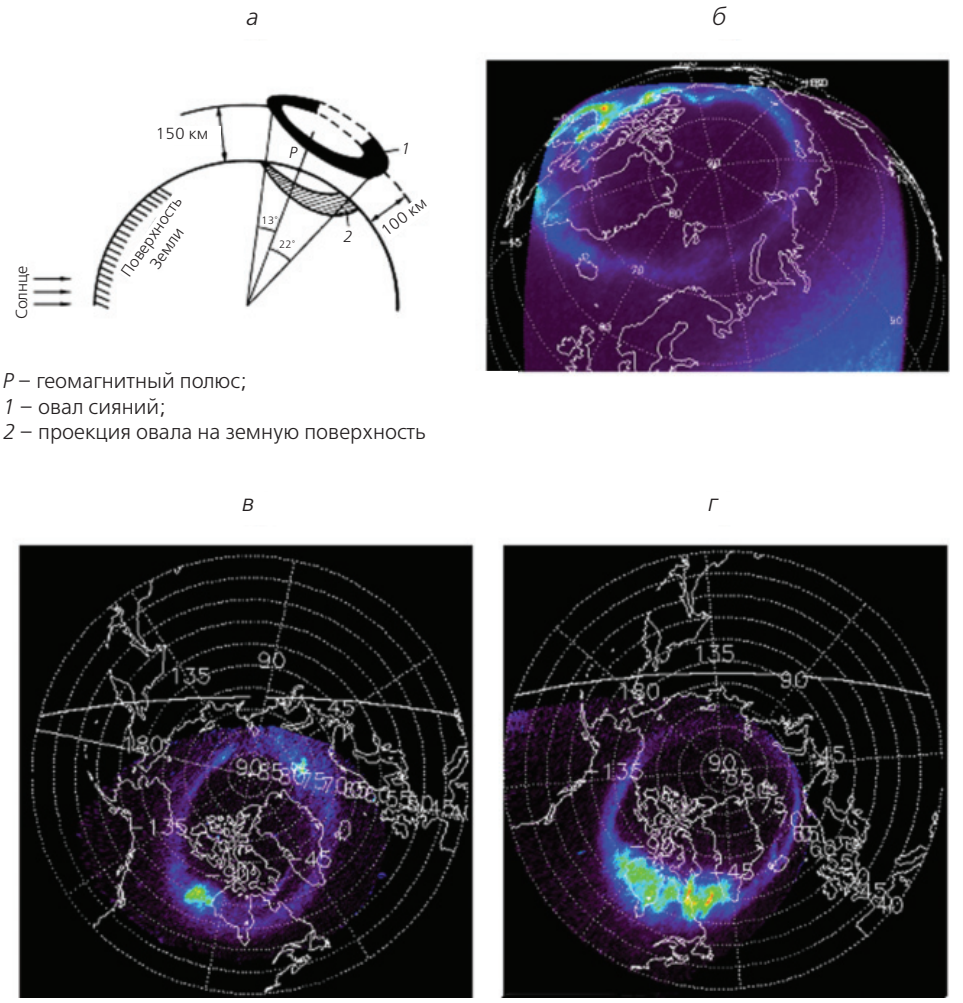


Рис. 4. Схема распределения полярных сияний над северным полушарием (*а*) и снимки полярных сияний, выполненные в ультрафиолетовой (УФ) области спектра с борта спутников IMAGE (*б*) и POLAR (*в, г*)

Такое поведение сияний свидетельствует о том, что энергии электронов, вторгающихся в ночной участок овала, примерно на порядок выше энергии электронов, высыпающихся в дневном секторе. Концепция аврорального овала в настоящее время подтверждена оптическими наблюдениями высокоапогейных спутников. На *рис. 4 б, в, г* показаны снимки сияний, выполненные в ультрафиолетовой (УФ) области спектра с борта спутников IMAGE (*б*) и POLAR (*в, г*). Положение сияний спроектировано в географическую систему координат различными способами для двух спутников. Снимок на *рис. 4 б* выполнен спутником IMAGE 28 ноября 2000 года с высоты 37 600 км (http://cdiweb.gsfc.nasa.gov/, provider C. Mende), а снимки сияний на *рис. 4 в, г* – спутником Polar 7 января 1997 года с высоты ~56 000 км (http://cdiweb.gsfc.nasa.gov/, provider G. Parks). В верхней части *рис. 4 в, г* жирной линией показано положение терминатора для высоты 110 км. В рассматриваемый период времени овал сияний целиком располагается в не освещенной Солнцем области северного полушария.

Ночной сектор овала располагается в относительно невысоких широтах, поэтому ночные полярные сияния в темное время суток можно наблюдать и регистрировать на всей северной территории нашей страны. Наблюдения же дневных

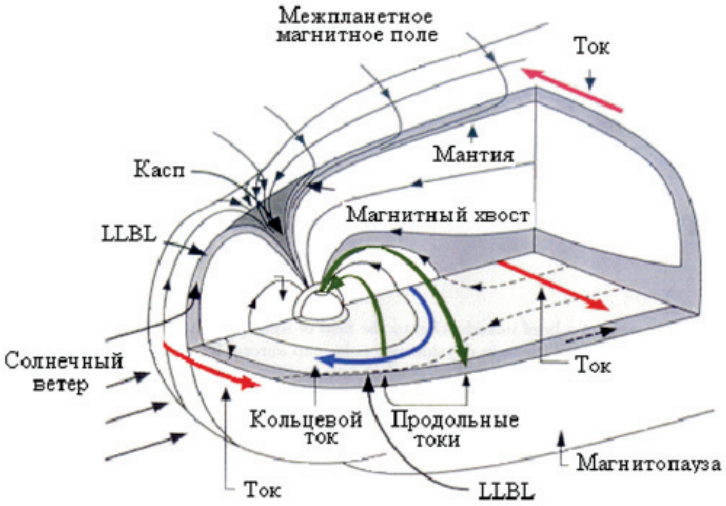


Рис. 5. Структура магнитосферы Земли

сияний крайне затруднительны. В северном полушарии только в районе архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) из-за наступления здесь в зимний период *круглосуточной* полярной ночи с углом погружения Солнца за горизонт ниже 10° возможны наблюдения сияний в дневные, и даже полуденные часы местного времени. Организация геофизических исследований в таких отдаленных районах сопряжена со значительными трудностями и неудобствами. Поэтому на период начала экспедиционных исследований ПГИ в Баренцбурге даже основные морфологические характеристики дневных сияний были мало исследованы. Между тем изучение таких характеристик представляет значительный интерес, который определяется особенностями конфигурации околоземного космического пространства.

При взаимодействии магнитного поля Земли с межпланетным магнитным полем и плазмой солнечного ветра, собственно геомагнитное поле оказывается заключенным в некую полость, которая получила название земной магнитосферы. Схематично структура магнитосферы представлена на *рис. 5*. В направлении на Солнце граница магнитосферы располагается на расстоянии примерно 10 земных радиусов (1·Re = 6378 км). С ночной стороны геомагнитное поле вытянуто от Земли на многие десятки Re (магнитный хвост).

В конце 60-х годов прошлого столетия было показано, что в дневные часы проекция овала сияний вдоль геомагнитных силовых линий с большой точностью совпадает с границей магнитосферы (магнитопауза). На магнитопаузе и в граничных магнитосферных слоях протекают основные процессы передачи энергии солнечного ветра в систему магнитосфера–ионосфера–верхняя атмосфера, изучение которых является одной из фундаментальных проблем современной геофизики.

В относительно узкую по широте область дневной ионосферы проектируются такие магнитосферные образования как плазменная мантия, полярный касп, низкоширотный граничный слой (LLBL) и так далее. Частицы, регистрируемые в этих областях, имеют различные характеристики, что должно найти свое отражение в спектральных и морфологических свойствах дневного аврорального свечения. Более того, хотя в настоящее время еще не совсем ясна относительная роль различных плазменных доменов в процессах передачи энергии солнечного ветра в магнитосферу, делаются серьезные попытки связать характерные черты этих процессов с характеристиками дневных сияний. Наличие такой взаимосвязи дает уникальную возможность исследовать тонкую структуру явлений, протекающих на магнитопаузе и в пограничных слоях магнитосферы, по наземным и координированным наземно-спутниковым наблюдениям с большим пространственно-временным разрешением.

Не случайно в начальный период организации геофизических работ в Баренцбурге первоочередное внимание было уделено проведению оптических наблюдений. Комплект оптической аппаратуры, развернутый в геофизической обсерватории ПГИ, давал возможность детального и всестороннего исследования характеристик дневных сияний.

Фотографическая камера С-180, оснащенная двумя сферическими зеркалами, позволяла делать снимки всего небосвода. Изображение неба, получаемое на нижнем сферическом зеркале, передавалось через вогнутое верхнее зеркало в отверстие, расположенное в центральной части нижнего зеркала. Здесь была установлена кинокамера, которая и производила съемку изображения на 36-мм кинопленку. Отверстие в центральной части нижнего зеркала не позволяло регистрировать изображение небосвода в районе зенита на зенитных углах

менее 10°. Для регистрации сияний в этой области использовалась специальная зенитная фотографическая камера. На фоне темного ночного неба на фотопленке регистрировались звезды до 6-й звездной величины и полярные сияния. Сложная механическая система пульта управления давала возможность в автоматическом режиме производить от одного до нескольких снимков в минуту. Пленки с записями ночного неба и сияний, получившие название аскафильмов, использовались в научных исследованиях для определения динамики и яркостных характеристик полярных сияний. (В настоящее время используется телевизионная камера всего неба).

Спектральная камера С-180-S дает возможность определить как спектральный состав свечения, так и распределение интенсивности свечения в различных областях спектра от северного до южного горизонтов пункта наблюдения. Сканирующий фотометр (ФСК) представляет собой комплект, состоящий из 4 узкоугольных фотометров (угол зрения 0,5°), снабженных интерференционными фильтрами на основные авроральные эмиссии. Вращение комплекта таких фотометров вокруг общей оси позволяет регистрировать свечение ночного неба и сияний вдоль геомагнитного меридиана. Благодаря использованию фотоэлектронных умножителей этот прибор обладает большой чувствительностью и высоким пространственным разрешением. Интерферометр Фабри-Перро (ИФП) дает возможность определить электронную температуру и скорость нейтрального ветра как в ночном небе, так и в области свечения полярных сияний. Интегральный широкоугольный фотометр (ИФ), а позднее и комплект узкоугольных фотометров с интерференционными фильтрами позволяют в непрерывном режиме регистрировать изменения интенсивности аврорального свечения как в интегральном свете, так и в основных эмиссиях. Такие фотометры используются для регистрации пульсирующих сияний.

На *рис. 6* показан внешний вид фотографической камеры всего неба С-180 (слева) и патрульного спектрографа С-180-S (справа). В центральной части рисунка располагается пульт дистанционного управления, конструкция которого позволяет работать с двумя камерами одновременно.

Первые результаты геофизических исследований на Шпицбергене были опубликованы в работе [Косолапенко 1981] и в статье [Воробьев, Турянский 1983]. В этих работах впервые было показано, что в дневном секторе наблюдается четкое разделение зон мягких ($E < 1$ кэВ) и, экваториальнее ее, более жестких ($E > 1$ кэВ) авроральных вторжений. Дискретные формы сияний погружены в область мягких электронных высыпаний с превалирующим свечением в красной кислородной линии. Здесь же наблюдается повышенная электронная концентрация в области F2 ионосферы и, соответственно, повышенный индекс мер-

Рис. 6. Фотографическая (слева) и спектральная (справа) камеры всего неба. В центре показан пульт дистанционного управления работой камер

Рис. 7. Сотрудники ПГИ В.Е. Иванов (справа) и В.И. Косолапенко (слева) знакомятся с конструктивными особенностями камеры всего неба на обсерватории Хорнсунн

цаний радиосигналов. Анализ регистрации СДВ-сигналов был проведен в работе [Белоглазов и др. 1987]. Сопоставление экспериментальных и теоретических модельных расчетов показало их достаточно хорошее соответствие. В работе [Лычкина и др. 1992] проведен анализ регистраций ОНЧ-шипений, возникающих в периоды геомагнитных возмущений и сопутствующих появлению полярных сияний. С помощью этой установки удалось показать, что волновые поля этих излучений не могут быть адекватно описаны, как это делалось ранее, моделью плоской волны, падающей из ионосферы на земную поверхность, а представляют собой сумму случайных волн, приходящих в точку наблюдения с различными углами из широкой азимутально-симметричной области ионосферы.

Становление геофизических исследований ПГИ на Шпицбергене способствовало бурному развитию международных связей института. Геофизическую обсерваторию ПГИ в Баренцбурге неоднократно посещали иностранные ученые таких стран, как Норвегия, Англия, США. Одновременно с этим и сотрудники института знакомились с организацией геофизических исследований, выполняемых зарубежными специалистами на соседних обсерваториях архипелага. Уже весной 1981 года сотрудники института В.Г. Воробьев, Г.В. Старков и О.И. Шумилов посетили норвежскую обсерваторию Нью-Алесун, где ознакомились с работой оптической и магнитометрической аппаратуры. Несколько позднее состоялись и первые выезды сотрудников института в обсерваторию Лонгиер, на базе которой проводились международные геофизические исследования под эгидой американских специалистов. *Рис. 7* иллюстрирует пребывание сотрудников института на польской обсерватории Хорнсун, которая «прославилась» наибольшим числом случаев появления белых медведей на территории обсерватории. На снимке научные сотрудники В.Е. Иванов (справа) и В.И. Косолапенко (слева) знакомятся с конструктивными особенностями финской фотографической камеры всего неба, установленной в обсерватории. От российской камеры С-180 эта камера отличается тем, что вместо верхнего зеркала здесь установлена кинокамера, которая фотографирует изображение небосвода, отображенное в нижнем сферическом зеркале. Значительные неудобства при работе с материалами такой камеры заключались в том, что для уменьшения размеров камеры, закрывающей участок неба, съемка проводилась на узкую 16-мм кинопленку. Точность в

определении положения сияний по регистрациям на такую пленку более чем в 2 раза уступает аскафильмам российской камеры С-180.

Новый импульс геофизические исследования на Шпицбергене получили после подписания в 1988 году советско-норвежского соглашения о научно-техническом сотрудничестве по изучению проблем Арктики и Севера. В ноябре–декабре 1988 года был начат первый совместный советско-норвежский эксперимент по синхронному наблюдению развития геофизических процессов в дневном секторе овала на норвежской обсерватории Нью-Алесун (Шпицберген) и на советских обсерваториях Баренцбург и о. Хейса (ЗФИ). По результатам проведенных исследований опубликовано несколько десятков научных работ в российских и зарубежных журналах. Основные результаты исследований докладывались на научных конференциях всех уровней – от региональных до международных.

Многолетние координированные исследования на цепочке высокоширотных обсерваторий позволили впервые провести детальные координированные исследования характеристик авроральных и геомагнитных пульсаций, связать область их генерации со структурой дневных высыпаний и определить область магнитосферного источника пульсирующих возмущений.

Анализ фотометрических записей показал, что наиболее распространенным типом дневных пульсирующих сияний являются колебания уровня интенсивности светового потока с периодами от 10 до 50 с, часто промодулированные более длиннопериодными (3–5 мин) вариациями [Ягодкина и др. 1989; Yagodkina et al. 1990]. На *рис. 8* показан фрагмент записи пульсаций, зарегистрированных с помощью зенитного фотометра в красной (630,0 нм) и зеленой (557,7 нм) линиях атомарного кислорода. Из рисунка видно, что пульсации наиболее четко регистрируются в эмиссии [OI] 557,7 нм. Это объясняется двумя причинами. Во-первых, как будет показано ниже, авроральные пульсации (АП) наблюдаются в области высыпаний относительно жестких электронов с энергиями в несколько кэВ. В этой области интенсивность свечения зеленой кислородной линии значительно выше интенсивности красной – [OI] 630,0 нм. Во-вторых, радиационное время жизни возбужденного состояния O(^{1}D), из которого излучается эмиссия 630,0 нм, составляет примерно 110 с, что значительно больше периода пульсаций. Для сравнения, время жизни атома O(^{1}S) для эмиссии 557,7 нм составляет около 0,7 с.

Более полно авроральная ситуация 26 ноября 1981 года представлена на *рис. 9* в интервале 0400-0900 UT [Воробьев и др. 1984]. Сверху вниз здесь показана динамика визуальных форм полярных сияний и вариации интенсивности красной и зеленой линий атомарного кислорода в зените станции. В верхней части рисунка на шкале широт стрелкой указано положение обсерватории Баренцбург, а горизонтальной черной полосой отмечен интервал регистрации пульсаций. Величина отношения интенсивностей I_{6300}/I_{5577} приведена в нижней части рисунка. До и после периода регистрации пульсаций, когда в зените обсерватории

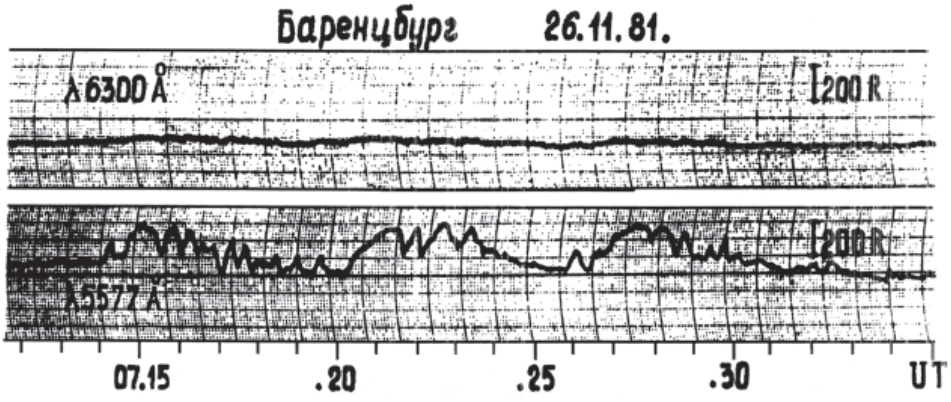


Рис. 8. Фрагмент записи авроральных пульсаций, выполненный в обсерватории Баренцбург 26 ноября 1981 года в интервале 0712-0735 UT

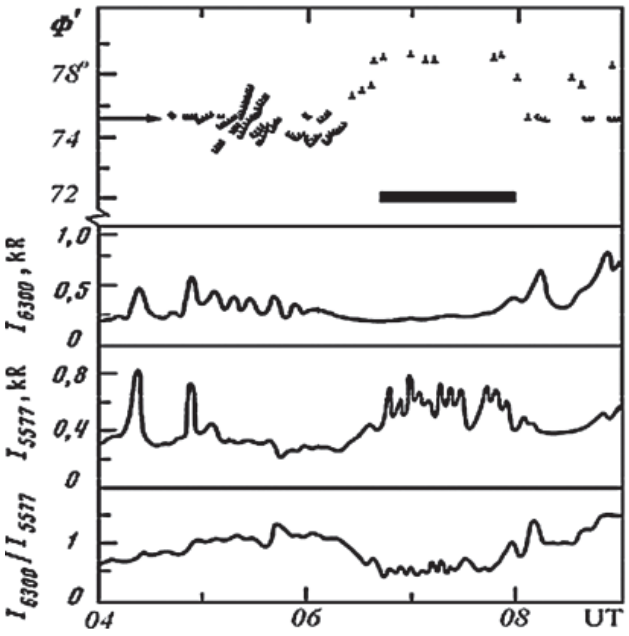


Рис. 9. Динамика дискретных форм дневных сияний и вариации интенсивности авроралного свечения в зените по наблюдениям в Баренцбурге 26 ноября 1981 года

наблюдались дискретные формы сияний, величина интенсивности I_{6300} больше, чем I_{5577}. Это свидетельствует о том, что в области зенита обсерватории высыпались низкоэнергичные электроны, энергия которых по соотношению интенсивности эмиссий была оценена в 0,4–0,6 эВ.

После 0620 UT дискретные сияния быстро сместились к полюсу от зенита обсерватории. Интенсивность свечения эмиссии 630,0 нм упала до 0,2 кR, что близко к интенсивности свечения ночного неба, а интенсивность эмиссии 557,7 нм увеличилась примерно в два раза. Отношение I_{6300}/ I_{5577} резко уменьшилось, свидетельствуя об увеличении энергии высыпающихся электронов до нескольких кэВ. В этот период и появились авроральные пульсации. Пульсации прекращаются сразу же после того, как дискретные формы сияний вновь сместились в зенит станции, интенсивность эмиссии 630,0 нм увеличилась, а эмиссии 557,7 нм – уменьшилась. Рассмотренное событие ясно свидетельствует о замещении непульсирующих красных сияний пульсациями свечения в эмиссии 557,7 нм, а затем – наоборот.

Вывод о том, что пульсации в дневном секторе генерируются в области жестких диффузных высыпаний к экватору от дискретных форм сияний и полосы красного свечения убедительно подтвержден как на отдельных примерах, так и статистически в работах [Ягодкина и др. 1989; Yagodkina et al. 1990].

Более детально динамика авроралного свечения в период наблюдения пульсаций с модулированной амплитудой показана на *рис. 10*. В верхней части рисунка приведены вариации интенсивности свечения в эмиссии 557,7 нм, зарегистрированные с помощью зенитного и наклонного фотометров. Из рисунка видно, что зенитный фотометр регистрирует как короткопериодные, так и модулирующие их длиннопериодные вариации, в то время как наклонным фотометром регистрируется только их огибающая. В нижней части *рис. 10* показаны изолинии интенсивности свечения в эмиссии 557,7 нм по 10-секундным данным сканирующего фотометра. Расстояния от зенита обсерватории рассчитаны для высоты свечения 110 км. Горизонтальными штриховыми линиями отмечено направление осей зенитного и наклонного фотометров.

Из рисунка видно, что длиннопериодные вариации, регистрируемые наклонным фотометром, формируются в результате быстрого расширения к полюсу экваториальной области жестких высыпаний. Одновременно более мелкомасштабные импульсные вариации положения ее приполюсной границы регистрируются зенитным фотометром как более высокочастотные пульсации.

Сопоставление наземных оптических наблюдений с одновременно наблюдаемой структурой электронных высыпаний и положением границ захвата энергичных электронов и ионов по данным низковысотных спутников DMSP и NOAA позволили сделать важный вывод о том, что авроральные пульсации генерируются глубоко в магнитосфере в районе внешней границы радиационного пояса [Vorobjev et al. 1999a]. Известно, что внешняя граница радиационного пояса неустойчива, на ней могут появляются возмущения, имеющие форму желобков. Критерий неустойчивости для случая азимутальной симметрии имеет вид [Gold 1959]:

$$\frac{d}{dr} pv^{\gamma} < 0 ,$$

где r – расстояние в экваториальной плоскости,
p – давление плазмы,
v – объем трубки с единичным магнитным потоком,
γ – показатель адиабаты.

В работах [Волков, Мальцев 1986; Мальцев 1995] было показано, что в случае, когда в магнитосфере контуры ρ = const и v = const не совпадают, обязательно развивается перестановочная неустойчивость (ρ – плотность плазмы). Такая ситуация имеет место в области продольных токов зоны 2 на замкнутых силовых линиях геомагнитного поля. По их оценкам период возникающих колебаний Т ~5 мин. Полученное значение хорошо согласуется с экспериментальными данными. Однако следует констатировать, что механизм генерации пульсаций в диапазоне периодов 10–40 с остается пока неизвестным.

Оптические и магнитометрические наблюдения на долготной цепочке высокоширотных станций внесли неоценимый вклад в исследование характеристик движущихся ионосферных холловских вихрей (международное название TCV – traveling convection vortex). Генерация таких вихрей тесно связана с процессами взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой Земли. Предполагалось, что вихри генерируются в области дневного полярного каспа в результате импульсного пересоединения межпланетного магнитного поля с геомагнитным полем. Формирующаяся в процессе пересоединения новая открытая силовая трубка будет затем перемещаться со скоростью солнечного ветра вдоль флангов магнитосферы в магнитный хвост. Существование таких процессов могло бы стать одним из механизмов передачи энергии солнечного ветра в магнитосферу Земли.

Магнитные данные, полученные на долготной цепочке обсерваторий, и комплексные наблюдения на сети станций меридиана Шпицберген позволили выявить структуру двойного конвективного вихря, определить его размеры, скорость перемещения и связь с различными типами полярных сияний [Glassmeier et al. 1989; Воробьев 1993; Воробьев и др. 1993; Sibeck, Korotova 1996; Vorobjev et al. 1999b].

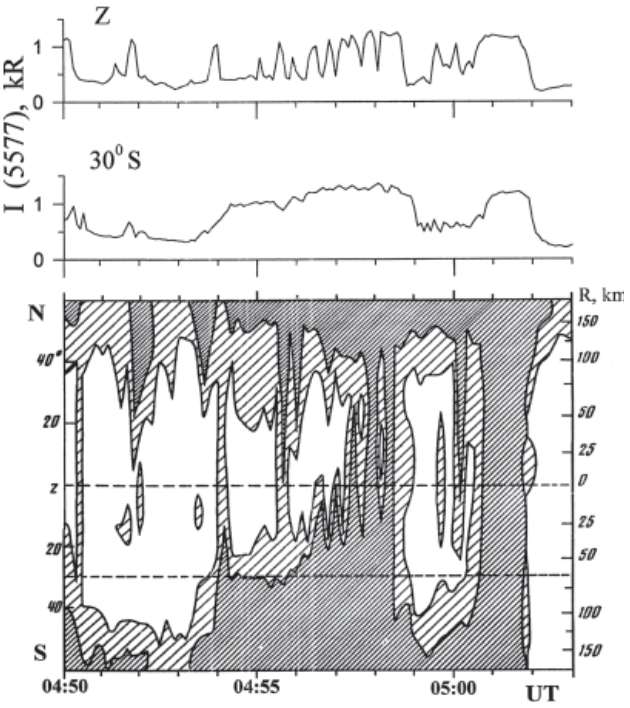


Рис. 10. Регистрация пульсаций зенитным (Z) и наклонным (30°S) фотометрами

На нижней панели динамика аврорального свечения вдоль геомагнитного меридиана.

По вертикальной оси слева – зенитные углы, справа – расстояние от зенита.

Частая штриховка – I557,7 > 2 kR; редкая штриховка – 1,5 kR < I557,7 > 2,0 kR; не заштрихованные области – I557,7 нм < 1,5 kR

Характеристики TCV исследовались как статистически, так и на основе детального анализа отдельных событий с привлечением широкого комплекса наземных и спутниковых данных. На *рис. 11* представлена географическая карта, на которой изображено положение полярных сияний и структура вихря, наблюдаемого 8 декабря 1989 года. Типичное время жизни TCV составляет примерно 20 мин. В этот период вихрь движется от полуденного сектора в западном направлении со скоростью 4–6 км/с. На *рис. 11* положение двойного вихря и сияний показано в 0539 UT, когда ведущий вихрь располагался над архипелагом Шпицберген. Точкой с символом BAB на карте указано положение обсерватории Баренцбург. Линиями со штрихами показано положение лучистых дуг сияний по

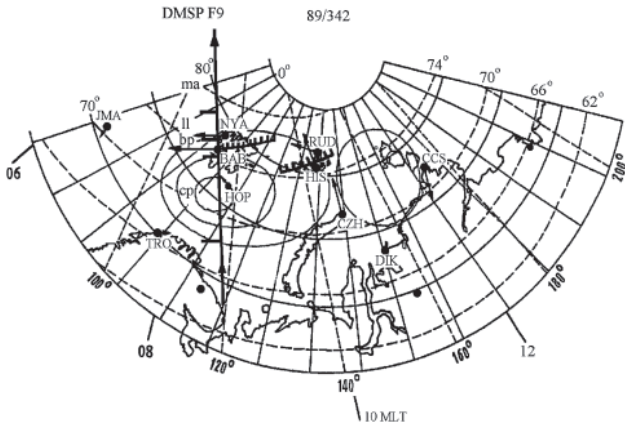


Рис. 11. Структура двойного конвективного вихря в 05:29 UT 8 декабря 1989 г.

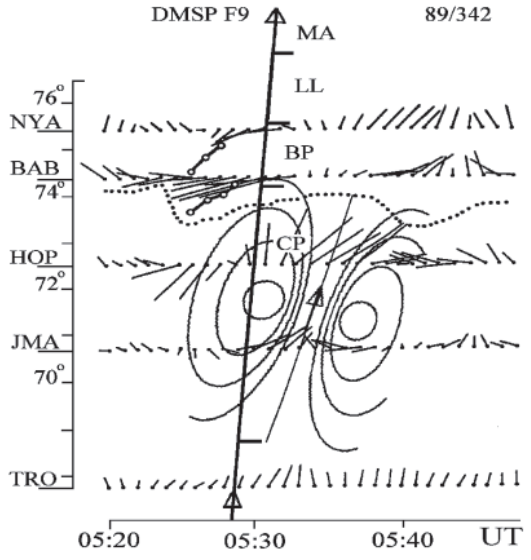


Рис. 12. Траектория спутника DMSP F9 и двойной конвективный вихрь на меридиане обсерватории Баренцбург

наблюдениям в Баренцбурге и на острове Хейса. Как видно из рисунка, расстояние между центрами двух вихрей составляет ~1000 км.

Событие, представленное на *рис. 11*, можно рассматривать как уникальное, так как в рассматриваемый период спутник DMSP F9, двигаясь примерно вдоль геомагнитного меридиана, пересек центральную часть ведущего вихря 2-вихревой токовой системы. Траектория спутника показана на рисунке жирной линией со стрелками, указывающими направление движения.

Более детально это событие рассмотрено на *рис. 12* [Yahnin et al. 1997]. Здесь вдоль горизонтальной оси отложено мировое время, поэтому рисунок показывает как бы временной срез событий, происходящих на магнитном меридиане Баренцбурга (BAB). Положение обсерваторий отмечено отрезками горизонтальных линий на вертикальной шкале широт. Вдоль широты каждой обсерватории показано направление векторов конвекции. В соответствии с поведением этих векторов схематично изображено положение TCV. Отрезками толстых линий с кружками показана динамика дискретных форм сияний, а пунктирной линией – положение экваториальной границы дневного красного свечения по наблюдениям в Баренцбурге.

Толстой сплошной линией со стрелками изображена траектория спутника. Вдоль траектории полета отрезками толстых линий показано положение границ электронных вторжений с различными характеристиками. Из рисунков видно, что фокусы вихря располагаются в области высыпаний, обозначенной как *CP*. Это зона жестких неструктурированных электронных высыпаний с энергией больше 1 кэВ. Она формируется главным образом электронами, инжектированными в периоды возмущений в околоземную область на ночной стороне и затем последовательно дрейфующими вокруг Земли в восточном направлении. Дискретные формы сияний, как и следовало ожидать, располагаются в области структурированных высыпаний, которая на рисунке обозначена как BP. Наиболее вероятно, что эта область является проекцией плазменного слоя на высоты ионосферы. Полоса красного свечения на широтах выше дискретных форм сияний включает в себя высыпания, связанные с низкоширотным граничным слоем (*LL)* и мантией (*MA*). В данном случае наиболее важно то, что фокусы вихря располагаются на широтах ниже границы *CP/BP*, которая находится глубоко внутри магнитосферы на замкнутых силовых линиях геомагнитного поля в области конвекции, направленной к Солнцу.

Как видно на *рис. 12*, движение вихря сопровождается появлением в высоких широтах ярких дискретных форм сияний, время существования

которых составляет 4–6 мин. Такое кратковременное появление ярких сияний получило название ATE – auroral transient event. Анализ наблюдения полярных сияний в ультрафиолетовой области спектра с высокоапогейного спутника Polar показал [Vorobjev et al. 2001], что ATE, хотя и с гораздо меньшей вероятностью, наблюдаются не только в предполуденном, но и в послеполуденном секторе. Движение ярких сияний в обоих секторах направлено примерно вдоль овала от полуденного сектора в антисолнечном направлении.

Анализ характеристик условий в межпланетной среде в периоды регистрации TCV и ATE позволил сделать заключение, что эти явления связаны с импульсами динамического давления, парциально приложенными к предполуденной или послеполуденной частям магнитосферы [Vorobjev et al. 1999b].

Впервые было показано, что такие импульсы давления могут формироваться не за счет изменения скорости и/или плотности плазмы солнечного ветра, а вследствие резких изменений ориентации межпланетного магнитного поля (ММП) в плоскости эклиптики. Последнее приводит к резким изменениям геометрии области «foreshock» перед фронтом земной ударной волны, которые и формируют импульс давления. При этом если ММП ориентировано вдоль спирали Паркера, то TCV и AT следует ожидать в предполуденном секторе, а в случае ортоспиральной ориентации ММП – в послеполуденном.

Геофизические исследования в Баренцбурге были прерваны в 1992 году из-за прекращения государственного финансирования. Шли годы, но наблюдения и исследования геофизических явлений в области дневного сектора овала сияний всегда оставались и до настоящего времени остаются чрезвычайно актуальными. Второй этап геофизических исследований в Баренцбурге начался в 2000 году, и все его стадии подробно изложены в следующем разделе. В период 1992–2000 годов российскими учеными геофизические исследования на архипелаге не проводились. Экспериментальная база ПГИ в Баренцбурге была законсервирована и находилась под непрерывным контролем и наблюдением Е.М. Петухова, который в этот период исполнял обязанности начальника обсерватории. Во многом благодаря его самоотверженным действиям в условиях отсутствия финансирования и прекращения прямого сообщения с Россией была сохранена научная аппаратура и инфраструктура обсерватории ПГИ.

Глава 4

Развитие комплексных геофизических исследований на архипелаге Шпицберген в третьем тысячелетии

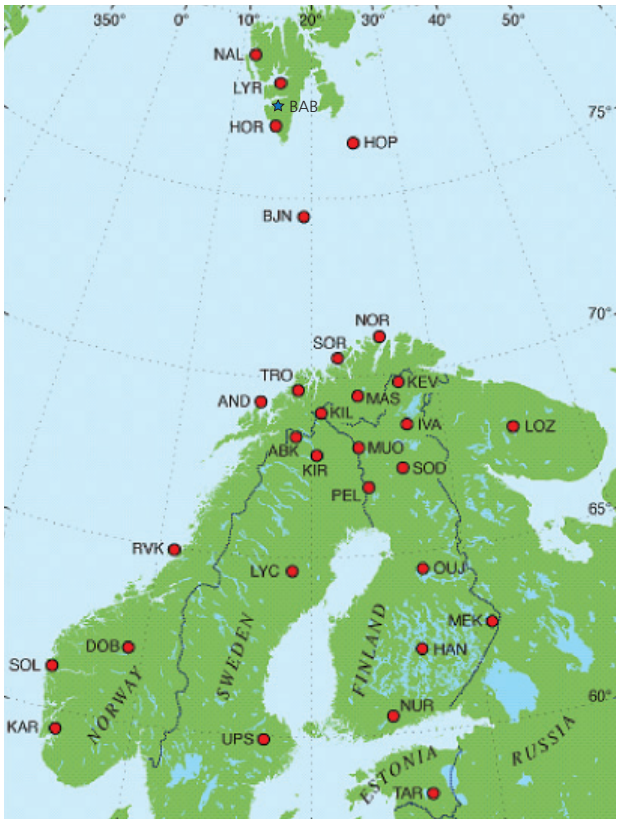


Рис. 1. Геофизические станции системы IMAGE и станция Баренцбург (обозначена звездочкой)

Новый этап геофизических исследований Полярного геофизического института на Шпицбергене начался в 2000 году в связи с постановлением Правительства Российской Федерации «О финансировании деятельности российских организаций на архипелаге Шпицберген» и созданием Межведомственной комиссии по обеспечению российских интересов, производственной и научной деятельности на архипелаге.

Шпицберген к этому времени уже представлял собой современный международный геофизический полигон, где успешно работали десятки научных групп из разных стран мира. На архипелаге развернуты самые современные радиотехнические комплексы для исследования верхней атмосферы, геофизические наблюдения велись в Лонгирбюене, Ню-Олесунне, Хорнсунне. Нам было необходимо в кратчайшие сроки восстановить обсерваторию, развернуть современный аппаратурный комплекс для проведения непрерывных геофизических наблюдений и тем самым интегрироваться в международное геофизическое сообщество на Шпицбергене.

В сентябре 2000 года в поселок Баренцбург выехали сотрудники Полярного геофизического института В.Е. Иванов, А.А. Галахов и Ю.А. Мельниченко. В Барецбурге была расконсервирована обсерватория, на которой в период 1980–1990-х го-

Рис. 2. Здание КНЦ РАН в Баренцбурге.
2000 год

Рис. 3. Жилая комната.
2000 год

дов проводились геофизические наблюдения, установлена магнито-вариационная станция, озонометр, развернут и введен в эксплуатацию томографический приемный пункт. Позже, с наступлением полярной ночи, были начаты оптические наблюдения, заработал индукционный магнитометр. Наблюдательная сеть института, успешно работавшая уже много лет, получала таким образом естественное продолжение вплоть до высоких геомагнитных широт. Возобновление геофизических наблюдений в Баренцбурге открыло широкие возможности для международного сотрудничества и обмена геофизической информацией, а также для проведения совместных экспериментов. Начало стационарных наблюдений послужило первым шагом к созданию уникальной Арктической авроральной обсерватории, самой северной в России.

Сегодня непрерывно проводящие регистрацию магнитометрические приборы и работающие в темное время суток оптические комплексы окаймляют с севера широко известный Скандинавский геофизический полигон (*рис. 1*). Расположенная практически вдоль магнитного меридиана цепочка томографических станций закрывает диапазон широт от Шпицбергена до Сочи, а пара нейтронных мониторов Апатиты-Баренцбург вносит весомый вклад в проект «Космический корабль – Земля». Базовое здание Кольского научного центра в поселке Баренцбург (*рис. 2, 3*) способно разместить и обеспечить жизнедеятельность многочисленных экспедиционных отрядов. Старое здание обсерватории, расположенное в 5 км от

Рис. 4. Обсерватория Баренцбург.
2000 год

Рис. 5. Электроник Е.В. Пигин занят настройкой телевизионной камеры.
2000 год

Рис. 6. Начальник сектора А.Н. Васильев монтирует защитный кожух для блока антенн индукционного магнитометра (слева); инженер С.П. Носков на установке антенн магнитометра (справа)

поселка, служит полигоном для установки геофизической аппаратуры (*рис. 4, 5*). В настоящее время построено и оборудуется новое здание обсерватории.

Результаты, полученные институтом в работах на Шпицбергене, относятся к исследованиям магнитосферных возмущений, полярной ионосферы и полярных сияний, авроральных и геомагнитных пульсаций, резонансных явлений в геомагнитном поле. Отметим исследование эффектов, возникающих в экспериментах по нагреву ионосферной плазмы, исследование распространения волн СНЧ-диапазона. Полученные результаты легли в основу большого количества научных публикаций, привели к обнаружению новых явлений и процессов в околоземном космическом пространстве, послужили развитию новых технологий и методов изучения природных процессов.

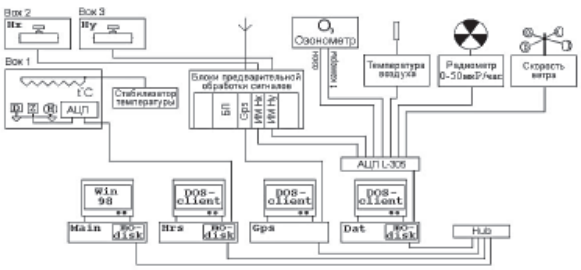


Рис. 7. Функциональная схема системы сбора данных обсерватории Баренцбург

Аппаратурный комплекс ПГИ в обсерватории Баренцбург

Основой регулярных наблюдений в Баренцбурге служит измерительно-информационный комплекс на обсерватории.

Система сбора информации создавалась по сетевой технологии. Разработка аппаратуры, монтаж и размещение датчиков выполнены А.И. Ворониным и С.П. Носковым под руководством А.Н. Васильева (*рис. 6*). Этот слаженный коллектив в течение многих лет обеспечивает бесперебойную работу оборудования обсерватории. За прошедшие годы дважды сменился компьютерный парк, базовая схема (*рис. 7*) была дополнена новыми датчиками, организован удаленный доступ к системе сбора данных, информация о работе обсерватории доступна в Интернете.

Краткое описание аппаратурного комплекса обсерватории Баренцбург

Магнито-вариационная станция (МВС)

Датчики типа ЦАИС, предназначенные для регистрации трех компонент геомагнитного поля, размещены в специальном термоизолированном боксе, снабженном нагревателем (*рис. 8*). Пределы

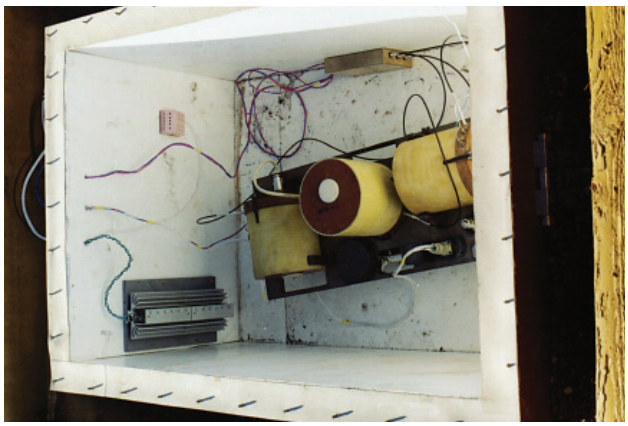


Рис. 8. Блок датчиков МВС в термостатированном боксе. 2001 год

Рис. 9. Расположение датчиков индукционного магнитометра на местности. 2001 год

измерения индукции составляют ±2620 нТл, частотный диапазон 0–2 Гц, частота оцифровки 10 Гц, уровень собственных шумов порядка 2 пТл. Для регистрации магнитного поля используется 24 разрядный АЦП.

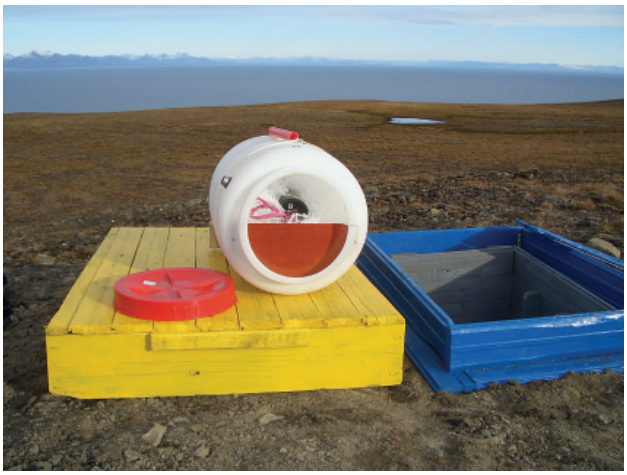
Индукционный магнитометр

Прибор предназначен для регистрации трех компонент магнитного поля в одном из трех частотных диапазонов: 0,1–10 Гц, 0,1–20 Гц, 0,1–40 Гц. Обычный патрульный режим: 0,1–10 Гц, оцифровка данных ведется с частотой 40 Гц. Соотношение сигнал/шум при калибровке синусоидальным сигналом 0,05 нТл составляет 10 дБ. Антенны индукционного магнитометра помещены в герметичных камерах на специальных подушках из тефлоновой стружки *(рис. 9, 10, 11)*.

Оптическая аппаратура традиционно размещается на крыше обсерватории. К весне помещения наблюдательного комплекса, как правило, заносятся снегом и вход внутрь остается только через один люк рядом с оптическими приборами (*рис. 12*).

Телевизионная камера

Для исследования полярных сияний используется телевизионная (ТВ) камера всего неба. Поле зрения камеры составляет ~180°, частота съема информации – до 50 Гц, пространственное разрешение – до 0,7°, чувствительность ~300 R (рэлей). Архивация данных производится в формах VHS и DVD. ТВ камера работает в «интегральном свете».



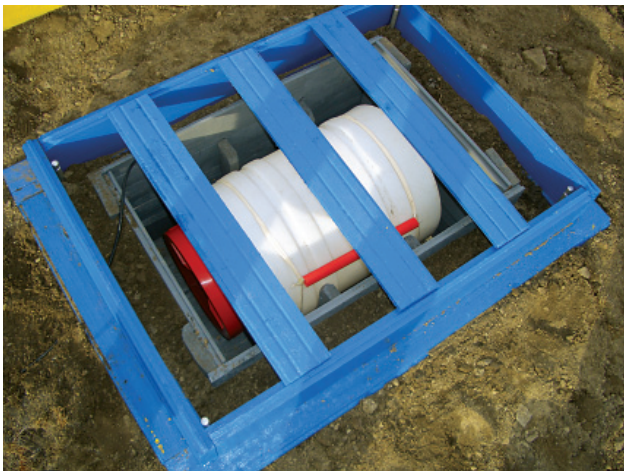


Рис. 10. Антенна магнитометра в контейнере (вверху); контейнер в боксе (внизу)

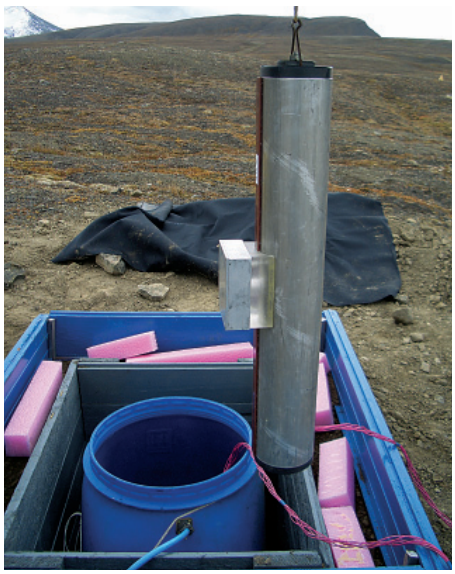


Рис. 11. Монтаж датчика Z-компоненты индукционного магнитометра. 2007 год

Рис. 12. Оптическая аппаратура на крыше павильона. *Слева направо:* сканирующий фотометр, многоканальный фотометр, спектрометр, камера всего неба, вход в павильон, 2007 год

Рис. 13. Новое техническое здание обсерватории

Сканирующий фотометр

Сканирующий фотометр используется для регистрации пространственного положения и яркостных характеристик полярных сияний в различных эмиссиях. Число каналов фотометра – 4. Рабочие эмиссии: 391,4; 486,1; 557,7 и 630,0 нм. Частота съема информации – 0,03 Гц, пространственное разрешение – 1°, чувствительность – до 10 R, поле зрения – 0,5 × 0,5°, угол сканирования – 180°, ориентация – геомагнитный меридиан.

Датчик электрического поля

Две компоненты электрического поля регистрируются горизонтальными дипольными антеннами в частотном диапазоне 0,1–200 Гц.

Интерферометр Фабри-Перо

Интерферометр предназначен для измерения электронной температуры в верхней атмосфере и скорости нейтрального ветра на высотах 100–300 км. Используемые эмиссии 557,7 и 630,0 нм, поле зрения – 0.5°.

Озонометр для регистрации вариаций тропосферного озона

Хемилюминесцентный озонометр, изготовленный в ПГИ, производит отсчеты каждые 10 с и с точностью около 15% [Белоглазов и др. 1997, Órnes et al. 1993]. Электрохимический озонометр производства «ПБОЮЛ В.В. Рудаков» (№ 30477000037631, г. Москва) производит измерения с шагом 1–6 часов и погрешностью порядка 10% [Komhyr 1986]. Калибровка озонометров проводится с помощью генератора озоновоздушной смеси, который был разработан и изготовлен в ПГИ [Шишаев, Белоглазов 1997].

Для измерения метеопараметров используется автоматическая метеорологическая станция М-49М.

При проведения специальных экспериментов используются дополнительные приборы, в част-

ности коротковолновая радиоинтерферометрическая установка, прецизионный широкополосный приемник СНЧ диапазона и другие. В поселке Баренцбург постоянно работает приемный пункт радиотомографии и трехсекционный нейтронный монитор.

Здание полевой станции перестроено в 2007 году, и сейчас идет его оснащение (*рис. 13*). Отремонтировано и здание в Баренцбурге, где созданы благоприятные условия для работы и отдыха персонала (*рис. 14*).

Рис. 14. Пункт управления томографическим приемником

Регистрация низкочастотных электромагнитных излучений, генерируемых передатчиком на Кольском полуострове

Генерация и прием искусственных электромагнитных излучений в УНЧ-ОНЧ диапазоне имеет большое научное и прикладное значение. Эффекты, связанные с распространением сигналов диапазона 0,1–10 Гц, могут быть использованы как для исследований магнитосферно-ионосферного взаимодействия, так и для глубинного зондирования Земли с целью поиска нефте- и газовых месторождений.

Первые эксперименты по генерации излучений в этом диапазоне, проводившиеся на Кольском полуострове в 1993 и 1998 годах, показали, что на параметры сигналов, регистрируемых на большом расстоянии от генератора, влияют параметры околоземных волноводов: полость Земля-ионосфера, ионосферный МГД-волновод, ионосферный альвеновский резонатор [Беляев и др. 2002]. Обсерватория в Баренцбурге, расположенная на расстоянии более 1000 км от генератора, делает перспективным исследование распространения сигналов этого диапазона в системе Земля-ионосфера.

В сентябре-октябре 2001 года на Кольском полуострове был проведен очередной эксперимент. Искусственный сигнал генерировался линией электропередач «Кола-Серебрянский», заземленной на концах через оборудование электроподстанций. Характерной особенностью этого эксперимента было «свипирование» – регулярное изменение рабочей частоты излучения. Сигнал уверенно регистрировался установками Полярного геофизического института, включая и индукционный магнитометр, расположенный в Ловозеро на удаление ~100 км, и в Баренцбурге, на удалении около 1200 км от области генерации.

На *рис. 15* приведен пример сонограмм сигналов, зарегистрированных в Ловозеро и Баренцбурге 27 сентября 2001 года. Передатчик начал работу в 18 UT на частоте 4,8 Гц, а в 20 UT начался «свип» – ступенчатое, по 10 минут, увеличение частоты от 0,5 Гц до 4 Гц. Подобные излучения генерировались и в другие дни: 30 сентября в 07–12 UT, 1 и 2 октября в 18–23 UT. Во все эти интервалы в Баренцбурге эти излучения наблюдались особенно явно во время свипа (по-видимому, из-за того, что это очень характерная особенность

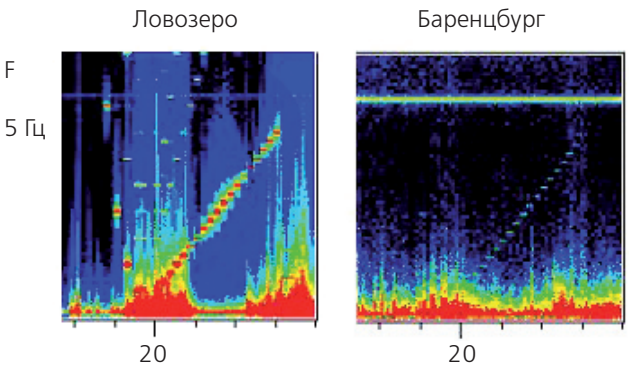


Рис. 15. Спектрограммы ультранизкочастотного сигнала, зарегистрированного обсерваториями института 2 октября 2001 года

на спектрограмме). Отдельные, короткие монохроматические сигналы, особенно не очень интенсивные, часто не просматриваются или теряются в шуме, но окончательное заключение о возможности их регистрации можно будет сделать на основе анализа цифровой регистрации.

Обращают на себя внимание две особенности. Первая – это отчетливая поляризация сигнала. Во всех случаях сигнал имеет большую интенсивность в компоненте восток–запад. Это, возможно, связано со взаимным расположением приемной станции и излучателя, либо с анизотропными свойствами ионосферы. Вторая особенность – неравномерная интенсивность принимаемого сигнала в зависимости от частоты излучения. Заметим, что, судя по спектрограмме Ловозеро, режим «свипа» содержал еще и модуляцию интенсивности во времени (а значит, и по частоте). При этом режим модуляции сигналов, принятых в Ловозеро и Баренцбурге, не совпадают. Сигнал минимальной интенсивности был, например, зарегистрирован в Ловозеро в 23:30 UT, а в Баренцбурге в это же время наблюдалось увеличение интенсивности. Это может быть связано с резонансными свойствами ионосферы над приемником или особенностями волноводного распространения сигнала.

Таким образом, предварительный анализ спектрограмм высокоширотной станции Баренцбург показал, что:

– аппаратура ПГИ уверенно регистрирует сигналы передатчика, расположенного на Кольском полуострове на удалении ~1200 км от Баренцбурга;

– регистрируемый сигнал имеет явно выраженную поляризацию;

– интенсивность принимаемого сигнала во время свипирования показывает признаки модуляции по частоте, которая не совпадает с модуляцией генерируемого излучения.

Это был первый факт регистрации искусственного сигнала на значительном удалении от источника с помощью штатной аппаратуры обсерватории. И этот факт открывал возможности практического применения электромагнитных волн нового для практики диапазона, использования нового канала для связи, диагностики магнитосферы, электромагнитного зондирования земли. Чтобы качественные оценки возможностей, предоставляемых новым диапазоном, перевести в количественные, довести, как говорят, до цифры, было необходимо провести целенаправленные исследования, изучить особенности распространения сигнала, влияние сопутствующих факторов. Задача была выделена в отдельный раздел научной темы, включающий экспериментальные исследования и теоретическую проработку проблемы.

Инженерной группой был разработан специальный приемник, позволяющий проводить прецизионные измерения радиосигнала в широкой (0,05 Гц–1,0 кГц) полосе частот, и специализированная регистрационная система для цифровой записи сигнала. При этом допускалось использование в качестве магнитной антенны стандартной антенны индукционного магнитометра с ферритовым сердечником. Два идентичных комплекта приемно-регистрирующей аппаратуры были установлены в Баренцбурге и Ловозеро, тем самым введен в работу измерительный комплекс для исследования характеристик распространения низкочастотного сигнала на высокоширотной трассе. Каждый приемник содержит аналоговую приемную часть, компьютер с аналого-цифровым преобразователем L305 и программное обеспечение. Частота оцифровки входного сигнала 5,0 кГц, калибровка аппаратуры проводится на частоте 475 Гц от встроенного генератора. Аппаратура синхронизируется во времени с помощью GPS-сигнала.

В 2006–2007 годах в приемный тракт добавлены каналы для регистрации Bz компоненты магнитного поля и двух компонент электрического поля. В результате развития приемной аппаратуры был разработан уникальный радиофизический комплекс, позволивший организовать изучение электромагнитных полей как естественного, так и искусственного происхождения.

Говоря официальным языком, «создан не имеющий аналогов высокоширотный комплекс для измерения параметров сигналов ультранизкочастотного и сверхнизкочастотного диапазонов. Комплекс состоит из двух приемных пунктов, оснащенных оригинальными цифровыми приемниками, и позволяет проводить исследования волноводных и резонансных структур в околоземном пространстве, а также сопротивления подстилающей поверхности в точке приема». Комплекс, размещенный в двух точках – Баренцбург и Ловозе-

ро, работает с 2002 года и позволяет вести прием сигнала с частотой до 100 Гц.

Наблюдения, проводящиеся по специальным программам, дают обширный материал для изучения особенностей распространения электромагнитного сигнала, влияния среды на его параметры [Терещенко и др. 2005; Терещенко и др. 2007а; Терещенко и др. 2007б; Терещенко и др. 2007в]. Регулярно проводящиеся эксперименты послужили основанием к расширению исследований, организации наблюдений на передвижных станциях, разработке и внедрению нового метода зондирования земли, перспективного возможными применениями в геологоразведке [Велихов и др. 2007].

Регулярно проводящиеся эксперименты послужили основанием к расширению исследований, организации наблюдений на передвижных станциях, разработке и внедрению нового метода зондирования подстилающей поверхности, перспективного возможными применениями в геологоразведке [Велихов и др. 2007].

Радиотомографические наблюдения электронной плотности ионосферы на меридиане Шпицберген – Карелия – Москва

Радиотомография ионосферы – мощный метод исследования параметров ионосферной плазмы, развитый в последние годы. Разработка и внедрение метода радиотомографии отмечены Госпремией РФ в 1998 году. Разработанный в институте под руководством Е.Д. Терещенко метод разностно-фазовой реконструкции сигнала представляется наиболее перспективным и точным для исследования структуры ионосферы. В качестве источника радиосигнала для просвечивания ионосферы могут использоваться сигналы как низковысотных ИСЗ, так и высокоапогейных спутников. В наших работах в основном использовался сигнал с ИСЗ серии Цикада с почти полярной орбитой. В институте разработаны и изготовлены оригинальные мобильные автоматизированные приемные томографические комплексы, хорошо зарекомендовавшие себя при проведении экспериментов как в России, так и за рубежом [Худукон и др. 1997]. Выбор подходящих спутников ведется автоматически, прием сигнала ведется на цепочке станций вдоль орбиты, регистрация амплитуды и фазы несущей на двух частотах позволяют вполне уверенно восстановить пространственное распределение электронной концентрации в ионосфере [Kunitsyn, Tereshchenko 2003, Куницын и др. 2007]. Длина цепочки приемных пунктов определяет диапазон исследуемых широт, от расстояния между станциями зависит пространственное разрешение восстановленной томограммы. Существующие станции на материке и возможные точки их расположения на Шпицбергене прекрасно ложатся на нисходящую траекторию спутника с полярной орбитой (*рис. 16*). И надо сказать, что намеченная программа наблюдений была практически полностью реализована.

С началом работы приемного пункта в Баренцбурге проводились как регулярные томографические наблюдения в стационарных приемных пунктах от средних до высоких широт, так и специальные эксперименты, как, например в 2003 году, когда приемный пункт был расположен на борту научно-исследовательского судна «Дальние Зеленцы», двигающегося по маршруту Мурманск–Баренцбург, либо выездные эксперименты для проведения наблюдений во время искусственного разогрева ионосферы.

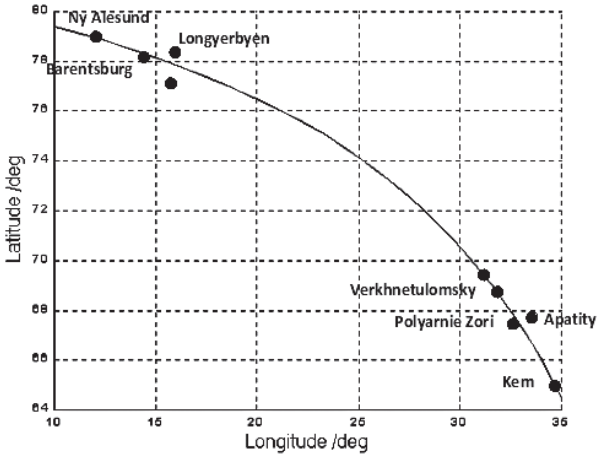


Рис. 16. Проекция на Землю нисходящей траектории спутника и расположение возможных томографических приемных пунктов

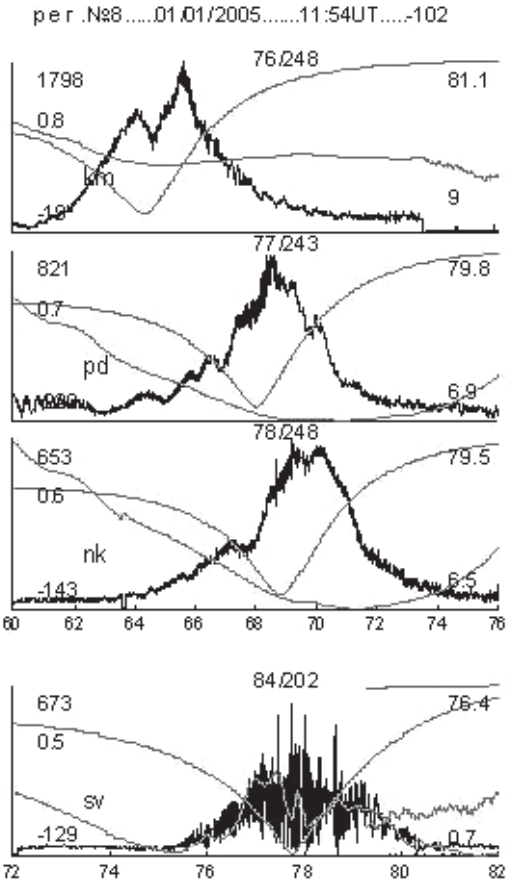


Рис. 17. Страница электронного каталога для сигнала, принятого со спутника 1 января 2005 года для приемных станций (сверху вниз) город Кемь – поселок Верхнетуломский – город Никель – поселок Баренцбург

Каждая панель показывает фазу и амплитуду сигнала и угол луча с магнитным полем. На панели вверху – значения угла места и азимута спутника для соответствующей приемной станции; справа – минимальное и максимальное значения угла с магнитным полем; слева – максимальное и минимальное значения фазы, посередине слева приведено значение максимальной амплитуды сигнала. На оси абсцисс указаны географические широты

С 2002 года работа велась на цепочке поселок Баренцбург (78,1° с. ш.; 14,21° в. д.) – город Никель (69,4° с. ш.; 30,99° в. д.) – поселок Верхнетуломский (68,59° с. ш.; 31,75° в. д.) – город Полярные Зори (67,37° с. ш.; 32,49° в. д.) – город Кемь (Карелия, 64,95° с. ш.; 34,56°в. д.). За 2002 год в Баренцбурге было записано 3295 регистраций спутниковых сигналов; тем самым положено начало созданию банка данных томографических измерений на уникальной по протяженности цепочке станций.

С апреля 2003 года регулярные радиотомографические наблюдения стали проводится еще в одном пункте – в Москве. Томографическая цепь, таким образом, покрыла небывалое расстояние – более 2000 км, от полярной шапки до средних широт. Информационный банк насчитывает теперь более 30 тыс. регистраций, и такой объем информации служит надежным фундаментом для определения стационарных параметров ионосферы и выделения особенностей, связанных с природными или искусственными возмущениями.

Для удобного использования полученной информации составлен визуальный электронный каталог, каждая страница которого содержит фазу, амплитуду, угол с магнитным полем для каждой приемной станции. Образец странички каталога представлен на *рис. 17*.

Среди представляющих интерес эффектов отметим регистрируемую в периоды магнитных бурь сложную структуру распределения ионизации. Наблюдаются области повышенной ионизации, связанные с высыпаниями низкоэнергичных частиц; перенос ионизованных областей конвекцией; формируются провалы ионизации различной структуры; волновые и квазиволновые структуры; перемещающиеся ионосферные возмущения (ПИВ). Подробное исследование многих явлений стало возможным благодаря расположению томографической цепи от средних до высоких широт.

В протяженной томографической цепочке есть достаточно большое, в 1000 км «окно», обусловленное океаном. В 2003 году был организован интересный эксперимент – приемный томографический пункт был установлен на теплоходе «Дальние Зеленцы», выполнявшем исследовательский рейс Мурманск–Баренцбург (*рис. 18*). В морскую экспедицию отправилась Н.Ю. Романова. Рейс прошел успешно, оригинальный подход принес новые результаты [Терещенко и др. 2003; Терещенко и др. 2004а; Терещенко и др. 2004б].

Экспериментальные наблюдения в таком обширном регионе протяженностью около 2000 км,

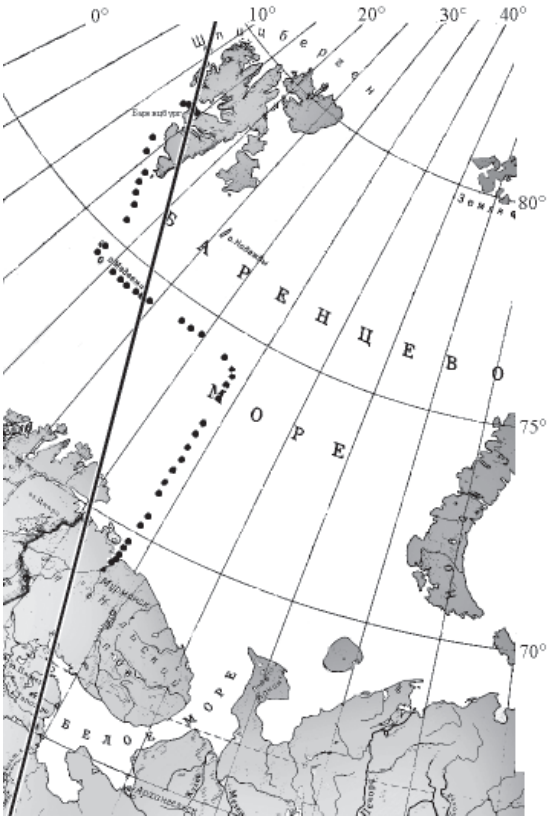


Рис. 18а. Маршрут НИС «Дальние Зеленцы» (точки) и проекция усредненной траектории пролетов спутников (сплошная линия)

тем более в высоких широтах, ранее никогда не проводились. Полученные результаты свидетельствуют о достаточно сложной структуре ионосферы, в данной области ионосферные неоднородности присутствуют даже в спокойных геофизических условиях (*рис. 19, 20*).

За время экспедиции на научно-исследовательском судне «Дальние Зеленцы» было сделано 50 регистраций радиосигнала, продолжительность каждой записи составляет около 18 минут. Особенностью проведенного эксперимента являлась необходимость точного определения координат судна во время спутникового сеанса, с целью чего в начале, в середине и в конце приема радиосигнала снимались показания GPS. С учетом точных координат судна своевременно пересчитывались времена начала сеанса, так называемые «прогнозы» – файлы, содержащие сведения об ожидаемом времени начала пролета.

Рис. 18б. Антенна для приема спутниковых радиосигналов, установленная на верхней палубе НИС «Дальние Зеленцы» во время проведения радиотомографического эксперимента в августе 2003 года

В эксперименте впервые получены реконструкции распределения электронной плотности ионосферы в регионе от субавроральной области (центральная часть Карелии) до полярной шапки (северо-запад архипелага Шпицберген).

Нейтронный монитор в Баренцбурге

Исследования ядерных реакций, изучение взаимодействия энергичных заряженных частиц с веществом с первых лет связано с регистрацией радиации, пришедшей из космоса. Эта часть физики сформировалась в самостоятельный раздел – физику космических лучей, которая исследует параметры, происхождение и поведение протонов очень высоких энергий, родившихся на Солнце (солнечные КЛ) или в недрах Галактики (галактические КЛ). Магнитное поле Земли действует как своеобразный сепаратор, не допускающий до верхней атмосферы тех или иных пришельцев; чем ближе точка наблюдения к экватору, тем выше «энергия обрезания» КЛ; чем полярнее точка наблюдения, тем больше информации можно получить о спектральном составе КЛ. На поверхности Земли регистрируются не первичные частицы, а результат их столкновений с ядрами атмосферных газов, в частности рожденные нейтроны. Одним из приборов, используемых для контроля за потоком КЛ, является нейтронный монитор. Специфической осо-

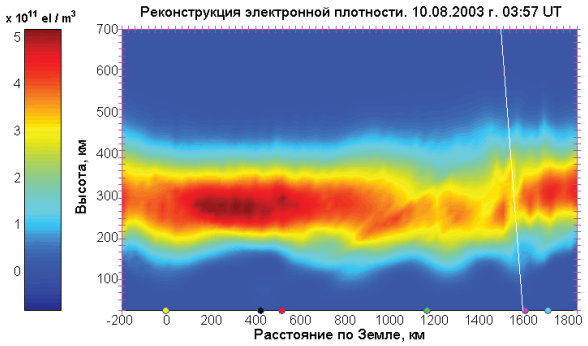


Рис. 19. Реконструкция электронной плотности для спутникового сеанса 10 августа 2003 года в 03:57 UT

Для корабля угол места и азимут направления на спутник составляют соответственно 84° и 66°. Сплошной белой линией показано направление геомагнитного поля, кружками на оси X отмечено местоположение пунктов приема. Штрихи сверху и по бокам контура рисунка обозначают томографическую сетку разбиения, размер элементарной ячейки которой составляет 30× 16 км

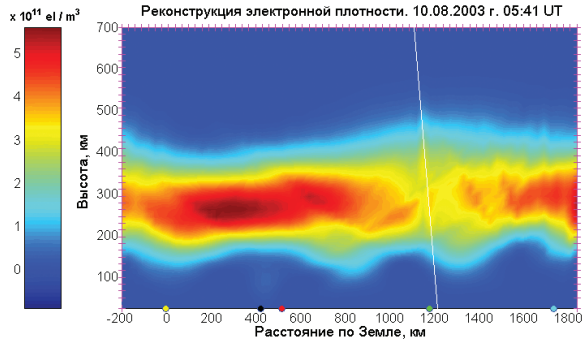


Рис. 20. Реконструкция электронной плотности для последующего спутникового сеанса 10 августа 2003 года в 05:41UT

Для корабля угол места и азимут направления на спутник составляют 78° и 61°. Условные обозначения – те же, что и на рис. 19

бенностью этого детектора является использование свинцового экрана для торможения и размножения нейтронов перед регистрацией газоразрядным счетчиком. В стационарных трехсекционных детекторах, расположенных на материке, вес свинцовых блоков достигает 36 т. Разработан и более компактный вариант – три секции монитора размещаются в трех стандартных морских контейнерах, что позволяет их транспортировать и устанавливать в достаточно труднодоступных местах. Именно такая версия монитора 18-НМ-64 была изготовлена по нашему заказу в Институте земного магнетизма и распространения радиоволн.

Оснований для размещения нейтронного монитора на Шпицбергене было более чем достаточно. На планете работает более трех десятков мониторов, и вместе они составляют гигантский ячеистый всенаправленный детектор, в чем-то подобный глазу стрекозы. Тем не менее число станций, расположенных в высоких широтах, не слишком велико, поэтому ощущается дефицит данных о потоках космических лучей, приходящих к Земле под большими углами к плоскости эклиптики. В северной полярной шапке в 2001 году работала только американская станция в Туле (Гренландия). В то же время в большом числе случаев во время возмущений наблюдается значительная северо-южная анизотропия в потоке космических лучей, что связано с преимущественным направлением межпланетного магнитного поля в магнитных облаках, выбрасываемых Солнцем во время вспышек. В первую очередь это относится к вспышкам, имеющим большие гелиоширoты.

Установка нейтронного монитора на Шпицбергене представляет, таким образом, необычайную ценность: в совокупности с имеющейся мировой сетью станций этот монитор позволит существенно улучшить определяемую из эксперимента функцию распределения космических лучей, по флуктуациям космических лучей прогнозировать приближение межпланетных ударных волн, исследовать связь вариаций СКЛ с атмосферными эффектами непосредственно в области истощения озонового слоя.

Каждый нейтронный монитор имеет свою область чувствительности, асимптотический конус прихода частиц определенных энергий. Проекция асимптотического конуса на внешнюю границу магнитосферы рассчитывается численным экспериментом, путем моделирования траекторий частиц, достигших детектора, с учетом максимально правдоподобной модели магнитосферного поля. В институте была разработана специальная модель, которая позволила рассчитать конусы прихода частиц для многих станций мировой сети. Магнитосферное поле определялось по модели Цыганенко, траектории частиц считались по мето-

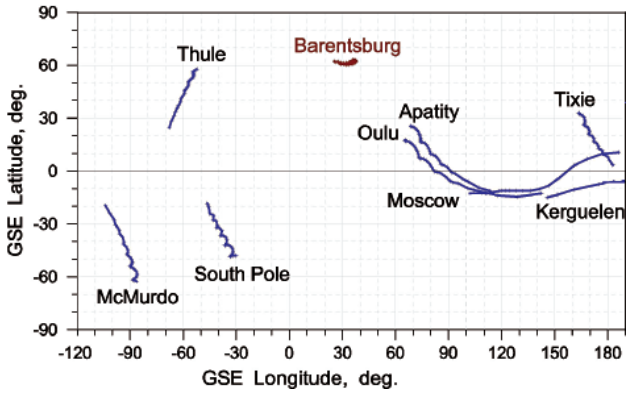


Рис. 21. Расчетный асимптотический конус приема нейтронного монитора «Баренцбург» среди конусов действующих станций мировой сети

Координаты солнечно-эклиптические, время 11.00 UT 14 июля 2000 года. Диапазон жесткостей 1–5 ГВ

ду Рунге–Кутта 4–5 порядка, использование большого числа тестовых частиц позволило существенно улучшить статистическую точность расчета. На *рис. 21* показано расположение асимптотических конусов для группы мониторов. Видно, что установка монитора в Баренцбурге позволяет рассчитывать на получение существенно новых данных.

Первая секция монитора была доставлена в Баренцбург теплоходом осенью 2002 года и выгружена на контейнерной площадке. Пришлось ждать серьезных морозов, перевезти тяжелый контейнер к месту установки можно было только волоком. Изготовили специальные сани для перевозки, подготовили технику, к декабрю первая секция монитора была доставлена и установлена на специальном фундаменте около здания академической базы (*рис. 22*). В следующие два года рядом разместились еще две секции, и с декабря 2005 года монитор 18-НМ-64 имеет стандартную конфигурацию: то есть состоит из 3 секций, насчитывающих 18 счетчиков типа СНМ-15 (*рис. 23, 24*). Ежедневно информация о потоке КЛ поступает на материк – в институт, где данные размещаются в базе данных и на страничке в Интернете (*рис. 25*).

20 января 2005 года на нейтронном мониторе в обсерватории Баренцбург было зарегистрировано значительное возрастание счета (~140% над фоном), вызванное солнечными космическими лучами (СКЛ) от мощной вспышки на Солнце балла 2B/X7.1 с гелиокоординатами N14 W61.

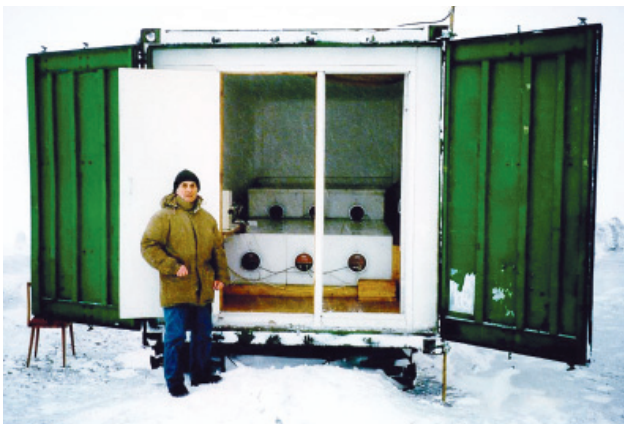


Рис. 22. Первая секция нейтронного монитора. 2003 год

Рис. 23. Система сбора информации НМ

События такого масштаба наблюдаются очень редко. Последнее из них произошло 29 сентября 1989 года, когда возрастание на нейтронном мониторе в Апатитах составило 202%. Рекордным же было событие, произошедшее 50 лет назад, 23 февраля 1956 года, когда на среднеширотной станции Лидс (Англия) возрастание составило 5000%. В событии 20 января 2005 года эффект такого порядка наблюдался на станциях вблизи Южного полюса Ю. Полюс (~5000%) и Мак-Мердо (~2300%). Такая асимметрия свидетельствует о сильной северо-южной анизотропии СКЛ, причина которой в настоящее время до конца не ясна. На *рис. 26* показано возрастание темпа счета на северных нейтронных мониторах Баренцбург и Апатиты в сравнении с южнополярными станциями Южный Полюс и Мак-Мердо, событие в солнечных космических лучах имело общепланетарный масштаб.

Рис. 24. Три секции нейтронного монитора на краю «научного городка» в Баренцбурге. 2006 год

Сильное отличие в характере возрастания на даже близкорасположенных станциях может быть объяснено лишь с привлечением данных мировой сети нейтронных мониторов. Рассматривая мировую сеть мониторов как единый многонаправленный спектрометр космических лучей, мы можем получить параметры релятивистских солнечных протонов (РСП) с помощью решения обратной задачи. Процесс определения параметров РСП состоит из:

– расчета асимптотических конусов приема для исследуемых станций;

– вычисления откликов нейтронных мониторов на анизотропный поток солнечных протонов с заданными параметрами;

– подбора параметров потока протонов за пределами магнитосферы Земли путем сравнения рассчитанных откликов нейтронных мониторов с наблюдаемыми.

Для анализа использовались данные 32 нейтронных мониторов.

Выполненные расчеты позволили установить, что в рассматриваемом событии поток РСП включал в себя две компоненты частиц – быструю и запаздывающую. Быстрая компонента, с жестким, экспоненциальным энергетическим спектром и сильной анизотропией, проявилась гигантским импульсообразным возрастанием на ряде южнополярных станций. Запаздывающая компонента имела степенной энергетический спектр и более

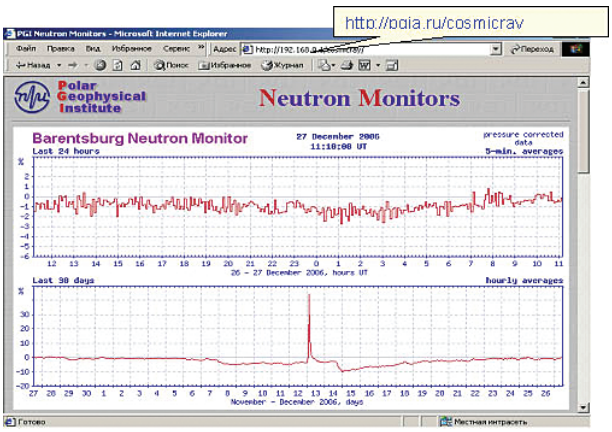


Рис. 25. Обзорные данные нейтронного монитора Баренцбург в сети Интернет

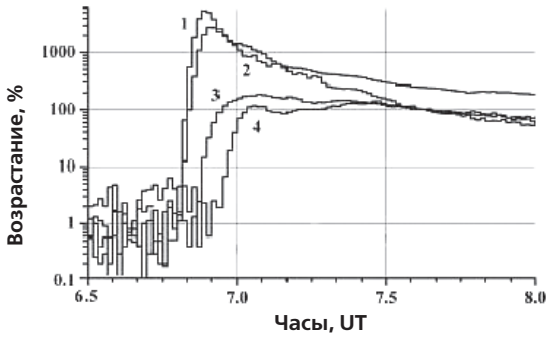


Рис. 26. Профили возрастаний темпа счета на станциях нейтронных мониторов 20 января 2005 года:

1 – станция Мак-Мердо; 2 – станция Южный Полюс; 3 – станция Апатиты; 4 – станция Баренцбург

широкое питч-угловое распределение. Именно запаздывающей компонентой, как показывает анализ, было обусловлено возрастание на большинстве станций нейтронных мониторов мировой сети, в том числе на станции Баренцбург. Различие в форме спектров быстрой и медленной компонент, обнаруженное в данном событии, может быть объяснено различными механизмами ускорения частиц разных популяций, а именно ускорением в импульсном процессе магнитного пересоединения для быстрой компоненты и механизмом стохастического ускорения в турбулентной вспышечной плазме для медленной. Используя параметры первичного потока релятивистских солнечных протонов, можно рассчитать профили возрастания вторичных космических лучей в любой точке на земной поверхности. Расчеты, сделанные для станции Баренцбург в событии 20 января 2005 года, полностью воспроизводят временной профиль и величину возрастания на этой станции.

Таким образом, для гигантского события 20 января 2005 года по данным нейтронного монитора станции Баренцбург и мировой сети получены характеристики релятивистских солнечных протонов, исследована их динамика и построена математическая модель события, позволяющая полностью воспроизвести эффект возрастания в нейтронной компоненте вторичных КЛ на станции Баренцбург, а также в любом другом географическом пункте Земли.

Результаты исследований КЛ, выполненных на основе измерений в Баренцбурге, были доложены на международных и всероссийских конференциях по космическим лучам и опубликованы во многих научных работах [Вашенюк и др. 2006; Miroshnichenko et al. 2005; Вашенюк и др. 2008; Perez-Peraza et al. 2008; Балабин и др. 2009; Balabin et al. 2008; Vashenyuk et al. 2007a; Vashenyuk et al 2007b; Vashenyuk et al. 2008].

КВ-интерферометр и регистрация искусственного радиоизлучения ионосферы

Ярким примером международной кооперации на Шпицбергене явились работы по модификации полярной ионосферы мощным КВ-излучением. Активное воздействие на ионосферу с целью изучения свойств этой природной плазменной оболочки используется в геофизике с 80-х годов. Но на Шпицбергене, в области каспа и полярной шапки, нагревная установка SPEAR начала работать только в 2004 году.

Искусственное радиоизлучение ионосферы (ИРИ), широкополосное шумоподобное излучение, возникающее в результате возбуждения ионосферной плазмы мощным электромагнитным излучением, было открыто в ходе нагревных экспериментов на стенде научной ассоциации EISCAT (European Incoherent Scattering), расположенном в северной Скандинавии (соответствует авроральной зоне), в 1981 году [Thidé et al. 1982]. Хотя интерес к пространственным характеристикам этого излучения существовал практически с момента его открытия, на протяжении многих лет наблюдения ИРИ ограничивались измерениями интенсивности сигнала, выделением различных спектральных компонент излучения, исследованием динамики излучения и т.п. Задача определения места генерации в ионосфере ИРИ долго оставалась нерешенной из-за высоких требований к оборудованию, которое должно было уверенно зарегистрировать направление вектора приходящего излучения.

Коротковолновая радиоинтерфрометрическая установка, способная определять направление приходящего сигнала фазоразностным методом, была построена лабораторией радиопросвечивания ионосферы в 2002–2003 годах. Интерферометр работает в диапазоне частот от 1,5 до 32 МГц с полосой около 300 кГц и высоким динамическим диапазоном (около 100 дБ). Интерферометрическая установка ПГИ позволяет проводить и фазоразностные, и амплитудные измерения сигнала как искусственного, так и естественного происхождения и состоит из 4-канального когерентного коротковолнового приемника, цифровой системы обработки и записи данных, а также антенной системы, составленной из простых дипольных антенн, что позволяет избежать искажений принимаемого сигнала нелинейными элементами антенных усилителей, так обеспечивается высокая достоверность проводимых измерений [Isham et al. 2005].

Техническое задание на постройку приемника для интерферометрической установки составля-

Рис. 27. Антенна КВ-интерферометра

лось Б.З. Худуконом с учетом существовавшего на тот момент мирового опыта научных исследований искусственного радиоизлучения ионосферы и передовых технологий в приборостроении. Приемник интерферометрической установки представляет собой высокостабильный когерентный приемник с широкой полосой пропускания. Одним из преимуществ разработанного приемника по сравнению с другими, является то, что, несмотря на исходный высокий динамический диапазон, существует возможность дополнительного подавления несущей частоты нагревного стенда режекторными фильтрами на его входе и выходе. В результате такого дополнительного ослабления сигнала несущей частоты установка может использоваться и вблизи нагревных стендов, где сигнал несущей по земной волне обладает большой мощностью. Техническое задание и проект антенны выполнил А.Н. Миличенко. Он же провел настройку широкополосных антенн с равномерным коэффициентом стоячей волны в принимаемом диапазоне частот, что необходимо для решения задачи определения направления прихода искусственного радиоизлучения ионосферы.

Система цифровой обработки сигнала обладает возможностью преобразования в реальном времени принимаемого сигнала в комплексный низкочастотный полосовой сигнал, что позволяет значительно сократить объем данных, не несущих полезной информации. Аналого-цифровые преобразователи могут работать как в когерентном, так и некогерентном режиме и в качестве опорного генератора тактовый частоты дискретизации используют сигнал опорного генератора приемника, что повышает согласованную работу приемника и системы цифровой обработки сигнала.

Интерферометр и комплекты антенн после испытаний на материке были доставлены в Баренцбург и установлены вблизи обсерватории. На *рис. 27* представлена антенна КВ-интерферометра, установленная вблизи полевой станции. В феврале–марте 2007 года институт принял участие в эксперименте по нагреву ионосферы на архипелаге. Проведение эксперимента на установке SPEAR совпало с началом Международного полярного года [Tereshchenko et al. 2007]. Для проведения наблюдений использовался весь комплекс аппаратуры, расположенной в обсерватории, но ключевым прибором стал КВ-интерферометр. К моменту проведения эксперимента у нас был накоплен немалый опыт, аппаратура прошла испытания в средних широтах и авроральных широтах, в нагревных экспериментах на установках «Сура» (Нижегородская область) и EISCAT (Тромсе, Норвегия). Имелись и первые результаты, но в области полярной шапки таких измерений до нас не проводил никто. Тем интереснее и примечательнее были полученные результаты. Хотя нагревная установка работала лишь на 2/3 от проекта и эффективная мощность излучения лишь немного превышала 10 МВт, удалось уверенно зарегистрировать искусственное радиоизлучение ионосферы и свечения, обусловленные нагревными эффектами работы SPEAR. Итак, весной 2007 года сотрудниками лаборатории радиопросвечивания А.С. Шадриным и Р.Ю. Юриком были проведены первые успешные амплитудные измерения искусственного радиоизлучения ионосферы. Обнаружение искусственного радиоизлучения

ионосферы в полярной шапке впервые показало принципиальную возможность проведения таких наблюдений в сложных и изменчивых геофизических условиях архипелага Шпицберген.

Искусственное радиоизлучение ионосферы наблюдается в виде слабого, шумоподобного сигнала, занимающего полосу частот примерно 200–300 кГц и по амплитуде меньше интенсивности отраженной от ионосферы волны нагревного стенда примерно на 60 дБ. Излучение и характер его спектральных особенностей зависят в значительной мере от нелинейных процессов, возбуждаемых в ионосферной плазме в результате нагрева, а также от значения плазменной частоты, локальной гармоники гирочастоты и ориентации силовых линий геомагнитного поля относительно направления излучения нагревной установки. Все эти обстоятельства осложняют наблюдения искусственного радиоизлучения в области полярной шапки и диктуют особые требования к аппаратуре наблюдений.

В качестве примера на *рис. 28* представлен спектр искусственного радиоизлучения, наблюдавшийся 9 марта 2007 года при частоте нагрева 4,45 МГц, эффективно излучаемой мощности нагревной установки 13 МВт и с излучением, направленным вдоль силовых линий геомагнитного поля.

На рисунке видны характерные особенности стационарного спектра искусственного радиоизлучения, такие как главный ионосферный максимум DM (downshifted maximum) и его вторая гармоника 2DM, широкополосные сигналы в области отрицательных и положительных отстроек по частоте BC (broad continuum) и BUM (Broad upshifted maximum), соответственно, а также максимум в области положительных отстроек по частоте UM (upshifted maximum). Центральная часть спектра, показывающая отраженную от ионосферы нагревную волну, подавлена режекторным фильтром, установленным на промежуточной частоте радиоприемного устройства КВ интерферометрической установки.

Выполненное исследование показало, что даже при неполной проектной мощности нагревной установки SPEAR можно проводить наблюдения искусственных радио излучений и других эффектов, вызванных воздействием мощного электромагнитного излучения на ионосферу в условиях полярной шапки.

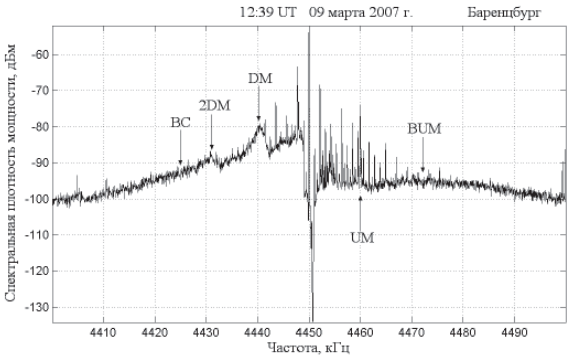


Рис. 28. Спектральная плотность мощности искусственного радиоизлучения ионосферы, зарегистрированная 9 марта 2007 года в 12:39 UT в обсерватории Баренцбург

Результаты проведенных наблюдений были представлены на VII международном суздальском симпозиуме URSI «Modification of Ionosphere by Powerful Radio Waves» (Модификации ионосферы мощными радиоволнами) и направлены в труды 30-го ежегодного семинара «Physics of Auroral Phenomena» (Физика авроральных явлений).

Интерферометр Фабри–Перо в эксперименте по нагреву ионосферы

В ходе нагревного эксперимента SPEAR, помимо наблюдений на радиоинтерферометре, проводились работы по регистрации собственного оптического излучения модифицированной области ионосферы.

Регистрация оптического свечения нагретой области ионосферы в эксперименте 2007 года проводилась сотрудниками ПГИ Ю.В. Федоренко, А.В. Ролдугиным и Е.В. Пигиным. Для обнаружения и исследования оптических эффектов, вызванных нагревом ионосферы, был создан спектрометр на основе интерферометра Фабри–Перо (*рис. 29*). Интерферометр использовался в качестве узкополосного фильтра для регистрации эмиссии нейтрального атомарного кислорода с длиной волны 630,0 нм. Поле зрения оптической системы составляло 28 градусов и выбиралось так, чтобы в поле

Рис. 29. Общий вид спектрометра

зрения прибора попадала предполагаемая область нагрева. Ось оптической системы интерферометра была направлена по азимуту нагревного стенда под зенитным углом 13 градусов. Для записи изображения использовалась ПЗС камера PhotonMax 512, экспозиция составляла 10 с. В нагревном эксперименте регистрация велась в спокойных геомагнитных условиях с 17:00 UT 3 марта до 02:30 UT 4 марта при высокой прозрачности неба.

Сигнал, записанный с матрицы, подвергался обработке по специально разработанной программе, после усреднения и вычитания фона проводился статистический анализ сигнала. В результате было обнаружено увеличение интенсивности свечения неба в моменты включении КВ передатчика нагревного стенда. Эффект составил в среднем около 5–8% от интенсивности свечения ночного неба.

Проведенный эксперимент, по всей видимости, зарегистрировал оптический эффект нагрева ионосферы стендом SPEAR в спокойных геомагнитных условиях. Разработанная методика регистрации свечения и обработки сигнала позволила также увидеть структуры полярных сияний над архипелагом Шпицберген в светлое время суток.

Альвеновский резонатор на широте Баренцбурга

Существование ионосферного резонатора для альвеновских волн в диапазоне 0.1–10 Гц обнаруживается по спектральным резонансным структурам (СРС) – на сонограммах герцовых шумов геомагнитного поля резонансы с кратными частотами вполне различимы. Предсказанный С.В. Поляковым в 1976 году [Поляков 1976], альвеновский резонатор был экспериментально обнаружен в середине 80-х годов [Беляев и др. 1987] по наблюдениям на средних широтах. С этого момента условия возбуждения альвеновского резонатора, их связь с состоянием ионосферы являются объектом пристального изучения.

Индукционный магнитометр, установленный на станции Баренцбург, обладает высокой чувствительностью и подходящими частотными характеристиками для исследования спектральных резонансных структур, являющихся проявлением альвеновского резонатора. Работа, выполненная А.Г. Яхниным и Н.В. Семеновой, позволила обнаружить существование альвеновского резонатора на широте Баренцбурга и установить условия, при которых возникают резонансные явления. До этих работ наблюдений такого рода в высоких широтах не проводилось.

На спектрограмме (*рис. 30*) явно видны спектральные резонансные структуры в ночные часы при относительно низком уровне активности. Статистический анализ, выполненный по данным 2002–2004 годов, показал, что вероятность наблюдения СРС на станции Баренцбург имеет ярко выраженную суточную зависимость – максимум в ночные часы и минимум днем (*рис. 31*).

Следует отметить, однако, что причиной такого распределения частоты появления СРС не является освещенность ионосферы в дневном секторе, как в средних широтах. Выявленная зависимость сохраняется и в условиях полярного дня, когда изменение освещенности день-ночь незначительно, и в полярную ночь. Наиболее вероятной причиной суточного хода частоты появления альвеновского резонатора является сильная изменчивость

ионосферы в области дневного полярного каспа. Отражением этой изменчивости служит изменчивость магнитного поля, которую можно оценить по величине производной (*рис. 30*, нижняя панель). В дневные часы поле более возмущено, чем ночью. Это совпадает с выводами статьи [Viljanen et al. 2001], в которой показано, что и в авроральной зоне, и на широте Шпицбергена количество одноминутных интервалов с $|\Delta H/\Delta t| > 1$ nT/s имеет локальный максимум около полудня. Такая точка зрения вполне согласуется с уменьшением вероятности наблюдения СРС в периоды повышенной геомагнитной активности [Yahnin et al. 2003].

Таким образом, в результате исследования спектрального состава геомагнитных шумов в диапазоне 0.1–10 Гц впервые установлено существование альвеновского резонатора на широте Баренцбурга (L = 15), определены статистические характеристики частоты появления СРС в зависимости от времени суток и уровня активности, предложен механизм, объясняющий выявленные закономерности. Результаты работы докладывались на различных конференциях и опубликованы в журналах [Semenova et al. 2008; Семенова и др. 2005; Yeoman et al. 2008].

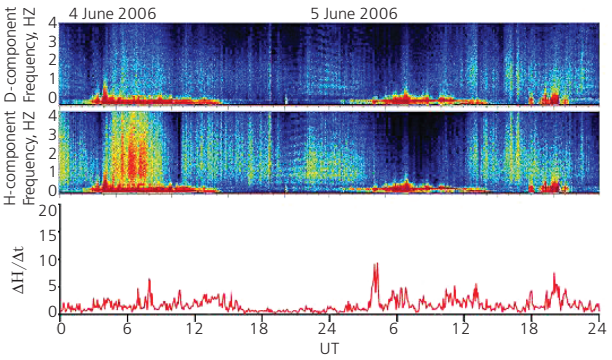


Рис. 30. Вверху: спектрограммы H и D компонент геомагнитных флуктуаций по данным индукционного магнитометра в Баренцбурге 4–5 июня 2006 года; *внизу:* вариации абсолютной величины производной горизонтальной компоненты магнитного поля по данным МВС

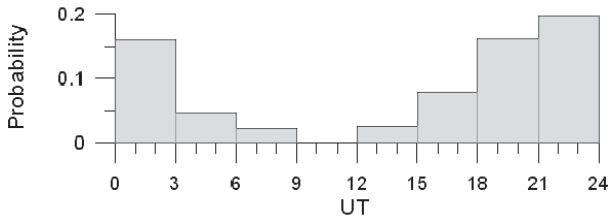


Рис. 31. Суточный ход вероятности наблюдения СРС в Баренцбурге за период 2002–2006 годов

Оптические наблюдения авроральных явлений

Оптические методы исследования магнитосферных процессов являются, пожалуй, самыми наглядными и подчас наиболее информативными. Визуальные наблюдения полярных сияний, первые фотографии авроральных форм, спектры сияний при различных уровнях и типах возмущений легли в основу описания морфологии возмущений, определения многих характеристик их развития.

Планетарное распределение дискретных форм сияний (овал полярных сияний) установлено из анализа результатов наземных фотографических наблюдений камерами всего неба в период Международного геофизического года [Фельдштейн 1960; Фельдштейн 1963; Хорошева 1961; Хорошева 1963]. Исследования пространственного распределения различных типов полярных сияний актуальны и в настоящее время, поскольку геометрия и динамика свечения отражает особенности структуры магнитосферы, динамику различных магнитосферных доменов и поведение электрических полей в магнитосфере. Систематические наземные наблюдения полярных сияний в Арктике, таким образом, продолжают традицию, заложенную более пятидесяти лет назад.

На станции Баренцбург съемка полярных сияний производится телевизионной камерой всего неба, описание которой приведено ранее. Непрерывная работа телевизионных камер всего неба ведется каждый сезон с 2000 года и охватывает весь темный период, с ноября по март. Для наблюдений в специальных экспериментах дополнительно использовалась высокочувствительная аппаратура со специальными параметрами. В сезоны 2000–2001 и 2001–2002 годов в Баренцбурге работал сканирующий фотометр, в 2004–2005 годах – новый комплект аппаратуры для оптических наблюдений, в том числе эмиссионный

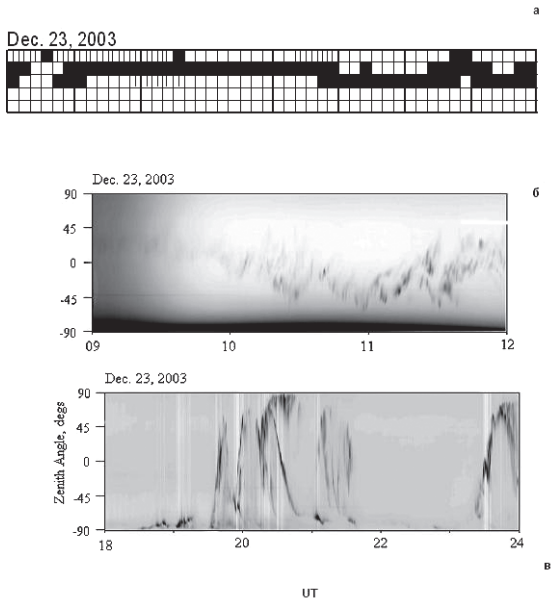


Рис. 32. Аскаплот (а) и кеограммы дневных (б) и ночных (в) сияний обсерватории Баренцбург

4-канальный сканирующий фотометр (ФСК), многоточечный зенитный фотометр для исследования пульсаций полярных сияний (ТЭФ234), высокочувствительный фотометр (ЭФ63) для регистрации искусственного оптического излучения, генерируемого в нагревном эксперименте.

Записи телевизионных камер поступают для хранения в МЦД-Б2 в Апатитах. Для удобства использования и оценки данных сотрудниками лаборатории полярных сияний подготавливаются аскаплоты, близкие к традиционным по представлению информации (*рис. 32 а*) и снимаются кеограммы, содержащие сжатую информацию о распределении свечения в узкой полосе небосвода, как правило ориентированной с юга на север (*рис. 32 б, в*).

Уникальность оптических данных ПГИ обусловлена применяемым способом регистрации. Временное разрешение данных телевизионной установки ПГИ в Баренцбурге во много раз больше, чем у цифровых камер Финского метеорологического института (Финляндия) в Лонгирбюене и Института физики межпланетной среды (Италия) в Ню-Олесунне. Высокое временное разрешение позволяет не только избежать неопределенности при трактовке динамических процессов в сияниях, но и исследовать такие короткоживущие авроральные формы, как, например, пульсирующие сияния.

Ценность телевизионной регистрации сияний возрастает благодаря возможности их цифровой обработки. Сотрудником института И.А. Корниловым разработан комплекс программ, позволяющих с использованием современных методов фильтрации и улучшения изображений применительно к ТВ наблюдениям существенно повысить информативность наблюдений [Корнилов, Корнилов 2003]. Эти методы, основанные на выделении пространственно-временных и яркостных градиентов, использовании двумерных Фурье и вейвлет-преобразований для фильтрации изображения, позволяют выявлять очень тонкие эффекты в динамике форм сияний и вариациях яркости свечения, которые часто неразличимы при иных способах обработки экспериментальных данных.

Еще одним аспектом работы, о котором уже упоминалось, является возможность использования наземных оптических данных совместно с результатами других видов наблюдений, комплексный подход к изучению авроральных процессов, что весьма широко и результативно используется в проводимых исследованиях.

Остановимся на некоторых результатах, полученных на основе оптических наблюдений полярных сияний.

Ночные субвизуальные сияния в высоких широтах

Положение овала и конфигурация овала полярных сияний зависят от уровня магнитной активности [Старков, Фельдштейн 1967а; Старков, Фельдштейн 1967б; Feldstein, Starkov 1967] и существенно меняются в периоды магнитосферных суббурь. Обнаружено существование тонкой структуры – двойного овала – по результатам наземных исследований [Мишин и др. 1970; Mishin et al. 1970] и позже подтверждено в работах [Гусев 1980; Зверев и др. 1988]. Установлено, что вероятность появления дискретных форм сияний выше у границ овала как на фазе восстановления, так и на фазе развития суббури [Зверев и др. 1988; Elphinstone et al. 1995; Старков и др. 2005].

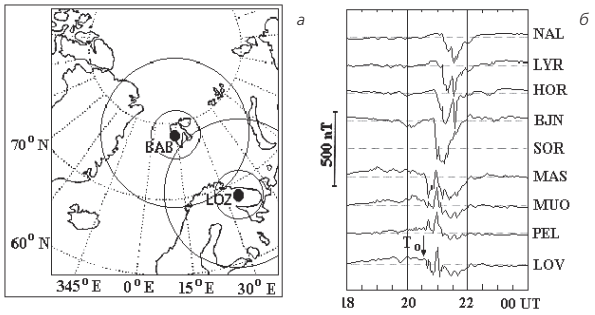


Рис. 33. Фрагмент географической карты *(а)* и магнитограммы Скандинавской цепи станций *(б)*

(а) – большие окружности соответствуют полю зрения телевизионной камеры 90° на высоте 110 км, маленькие – полю зрения 75°;
(б) – X компонента магнитного поля Скандинавской цепи магнитометров и H-компонента магнитного поля в обсерватории Ловозеро 26 декабря 2000 года

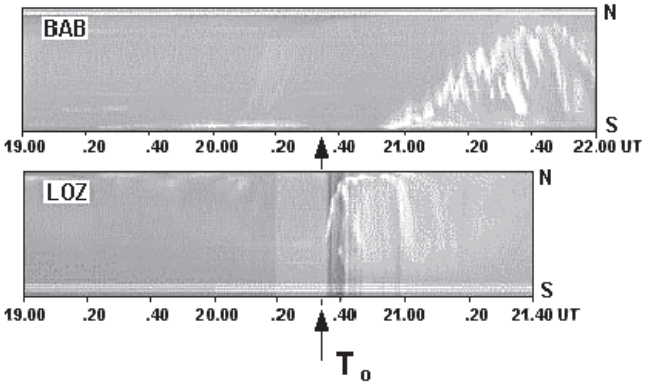


Рис. 34. Кеограммы обсерваторий Баренцбург (BAB) и Ловозеро (LOZ)

Стрелкой помечен момент начала взрывной фазы суббури

Анализ телевизионных и фотометрических наблюдений, выполненных на обсерваториях архипелага Шпицберген, позволил обнаружить слабые формы сияний как внутри двойного овала [Корнилова и др. 2006], так и в области границы полярной шапки [Воробьев и др. 2008]. Выделение данных форм сияний стало возможным благодаря применению упомянутых методов фильтрации телевизионного изображения.

На примере суббури 26 декабря 2000 года опишем структуры и динамику авроральных интенсификаций в двойном овале [Корнилова и др. 2006]. На *рис. 33 а* показан фрагмент географической карты, на которой отмечено положение обсерваторий Баренцбург (BAB) и Ловозеро (LOZ) и поле зрения телевизионных камер (большая окружность – поле зрения 90° на высоте 110 км, маленькая – поле зрения 75°). Поля зрения обеих камер перекрываются, поэтому сияния у южного горизонта обсерватории Баренцбург видны в Ловозеро, а сияния на северном горизонте обсерватории Ловозеро можно наблюдать в Баренцбурге. Магнитограммы скандинавской сети магнитометров и обсерватории Ловозеро представлены на *рис. 33 б*. По данным спутника IMAGE в событии наблюдался двойной овал.

На *рис. 34* приведены стандартные кеограммы камер всего неба обсерваторий Баренцбург и Ловозеро. Взрывная фаза суббури началась с уярчения дуги сияния в 2034 UT и далее последовал бросок активных сияний к полюсу, как и в обычной схеме суббури. Однако рассмотрение кеограмм после фильтрации позволило выделить слабую дугу в зените камеры Ловозеро, появившаяся примерно за 30 минут до брейкапа (T_0). От северной границы дуги с интервалами 5–10 минут отщепляются субвизуальные дуги, дрейфующие к северу вплоть до дискретных форм сияний у северного горизонта станции. Были отмечены также субвизуальные структуры, движущиеся с севера. Начало брейкапа в 2034 UT совпадает с моментом, когда субвизуальная структура, движущаяся с севера, достигла дуги в районе зенита обсерватории Ловозеро. На кеограммах, ориентированных в восточно-западном направлении, прослеживалось движение субвизуальных структур внутри овала как в направлении с востока на запад, так и с запада на восток.

Таким образом, установлено, что при развития суббури в полярных сияниях проявляется взаимодействие между процессами, происходящими в разных областях магнитосферы, проекциями которых являются приполюсная и экваториальная кромки двойного овала, что проявляется в развитии дрейфующих субвизуальных авроральных форм до начала активной фазы суббури.

Субвизуальные формы сияний у полярной кромки овала [Воробьев и др. 2008] заслуживают

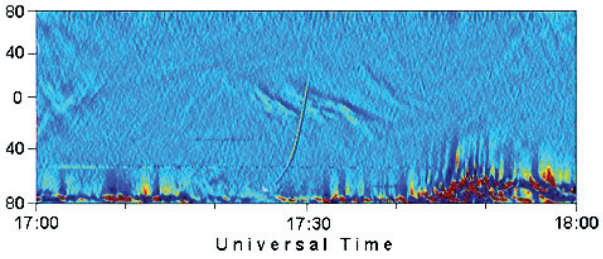


Рис. 35. Градиентная кеограмма, иллюстрирующая динамику сияний на геомагнитном меридиане обсерватории Баренцбург 6 февраля 2002 года в интервале 17.00–18.00 UT

По вертикальной оси отложен зенитный угол, верх кеограммы соответствует направлению на геомагнитный север. Цвета условные

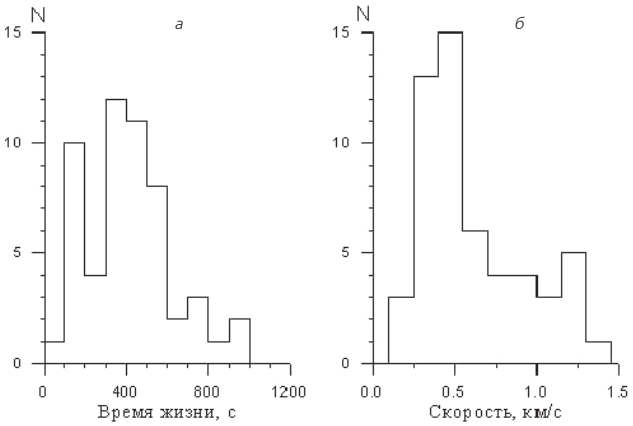


Рис. 36. Гистограммы распределения времени жизни SVA (*а*) и скорости их экваториального движения (*б*)

отдельного рассмотрения. Эти структуры (SVA) располагаются по широте на несколько градусов к полюсу от ярких дискретных форм сияний аврорального овала.

На *рис. 35* показана градиентная кеограмма, иллюстрирующая динамику сияний над обсерваторией Баренцбург 6 февраля 2002 года в интервале 17.00–18.00 UT. На кеограмме хорошо видны достаточно яркие сияния у южного горизонта обсерватории с небольшой активизацией свечения в 17.40–18.00 UT, которая сопровождалась распространением сияний к полюсу. Вариации северо-южной компоненты магнитного поля на меридиональной цепочке магнитометров IMAGE (не приводятся) показывают, что эта активизация сияний сопровождалась появлением небольшой отрицательной бухты в горизонтальной компоненте магнитного поля. На кеограмме в интервале 17.20–17.40 UT (~20.00 MLT) в зените обсерватории можно видеть слабые формы сияний, двигающиеся к экватору. Эти формы сияний располагались примерно на 4°–5° по широте к полюсу от более ярких сияний аврорального овала, которые в этот период наблюдались на широтах около 70° исправленной геомагнитной широты.

По данным сканирующего фотометра, работавшего на станции Ню-Олесунн, этим сияниям соответствуют слабые дуги, вызванные относительно мягкими высыпающимися электронами.

В это время в зените Баренцбурга пролетал спутник F15, детекторы которого зарегистрировали спектр электронов в области SVA с характерным максимумом на энергиях 0,4–0,9 кэВ. Величина потока высыпающихся электронов здесь примерно на порядок ниже, чем в более ярких сияниях аврорального овала.

Всего за три зимних сезона наблюдений авторы обнаружили и исследовали субвизуальные структуры в течение 14 ночей. Случаи появления SVA были зарегистрированы в широком диапазоне долгот ночного сектора от 19 до 04 MLT. На *рис. 36 а* представлена гистограмма, показывающая распределение времени жизни 54 субвизуальных структур. Число событий показано вдоль вертикальной оси. Максимум в распределении приходится на диапазон 400–500 с, а среднее время жизни SVA ~7 мин. Гистограмма скорости движения этих структур представлена на *рис. 36 б*. Все рассмотренные структуры двигались по направлению к экватору. Скорость экваториального движения менялась в пределах от 0,1 до 1,4 км/с. Преимущественным являлось движение со скоростью 0,3–0,5 км/с, средняя скорость составляла 0,6 км/с. Высота SVA для расчета скорости принималась равной H = 200 км.

Таким образом, по данным телевизионных наблюдений на обсерватории Баренцбург с использованием специальных методов обработки изображений в интервале 19-04 MLT обнаружены слабые, субвизуальные сияния (SVA), появляющиеся на 3°–4° по широте к полюсу от более ярких сияний аврорального овала. Среднее время

жизни SVA составляет примерно 7 мин, а средняя скорость экваториального смещения ~0,6 км/с.

Случаи SVA наблюдались в спокойные периоды, главным образом при положительной ориентации Bz компоненты межпланетного магнитного поля. Однако SVA не являются сияниями полярной шапки, так как ориентированы скорее в направлении восток–запад, чем в направлении на Солнце.

Оптические наблюдения показывают, что интенсивность свечения SVA составляет 0,2–0,5 kR в эмиссии 630,0 нм и 0,1–0,3 kR в эмиссии 557,7 нм. Среднее отношение интенсивности эмиссий $I_{5577}/I_{6300} \approx 0{,}5$, что, согласно [Judge 1972], соответствует средней энергии высыпающихся электронов ~0,5–0,7 кэВ. Такие электроны в атмосфере Земли осаждаются на высотах около 200 км [Rees 1963]. По результатам прямых спутниковых наблюдений, спектр электронов SVA имеет максимум в диапазоне 0,4–1,0 кэВ. Поток энергии высыпающихся электронов примерно на порядок ниже, чем в более ярких дугах сияний аврорального овала.

Среди новых результатов, полученных непосредственно по данным телевизионных наблюдений в Баренцбурге, отметим также исследование развития особого типа брейкапа в полярной шапке (полярный брейкап) [Kornilov et al. 2008], обнаружение необычного типа высокочастотных пульсаций в свечении [Kornilov et al. 2003], исследование особенностей развития суббурь на различных фазах магнитной бури [Kornilova et al. 2008].

Очевидно, что оптические наблюдения на распределенной сети станций имеют большую перспективу в исследованиях солнечно-земных связей, и именно эти наблюдения являются надежным базисом для международной кооперации.

Пространственно-временные характеристики авроральных высыпаний

Высокое качество и методически обоснованный подход к организации оптических наблюдений позволили на основе оптических наблюдений рассмотреть ряд принципиально новых задач физики ионосферно-магнитосферной связи. Одной из таких проблем является вопрос о существовании нелинейной связи между параметрами солнечного ветра и проявлениями авроральной активности, или диссипации энергии в верхней атмосфере. Цикл работ по исследованию нелинейной динамики процессов, развивающихся при авроральных возмущениях, выполнил Б.В. Козелов [Kozelov, 2003; Kozelov et al. 2004].

К началу исследований ключевой работой в этой области была работа Баргадзе [Bargatze et al. 1985], в которой по данным одновременных измерений параметров солнечного ветра и индексов авроральной активности была показана нелинейность отклика магнитосферно-ионосферной системы на воздействие солнечного ветра. Вид этой нелинейной связи активно обсуждался во многих работах, однако однозначного заключения относительно предпочтительности той или иной нелинейной модели на основании анализа только рядов авроральных индексов и параметров солнечного ветра сделать не удается.

В рассмотрении динамики системы магнитосфера-ионосфера перспективным представляется подход, основанный на представлении о самоорганизации магнитосферно-ионосферной плазмы в особое самоорганизованно-критическое (СК) состояние.

В соответствии с гипотезой о СК-состоянии, распределенная открытая нелинейная система стремится самоорганизоваться во фрактальные структуры, которые диссипируют энергию на всех масштабах в пространстве и во времени и поэтому имеют степенные распределения вероятности характеристик вспышек активности и спектр мощности типа фликкер-шума [Jensen 1998]. Таким образом, параметры распределения проявлений активности несут информацию о характеристиках состояния системы.

Системы, обладающие режимом СК, из любых начальных условий эволюционируют к неравновесному стационарному состоянию. Вблизи такого состояния в системе наблюдаются переходные процессы, не имеющие определенного характерного масштаба, что приводит к степенным распределениям вероятности для характеристик этих переходных процессов. Сами переходные процессы развиваются по типу цепной реакции и имеют вид «вспышек» активности, то есть для них характерна перемежаемость. Можно ожидать, что

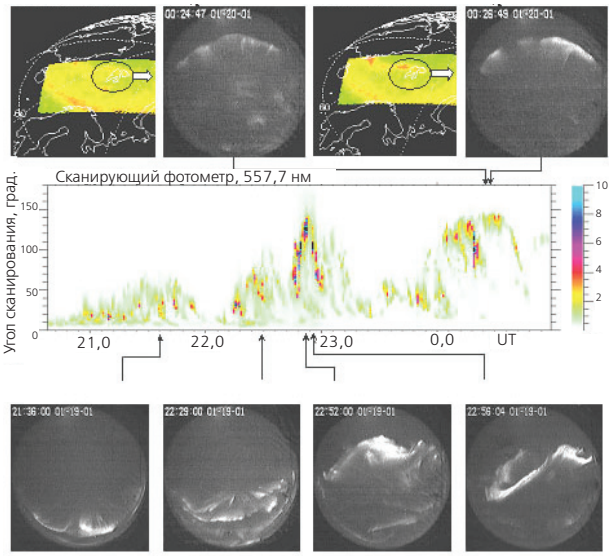


Рис. 37. Пример одновременных наблюдений полярных сияний наземными оптическими приборами обсерватории Баренцбург и спутником IMAGE

свойство целостности, появляющееся у системы в СК-состоянии, приведет к уменьшению эффективной размерности, необходимой для описания ее динамики [Chang 1992].

В работах группы авторов (см. [Uritsky et al. 2003] и ссылки в ней) использовались данные спутника Polar за 4 месяца наблюдений в 1997 и 1998 годах. Оказалось что время жизни, максимальная площадь, интегральный размер (интегрированная по времени площадь), максимальная мощность, интегрированная энергия авроральных пятен имеют степенные распределения в широком диапазоне значений. Более того, связь между пространственной и временной динамикой авроральных пятен, полученная в [Uritsky et al. 2003], согласуется с выводами, следующими из теории СК [Muñoz et al. 1999]. Таким образом, результаты этих работ являлись наиболее обоснованным свидетельством о наличие СК-состояния в магнитосфере.

В то же время измерения, проводимые на спутнике Polar, накладывают ряд ограничений на временное и пространственное разрешение получаемых данных – более 37 с для времени жизни и более 10^4 км^2 для площади авроральных свечения.

В исследовании, выполненном в ПГИ, методический подход, использованный при анализе данных со спутника Polar, был развит и применен к наблюдениям полярных сияний сканирующим фотометром и телевизионными камерами в обсерватории Баренцбург (сезоны 2000–2001 и 2001–2002 годов). При обработке данных телевизионных камер использовались как двумерные характеристики авроральных пятен (площадь), так и линейные (разрез или скан пятна). Специально разработанная система калибровки приборов по яркости звезд позволила выделять области высыпаний с определенными характеристиками по потоку энергии. Такой подход дал возможность получить информацию о параметрах пятен, сопоставимую с опубликованной ранее в [Uritsky et al. 2003].

Данные для одного из рассмотренных событий в качестве иллюстрации приведены на *рис. 37*. На кадрах со спутника поле зрения телевизионной камеры показано овалом. На ТВ-кадрах север сверху, восток слева. Угол сканирования фотометра отсчитывается от южного горизонта. Моменты времени, соответствующие отдельным телевизионным кадрам на сканограмме фотометра, отмечены стрелками.

Индивидуальное пятно выделялось по уровню яркости от 400 до 1000 рэлей. Для телевизионных изображений, помимо площади индивидуального пятна, рассчитывался линейный размер, аналог скана фотометра.

Пространственно-временная эволюция каждого из пятен аврорального свечения прослеживалась по последовательности сканов (или кадров для ТВ-камеры). Рассматривались как двумерные по пространству пятна, так и их одномерные сечения. Для каждого двумерного пятна определялись следующие характеристики: время жизни T, максимальная площадь A, интегральная (по времени) площадь S, максимальная мощность W, интегральная выделенная энергия E (энергетические характеристики оценивались по интенсивности аврорального свечения), а затем были построены статистические распределения характеристик пятен. Оказалось, что эти распределения имеют степенной вид для масштабов от 1 с по времени жизни и от 8 км^2 по площади. Показатель степени зависит от порога интенсивности, выбранного для

выделения пятна. В соответствующем интервале энергий результат совпадает с результатом, полученным по данным со спутника Polar [Uritsky et al. 2002], *рис. 38*.

Впервые по данным наземных оптических наблюдений показано, что статистические распределения пространственно-временных характеристик пятен полярных сияний имеют степенной вид. Диапазон масштабов, для которых наблюдается скейлинговая фрактальность структур высыпания, увеличен более чем на три порядка по времени и пространственным размерам. Фрактальные размерности пятен и их границ связаны, к тому же, известным соотношением [Мандельброт 2002]. Результат является аргументом в пользу наличия самоорганизованного критического состояния в магнитосферно-ионосферной системе Земли.

Исследование вариаций малых составляющих атмосферы

Зона Арктики играет исключительно важную роль в формировании погоды в северном полушарии. Не только метеорежим, но и состав воздуха на широте Шпицбергена представляет интерес для исследователей атмосферных процессов. Регистрация вариаций содержания озона в приземном слое (ПКО) на архипелаге начаты институтом в октябре 2000 года под руководством М.И. Белоглазова, заведующего лабораторией атмосферы Арктики. Результаты исследований неоднократно публиковались [Белоглазов и др. 2005; Демин и др. 2007].

Исследование изменений концентрации атмосферного озона, источников и стоков, особенностей его пространственно-временного распределения, долгопериодных трендов, механизма глобального озонового обмена и роли в нем высокоширотных регионов является одной из актуальных областей в фундаментальной проблеме изучения земной атмосферы и ее загрязнения в результате естественного и антропогенного воздействия.

Изучение динамики ПКО на Шпицбергене в некоторой степени восполняет пробел, вызванный отсутствием станций озонового мониторинга в Российском секторе Арктики. При этом, несмотря

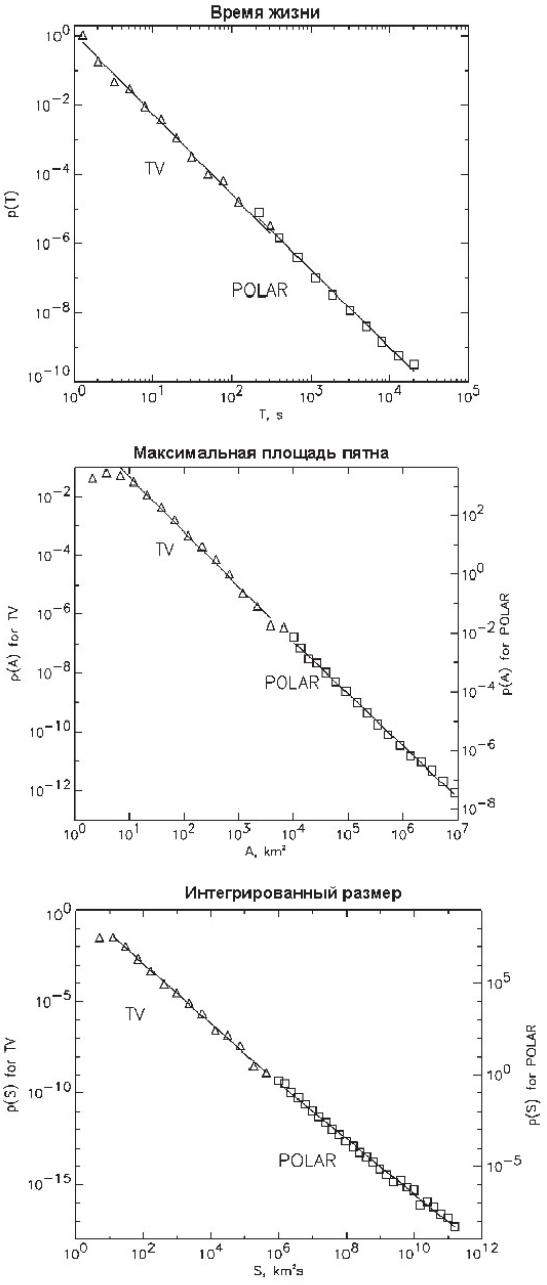


Рис. 38. Сравнение плотностей распределения значений характеристик пятен полярных сияний, полученных по наземным данным (TV) и по данным спутника Polar [Uritsky et al. 2002]

Распределения получены для пятен, выделенных по пороговым значениям интенсивностей свечения, соответствующим потоку энергии высыпающихся частиц $2{,}74 \times 10^{-3}$ *Дж* $\cdot$ $м^{-2} \cdot с^{-1}$

на то, что там происходит добыча угля, архипелаг считается одним из наиболее экологически чистых регионов. Географически обсерватория института расположена на западном побережье острова Западный Шпицберген в 3 км севернее поселка Баренцбург, вблизи мыса Хеэродден, на расстоянии примерно 1 км от заливов Грёнд-фиорд и Исфиорд на высоте 95 м над уровнем моря; географические координаты 78,09° с. ш.; 14,20° в. д.

Климат архипелага арктический, смягченный проходящим у западного побережья Шпицбергена ответвлением Норвежского течения. Благодаря теплому течению, море и заливы у западных берегов Шпицбергена нередко бывают свободными от льда даже зимой, часто не замерзают до января-февраля и освобождаются ото льда в мае-июне, в то время как восточные проливы обычно забиты льдом и летом.

Средняя температура в марте (самый холодный месяц) –12,6 °С, средняя температура июля (самый теплый месяц) +4,5 °С. В зимний период (с сентября по апрель) температура редко опускается ниже –30 °С, в летний (с июня по август), как правило, не превышает +10 °С.

Шпицберген расположен довольно близко к району активной циклонической деятельности. По этой причине для него характерны частые колебания температуры и влажности воздуха, атмосферного давления и силы ветра. Полярный день на широте 78° длится с 19 апреля до 24 августа, а полярная ночь – в период с 27 октября по 15 февраля.

Комплект измерительной аппаратуры, установленный в Баренцбурге в 2001 году для атмосферных исследований, включал следующие приборы:

– хемилюминесцентный газоанализатор озона;
– генератор озоновоздушной смеси;
– датчик температуры воздуха;
– измеритель скорости ветра.

Вся аппаратура была испытана при наблюдениях на материке, проводились сравнительные наблюдения, что давало уверенность в надежности наших измерений.

Наблюдения за приземной концентрацией озона в течение года позволяют выделить характерные особенности, как обусловленные глобальными процессами в атмосфере, так и связанные с локальными факторами. В 2001 году отмечен весенний максимум концентрации озона. Максимальная среднесуточная концентрация наблюдалась 29 апреля и составила 40 млрд$^{-1}$ (объемная доля 40×10^{-9}). Для сравнения укажем, что максимальная среднесуточная концентрация на станции Ловозеро наблюдалась 17 апреля 2001 года и составила 44 млрд$^{-1}$.

В течение весны 2001 года на станции Баренцбург практически не наблюдалось суточных вариаций концентрации озона, амплитуда суточных вариаций озона не превышала 4 млрд$^{-1}$. По-видимому, это связано со слабыми различиями между дневными и ночными условиями в прошедшем сезоне (суточный перепад температур не превышал 1 градуса).

Самой заметной особенностью поведения приземного озона в Арктике являются эпизодические внезапные уменьшения его концентрации в весенний период с уровня 30–40 млрд$^{-1}$ до значений, близких к нулю.

Наблюдения эпизодов понижений концентрации озона на Шпицбергене проводились неоднократно и отмечены связи между появлением вблизи архипелага паковых льдов, увеличением концентрации бромидов в приземном слое и уменьшением приземного озона [Martinez et al. 1999]. Согласно работе [Solberg et al. 1996], такие случаи на Шпицбергене наблюдаются с конца марта по начало июня, а наибольшая повторяемость приходится на конец апреля и первую декаду мая. Продолжительность эпизодов составляет, как правило, несколько дней. Такие эпизоды наблюдаются на станциях, расположенных вблизи от морского льда, а над самими ледовыми полями концентрации озона близки к нулю в 40 процентов времени. В отдельных случаях понижения концентрации озона ниже 10 млрд$^{-1}$ могут наблюдаться и на удалении от ледовых полей на 200–300 км [Карпечко 2001].

В целом по данным наблюдений атмосферных параметров 2001 года:

– выделено два режима поведения концентрации озона на станции Баренцбург. В первом случае станция подвержена сильному влиянию локального загрязнения и в приземном озоне прослеживаются значительные кратковременные вариации. Во втором случае, когда направление

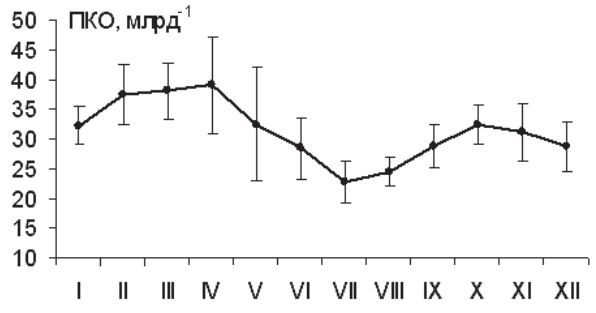


Рис. 39. Годовой ход среднемесячных ПКО в обсерватории Баренцбург (вертикальными отрезками отмечены среднеквадратичные отклонения)

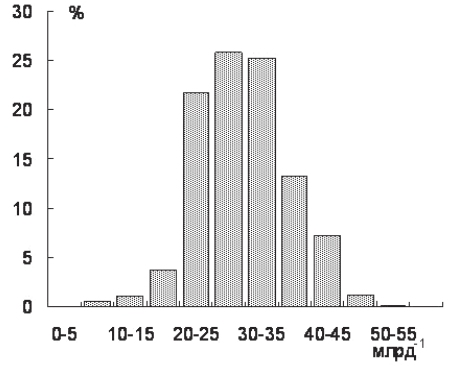


Рис. 40. Повторяемость среднесуточных ПКО в обсерватории Баренцбург, 2005–2006 годы

горизонтального переноса и вертикальное перемешивание сводят влияние локальных источников к минимуму, изменения концентрации озона носит более долгопериодный характер и отражает действие крупномасштабных процессов;

– зарегистрирован один случай внезапного понижения концентрации озона в первой декаде апреля продолжительностью 4 дня. Концентрация озона в этот период составляла 4–8 млрд$^{-1}$, при среднем за апрель значении 25 млрд$^{-1}$. Особенностью этого эпизода является то, что падение произошло в течение нескольких минут, а рост до характерных весенних значений продолжался в течение суток.

В 2005–2006 годах измерения приземной концентрации озона (ПКО) на станции ПГИ проводились двумя газоанализаторами, контроль за метеопараметрами осуществлялся автоматической станцией М-49М. Результаты измерений позволили выявить статистические закономерности вариаций ПКО в районе наблюдений.

Годовой ход среднемесячных ПКО на Шпицбергене представлен на *рис. 39*. Явный весенний максимум озона, вызванный интенсивным поступлением озона из стратосферы при разрушении зимнего циркумполярного вихря, является типичным для большинства станций арктического региона.

Несмотря на то, что метеоусловия на Шпицбергене меняются довольно часто, межсуточная изменчивость ПКО невелика: в период июнь-февраль разность в среднесуточных ПКО между соседними днями в более чем 50% не превышает 2 млрд$^{-1}$, почти в 70% случаев – 3 млрд$^{-1}$ и только в апреле-мае достигает в среднем 6 млрд$^{-1}$. Практически такой же характер носят межсуточные изменения на горной станции «Цеппелин». Это может свидетельствовать о довольно однородных полях ПКО в регионе в период с июня по февраль и более сложном пространственном распределении во второй половине весны.

На *рис. 40* представлена повторяемость среднесуточных ПКО на Шпицбергене. В более чем 50% времени ПКО находятся в диапазоне от 25 до 35 млрд$^{-1}$, в 86% времени ПКО находятся между 20–40 млрд$^{-1}$.

За период измерений содержания озона в приземном слое на Шпицбергене в 2005–2006 годах наиболее высокие значения были зарегистрированы в конце апреля 2006 года: 26 и 27 апреля на обсерватории «Баренцбург» уровень ПКО достиг 55–60 млрд$^{-1}$.

Эпизод со столь высокими и нехарактерными для Арктики концентрациями озона был вызван адвекцией загрязненного воздуха из Восточной Европы (Прибалтика, Беларусь, ЕТР), где в условиях повышенного давления и солнечной погоды происходило фотохимическое образование озона из окислов азота и летучих углеводородов, поступивших в массовом количестве вследствие обширных сельскохозяйственных пожаров (по данным Финского метеорологического института). Это событие весьма подробно проанализировано в специальной работе [Stohl et al. 2007]. Отметим, что в этот же период очень высокие значения ПКО наблюдались во всей Северной Европе [Stohl et

Рис. 41. Участники совещания на подписании протокола главами делегаций 26 октября 2005 года
Слева направо: Фритьоф Мелум, специальный советник Исследовательского совета Норвегии, Осло; *Ян-Гуннар Винтер,* директор Норвежского полярного института, Тромсё; *Пер Баке-Хансен,* специальный советник Исследовательского совета Норвегии, Осло; *Иван Фролов,* директор Государственного научного центра Арктического и антарктического научно-исследовательского института Росгидромета, глава делегации, Санкт-Петербург; *Харальд Лоенг,* Норвежский национальный комитет полярных исследований, глава делегации, Берген; *Сергей Прямиков,* начальник отдела Государственного научного центра Арктического и антарктического научно-исследовательского института Росгидромета, Санкт-Петербург; *Владимир Сафаргалеев,* заместитель директора Полярного геофизического института КНЦ РАН, Апатиты; *Сергей Кисляков,* второй секретарь посольства Российской Федерации, Осло

al. 2007] и на Европейской территории России [Звягинцев и др. 2006].

Таким образом, на основе анализа результатов измерений приземной концентрации озона (ПКО), проведенных в 2005–2006 годах на архипелаге Шпицберген в окрестности поселка Баренцбург нами установлено, что:

– в годовом ходе наиболее высокие концентрации отмечаются весной, а минимальные в июле-августе, как и на других арктических станциях;

– максимальные концентрации озона в периоды полярного дня меньше концентраций в период полярной ночи;

– суточный ход ПКО отсутствует в течение большей части года и даже в летние месяцы выражен крайне слабо (амплитуда менее 4 млрд$^{-1}$);

– межсуточная изменчивость среднесуточных ПКО невелика (в среднем составляет 2 млрд$^{-1}$ и только в апреле-мае увеличивается до 6 млрд$^{-1}$), что свидетельствует о довольно малоградиентном в регионе поле приземного озона в период июнь–февраль;

– случаи наиболее высоких концентраций озона создаются весной при адвекции воздушных масс с континента;

– очевидных признаков антропогенного воздействия поселка Баренцбург на содержание озона в приземном слое в окрестностях обсерватории не выявлено.

Развитие международного сотрудничества

Работа института на архипелаге уже много лет ведется в рамках Соглашения о научно-тех-

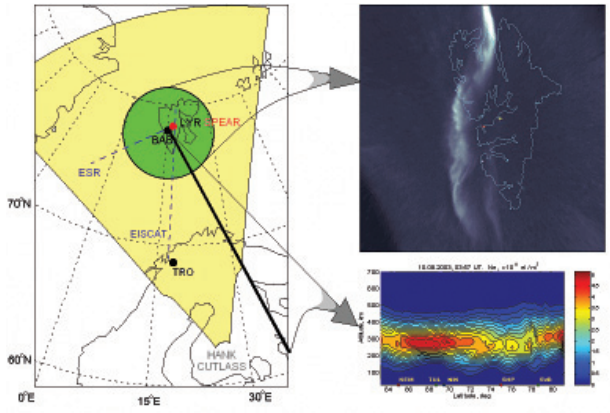


Рис. 42. Поле зрения телевизионной камеры (зеленый круг), цепочка томографических приемников (сплошная линия) и индукционный магнитометр в Баренцбурге (черный кружок BAB) показаны совместно с полем зрения радара CUTLASS (выделено желтым цветом) и лучами радаров EISCAT в Тромсё и Лонгирбюене (синие пунктирные линии). Справа – сияния над Шпицбергеном и реконструкция ионосферных неоднородностей

ническом сотрудничестве в области изучения Арктики и Севера между Министерством образования и науки (прежде – Министерством промышленности, науки и технологий) Российской Федерации и Норвежским исследовательским советом. Ответственный исполнитель с российской стороны – Полярный геофизический институт, научный руководитель – доктор физико-математических наук Е.Д. Терещенко.

Институт ведет научно-технический проект «Комплексные исследования процессов в авроральной зоне, включая дневной касп, на основе радарных измерений EISCAT на Шпицбергене и геофизических наблюдений в Арктике».

В 2005 году в Осло состоялось Четвертое совещание Комитета по кооперации северных и арктических исследований в рамках Соглашения между Минобрнауки РФ и Исследовательским советом Норвегии. На совещании Полярный геофизический институт представлял заместитель директора В.В. Сафаргалеев (*рис. 41*). Комитет отметил высокую активность института в организации и проведении геофизических исследований на Шпицбергене, подготовку института к участию в международных программах Полярного года.

Исключительное положение обсерватории Баренцбург и параметры размещенной там аппаратуры открывают широкий путь к проведению совместных исследований с геофизиками различных стран (*рис. 42*).

Развитием творческих контактов с зарубежными партнерами стали двусторонние соглашения с научными организациями Швеции, Норвегии, Великобритании, Австрии. Соглашение со Шведским институтом космической физики (IRF) предусматривает проведение наблюдений в рамках международного проекта EISCAT совместно с Отделом космической геофизики университета города Оулу (Финляндия).

Соглашение с норвежским Университетским центром на Свальбарде (UNIS) ориентировано на сравнительно новое научное направление – исследование протонных сияний. В рамках соглашения в 2006 году за счет гранта *«Norwegian and Russian Upper Atmosphere Cooperation on Svalbard»* (NORUSCA) с участием сотрудников Полярного геофизического института (С.А. Черноус) была создана специализированная калибровочная лаборатория на базе UNIS [Сигернес и др. 2007]. Первые калибровки спектрографа С-180, изготовленного в ПГИ, были успешно проведены инженером А.В. Ролдугиным (*рис. 43*).

Рис. 43. В калибровочной лаборатории UNIS А. Ролдугин и руководитель гранта профессор Фред Сигернес (фото Eva Therese Jenssen, UNIS, с сайта http://www.unis.no/NEWS/)

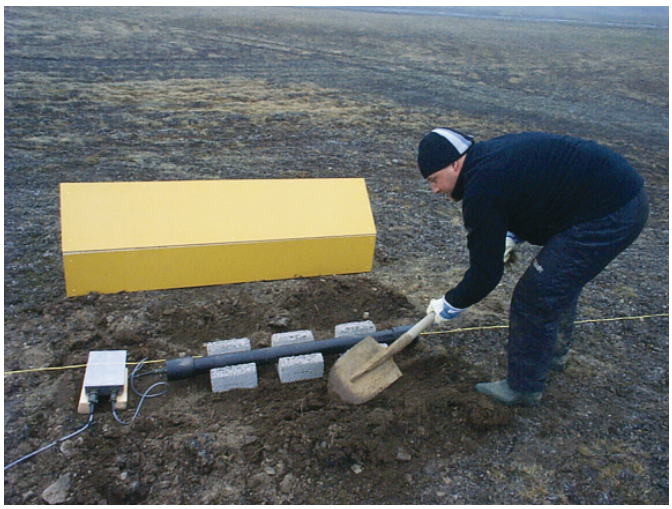


Рис. 44. Коллега из Финляндии занимается установкой датчика индукционного магнитометра вблизи обсерватории, июль 2005 года

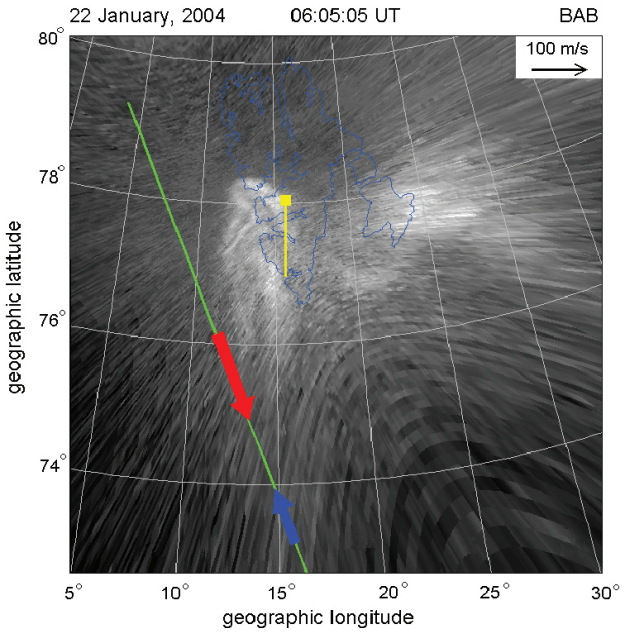


Рис. 45. Авроральный факел над Шпицбергеном

Формирование факела связано с появлением двух потоков ионосферной плазмы противоположного направления. Факел вытягивается в направлении, противоположном потоку плазмы вне него (красная стрелка), у подножья факела плазма дрейфует к полюсу (синяя стрелка). Зеленым и желтым цветом показаны лучи радаров EISCAT и ESR соответственно (из работы Safargaleev et al. 2005)

В этом же году по гранту «Network for ground-based optical auroral research in the Arctic region» (NordAuropt) сотрудник ПГИ, кандидат физико-математических наук А.С. Кириллов был приглашен в UNIS для совместной работы по исследованию оптических эффектов протонных высыпаний в высокоширотной атмосфере.

В рамках Соглашения о сотрудничестве с университетом города Лестер (Великобритания) ведутся работы по проекту «High-latitude geophysical studies in the Spitsbergen archipelago». Работа предусматривает исследование геомагнитных пульсаций и свечения ночного неба как естественного, так и искусственного происхождения, в частности работы в рамках международного проекта SPEAR. Совместно с финскими коллегами британские исследователи в 2005 году установили индукционный магнитометр рядом с обсерваторией института в Баренцбурге (*рис. 44*). Совместные работы по нагревному эксперименту принесли принципиально новые результаты, описанные ранее.

Иллюстрацией успешного международного сотрудничества можно считать цикл работ, выполненных под руководством В.В. Сафаргалеева.

В феврале 2003 года во время рабочего визита сотрудников ПГИ в Швецию было принято решение объединить усилия специалистов по полярным сияниям из ПГИ, Шведского института космической физики (Кируна, Швеция) и Отдела космической геофизики университета города Оулу (Финляндия) и провести на Шпицбергене в январе 2004 года совместную наблюдательную кампанию с целью исследования динамики полярных сияний в контексте ионосферной конвекции. Была составлена программа исследований, под которую Международная ассоциация EISCAT выделила за счет шведской и финской сторон 25 часов «радарного» времени. Программа получила поддержку организации Svenska Institutet в виде 7-месячной стипендии для работы одного из сотрудников ПГИ в Швеции, что позволило провести анализ полученных данных быстро и плодотворно. Результатом плодотворной работы в сезонах 2004–2005 годов явились разработанные вопросы о характере взаимодействия магнитосферы Земли в дневной области с солнечным ветром, включая реакцию магнитосферы на вне-

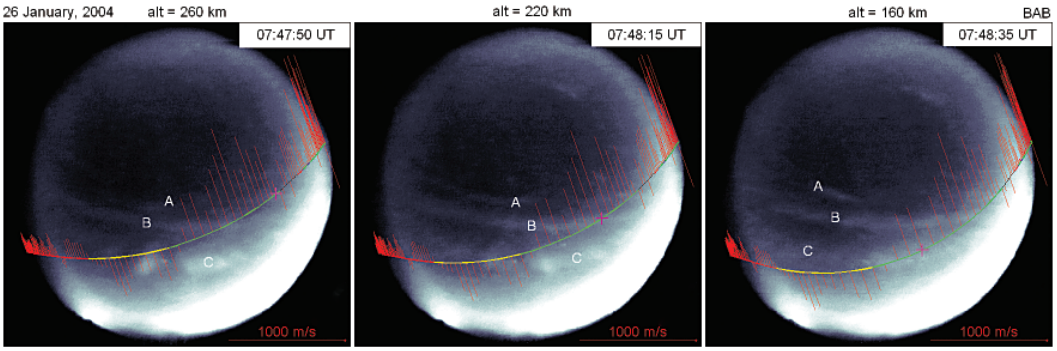


Рис. 46. Пролет спутника DMSP над системой дуг A, B и C, формирующих структуру типа PMAF

Разным цветом отмечены ионосферные проекции различных магнитосферных доменов, определяемые по характеристикам высыпающихся частиц. Крестик показывает положение спутника в момент пролета над дугой. При проектировании спутника учитывается высота соответствующей дуги, оцененная по спектру высыпающихся частиц. Все три дуги находятся на замкнутых силовых линиях внутри низкоширотного пограничного слоя (зеленый фрагмент траектории)

запные импульсы давления солнечного ветра, изменения ориентации межпланетного магнитного поля, развитие пересоединения на дневной стороне. Остановимся на работе [Safargaleev et al. 2005], посвященной развитию необычного явления – авроральной омега-формы, связанной с возбуждением геомагнитных пульсаций типа Ps6. Омега-формы развиваются в сияниях, как правило, в послеполуночном секторе на фазе восстановления суббури. В событии 24 января 2004 года омега-форма и развившийся из нее авроральный факел сформировались на дневной стороне. Анализ оптических и радарных данных показал, что развитие такой формы возможно в зоне обращения конвекции (*рис. 45*). Формирование такой зоны вполне можно объяснить как результат развития перестановочной неустойчивости на градиентной границе магнитосферной дневных плазмы, образованной при пересоединении магнитного поля на дневной стороне.

Проявление модифицированной перестановочной неустойчивости было обнаружено в развитии в утреннем секторе авроральных форм, дрейфующих к полюсу (PMAF), возникновение которых может стимулироваться резкой сменой направления ММП либо импульсом давления солнечного ветра [Kozlovsky et al. 2003; Safargaleev et al., 2004]. На *рис. 46* показано распределение сияний в поле зрения телевизионной камеры всего неба в Баренцбурге в событии 24 января 2004 года. Система дуг A, B и C формирует структуру типа PMAF. В поле зрения камеры приведена траектория спутника DMSP и обозначено распределение скорости дрейфа плазмы поперек траектории. Разным цветом на траектории отмечены ионосферные проекции различных магнитосферных доменов, определяемые по характеристикам высыпающихся частиц. Все три дуги находятся на замкнутых силовых линиях внутри низкоширотного пограничного слоя (зеленый фрагмент траектории). Этот случай типичен в том смысле, что все обнаруженные в исследовании дуги типа PMAF располагались на замкнутых силовых линиях. В целом можно утверждать, что наблюдаемые PMAF не связаны с пересоединением непосредственно – пересоединение формирует неустойчивую границу между магнитосферной и захваченной в ходе пересоединения плазмой [Сафаргалеев и др. 2004; Kozlovsky et al. 2003; Kozlovsky et al. 2005; Safargaleev et al. 2003; Safargaleev et al. 2005; Safargaleev et al. 2008].

Завершая тему, отметим, что этой группой исследовано также развитие волновой турбулентности в диапазоне 0,1–5 Гц вблизи подсолнечной точки. Турбулентность диагносцируется по данным спутников. Используя наземную сеть магнитометров, удается установить характер распространения волнового возмущения. Привлечение данных радаров позволило связать локализованные в области высоких широт пульсации с дрей-

Рис. 47. Конференцию «Российская наука на Шпицбергене в третьем тысячелетии» открывает директор ПГИ, доктор наук Е.Д. Терещенко. Баренцбург, 4 сентября 2001 года

Рис. 48. В зале конференции

На переднем плане – Тони ван Эйкен, С.В. Леонтьев, В.Е. Иванов

Рис. 49. Участники научной конференции «Геофизические исследования на архипелаге Шпицберген». Баренцбург, 2004 год

Слева направо: С. Шадрин, А.Н. Васильев, В.Е. Иванов, А. Берцес, Х. Лихтенеггер, А.Н. Виноградов, Н.В. Семенова, Х. Ламмер, Я.А. Сахаров, А.С. Студенецкий, Б.Б. Гвоздевский, Ю.В. Федоренко, Е.Д. Терещенко, В.Ф. Григорьев

фующими через ионосферу над Шпицбергеном ионосферными неоднородностями, представляющими подошвы пересоединившихся силовых трубок [Safargaleev et al. 2004; Safargaleev et al. 2008].

Одним из этапов международного сотрудничества стали научные конференции, регулярно проводимые институтом в Баренцбурге. Первая из них, «Российская наука на Шпицбергене в третьем тысячелетии», состоялась в сентябре 2001 года (*рис. 47, 48*). Конференцию открыл директор ПГИ, доктор физико-математических наук Е.Д. Терещенко. Основная тематика докладов, представленных на конференции, – текущее состояние, первые результаты и перспективы развития геофизических исследований на архипелаге Шпицберген. Директор EISCAT Тони ван Эйкен рассказал о возможностях некогерентного радара на Шпицбергене ESR. Он выразил искреннюю заинтересованность в сотрудничестве и пригласил участников конференции посетить установку ESR вблизи Лонгирбюена.

В дальнейшем конференции «Геофизические исследования на архипелаге Шпицберген» проводились в 2004 (*рис. 49*) и 2006 годах. Среди участников конференции 2006 года вновь был Тони ван Эйкен. Теперь темой для обсуждения стали совместные работы по проекту SPEAR (*рис. 50, 51, 52*). По итогам конференции 2006 года издан сборник трудов, отражающих основные результаты оригинальных исследований, выполненных геофизиками на архипелаге [Conference 2006]. Может возникнуть вопрос, насколько оправдан выбор места для проведения научной конференции? Почему в Баренцбурге, а не в Мурманске или в Москве? А именно потому, что мы обсуждаем результаты исследований, выполненных на арктическом архипелаге. Арктика остается Арктикой даже в короткие летние месяцы.

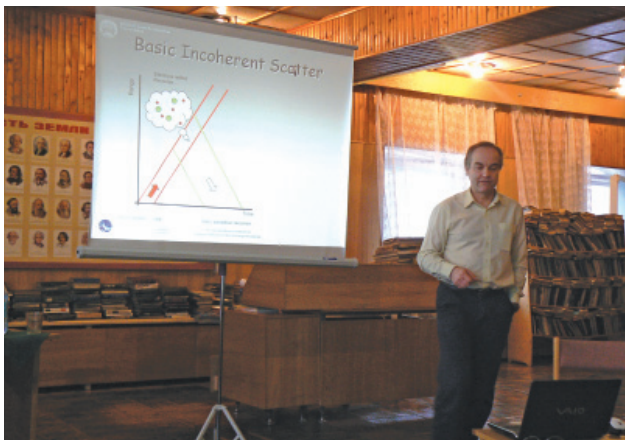


Рис. 50. С докладом выступает Тони ван Эйкен. Баренцбург, 4 октября 2006 года

Рис. 51. Сотрудница ESR Лиза Бадделей выступает с докладом о параметрах экспериментальной установки SPEAR на конференции «Геофизические исследования на архипелаге Шпицберген». Баренцбург, 2006 год

Решать непростые вопросы взаимодействия с «Арктикуглем», проблемы организации и проведения наблюдений, размещения аппаратуры, смены персонала удается на рабочих совещаниях (*рис. 53*). Такие совещания проведены в 2002, 2003 и 2008 годах. Активное участие в них принимают сотрудники Президиума КНЦ РАН (*рис. 54*). Рабочее научно-организационное совещание 2008 года было приурочено к открытию нового здания обсерватории (*рис. 55*). На совещании подведены итоги работы института по программе Международного полярного года.

Все работы института на архипелаге проходят при активной поддержке треста «Арктикуголь». Гостеприимные хозяева и добрые соседи, владельцы фактории обеспечивают нас транспортом и теплом, снабжают продуктами, помогают в строительстве и с доставкой грузов. Взаимовыручка и поддержка чувствуется во всем. В Арктике иначе нельзя.

Неизменной теплотой, деловитостью и подлинной заботой отмечены контакты с сотрудниками Генерального консульства РФ на Шпицбергене (*рис. 56*). За восемь лет сотрудники консульства сменились не один раз, но мы помним, что Генеральные консулы Анатолий Николаевич Бурлаков, Александр Анатольевич Антипов и Вячеслав Геннадиевич Николаев проявляли неподдельный интерес к развитию исследований на архипелаге и расширению научного присутствия в Баренцбурге.

Рис. 52. Сообщение об оптических исследованиях в Баренцбурге делает Ю.В. Федоренко. Баренцбург, 4 октября 2006 года

Рис. 53. Участники рабочего совещания в Баренцбурге на приеме у директора рудника В.Т. Гукова

Слева направо: Е.Д. Терещенко, В.Т. Гуков, Я.А. Сахаров, Кьелл Торе Хансен. Лонгирбюен, 2002 год

Рис. 54. Участники рабочего совещания 2003 года в аэропорту Лонгирбюена

Слева направо: В.П. Петров, заместитель председателя президиума КНЦ РАН; *Ю.А. Мельниченко*, заместитель директора ПГ; *Е.Д. Терещенко*, директор ПГИ; *Я.А. Сахаров*, заведующий лабораторией; *В.Е. Иванов*, заместитель директора ПГИ; *В.Ф. Григорьев*, помощник директора ПГИ; *А.С. Студенецкий*, представитель Министерства науки; *В.П. Бакшеев*, заместитель управделами КНЦ РАН; *А.Н. Виноградов*, главный ученый секретарь КНЦ РАН

Рис. 55. Открытие нового здания радиофизической обсерватории на полевой станции в Баренцбурге, 2008 год

Первый ряд (слева направо): А.В. Грабленко, начальник ЗГМО «Баренцбург»; *С.М. Прямиков*, начальник отдела ААНИИ; *Ю.В. Федоренко*, заведующий сектором ПГИ КНЦ РАН; *В.Ф. Григорьев*, помощник директора ПГИ КНЦ РАН; *А.П. Веселов*, генеральный директор государственного треста «Арктикуголь»; *Е.Д. Терещенко*, директор ПГИ КНЦ РАН; *В.Г. Николаев*, генеральный консул РФ на Шпицбергене; *В.П. Петров*, заместитель председателя президиума КНЦ РАН; *В.Е. Иванов*, заместитель директора ПГИ КНЦ РАН

Рис. 56. На приеме у генерального консула РФ в Баренцбурге, 2001 год

Слева направо: А.С. Студенецкий, Я.А. Сахаров, генеральный консул РФ А.Н. Бурлаков, Е.Д. Терещенко, Т. ван Эйкен

Исследования процессов взаимодействия солнечного ветра с земной магнитосферой, развернутые Полярным геофизическим институтом на Шпицбергене на рубеже веков, развиваются от сезона к сезону. Импульс, полученный с началом нового периода работ на Шпицбергене, мобилизовал творческие силы всего коллектива. Укрепляются связи с зарубежными учеными, в период Международного полярного года закончено строительство нового здания обсерватории, совершенствуется измерительная аппаратура, расширяется участие в международных проектах и программах, налажена связь обсерватории с институтом по сети Интернет. Что немаловажно, к исследованию тайн ближнего космоса привлекаются свежие силы, все больше молодых исследователей пробуют работать в полярных широтах. В одной статье трудно описать все результаты, полученные коллективом института за семь лет исследовательской работы на архипелаге. Мы постарались осветить наиболее существенные моменты в развитии исследований.

Литература

Акасофу 1971 – *Акасофу С.* Полярные и магнитосферные бури. М.: Мир, 1971. 317 с.

Балабин и др. 2009 – *Балабин Ю.В., Гвоздевский Б.Б., Вашенюк Э.В., Щур Л.И.* Динамика релятивистских СКЛ и регистрация множественных нейтронов в событии 13.12.2006 г. // Известия РАН, серия физическая. 2009. Т. 73. № 3. С. 321–323.

Белоглазов и др. 1987 – *Белоглазов М.И., Белоглазова Г.П., Забавина И.Н., Шишаев В.А.* Предварительные результаты эксплуатации приемно-измерительного СДВ-комплекса на Шпицбергене // Распространение радиоволн километрового диапазона. Апатиты: КФ АН СССР, 1987. С. 12–14.

Белоглазов и др. 1997 – *Белоглазов М.И., Боровков Л.П., Васильев А.Н., Воронин А.И., Лазутин Л.Л., Носков С.П., Черноус С.А., Сирота В.Г., Хенриксен К.* Хемилюминесцентный озонометр // Приборы и методика геофизического эксперимента: Сборник научных трудов ПГИ КНЦ РАН. Мурманск: МИП-999, 1997. С. 43–48.

Белоглазов и др. 2005 – *Белоглазов М.И., Демин В.И., Карпечко А.Ю.* Изменчивость приземной концентрации озона в окрестностях Баренцбурга // Сб. материалов Пятой Международной конференции «Комплексные исследования природы Шпицбергена». Вып. 5. Апатиты: КНЦ РАН, 2005. С. 85–95.

Белопольский 1900 – *Белопольский А.А.* Об одном способе подчеркивания слабых линий звездных спектрограмм // Известия Императорской Академии Наук. 1900. V сер. Т. XII. № 2. С. 205–210.

Беляев и др. 1987 – *Беляев П.П., Поляков С.В., Рапопорт В.О., Трахтенгерц В.Ю.* Обнаружение резонансной структуры спектра атмосферного электромагнитного шумового фона в диапазоне короткопериодных геомагнитных пульсаций // Доклады Академии наук СССР. 1987. Т. 297. С. 840–843.

Беляев и др. 2002 – *Беляев П.П., Поляков С.В., Ермакова Е.Н. и др.* Первые эксперименты по генерации и приему искусственных УНЧ излучений (0,3–12 Гц) на дистанции 1500 км // Известия вузов. Радиофизика. 2002. Т. 45. № 2. С. 151–162.

Васильев 1915 – *Васильев А.С.* На Шпицберген и по Шпицбергену во время градусного измерения. Одесса: Б.И. Сапожников, 1915.

Вашенюк и др. 2006 – *Вашенюк Э.В., Балабин Ю.В., Гвоздевский Б.Б., Карпов С.Н.* Релятивистские солнечные протоны в событии 20 января 2005 г. Модельные исследования // Геомагнетизм и аэрономия. 2006. Т. 46. № 4. С. 449–455.

Вашенюк и др. 2007 – *Вашенюк Э.В., Балабин Ю.В., Гвоздевский Б.Б., Мирошниченко Л.И.* Характеристики релятивистских СКЛ в крупных событиях на уровне земли // Известия РАН, серия физическая. 2007. Т. 71. № 7. С. 968–971.

Вашенюк и др. 2008 – *Вашенюк Э.В., Балабин Ю.В., Гвоздевский Б.Б., Щур Л.И.* Характеристики релятивистских СКЛ в событии 13 декабря 2006 г. // Геомагнетизм и Аэрономия. 2008. Т. 48. № 2. С. 157–161.

Велихов и др. 2007 – *Велихов Е.П., Терещенко Е.Д., Щорс Ю.Г., Багиров Т.А., Жданов М.С., Григорьев В.Ф., Сидоренко А.Е., Миличенко А.Н.* Использование мощных стационарных источников экстремально низкочастотного электромагнитного поля в задаче дистанционного зондирования // Инновационные электромагнитные методы геофизики: Первая Международная нобелевская

научная конференция, Салехард, 5 – 8 июля 2007: Тезисы конференции. Салехард, 2007. С. 15.

Волков, Мальцев 1986 – *Волков М.А., Мальцев Ю.П.* Желобковая неустойчивость внутренней границы плазменного слоя // Геомагнетизм и аэрономия. 1986. Т. 26. № 5. С. 798–801.

Воробьев 1993 – *Воробьев В.Г.* Динамика холловских вихрей в дневной высокоширотной области // Геомагнетизм и аэрономия. 1993. Т. 33. № 5. С. 58–68.

Воробьев, Турянский 1983 – *Воробьев В.Г., Турянский В.А.* Особенности поведения эмиссий (OI) λ5577 Å и λ6300 Å в дневных сияниях // Геомагнетизм и аэрономия. 1983. Т. 23. № 6. С. 957–962.

Воробьев и др. 1984 – *Воробьев В.Г., Тагиров В.Р., Черноус С.А.* Взаимное положение зоны мягких вторжений и авроральных пульсаций в дневной полярной области // Геомагнетизм и аэрономия. 1984. Т. 24. № 2. С. 337–339.

Воробьев и др. 1993 – *Воробьев В.Г., Зверев В.Л., Старков Г.В.* Геомагнитные импульсы в дневной высокоширотной области: основные морфологические характеристики и связь с динамикой дневных сияний // Геомагнетизм и аэрономия. 1993. Т. 33. № 5. С. 69–79.

Воробьев и др. 2008 – *Воробьев В.Г., Корнилов И.А., Корнилова Т.А., Ягодкина О.И., Сандхольт П.Е., Либекк Б.* Ночные субвизуальные сияния в высоких широтах // Геомагнетизм и аэрономия. 2008. Т. 48. С. 634–642.

Гусев 1980 – *Гусев М.Г.* О случаях бизональной структуры в распределении полярных сияний // Магнитосферная суббуря. Якутск: ЯФ Со АН СССР, 1980. С. 112–119.

Демин и др. 2007 – *Демин В.И., Белоглазов М.И., Шишаев В.А.* О содержании озона в приземном слое на архипелаге Шпицберген в 2005–2006 годах // Оптика атмосферы и океана. 2007. Т. 20. № 10. С. 906–909.

Евлашин 1961 – *Евлашин Л.С.* Полярные сияния красного цвета типа А в высоких широтах // Геомагнетизм и аэрономия. 1961. Т. 1. С. 531–533.

Евлашин 1964 – *Евлашин Л.С.* О характере свечения полярных сияний, наблюдаемых в приполюсной области // Геомагнетизм и аэрономия. 1964. Т. 4. № 1. С. 188–189.

Ефимов 1958 – *Ефимов П.А.* Русское градусное измерение на Шпицбергене в 1899–1901 годах. М.: Изд. геодезической литературы, 1958.

Зверев и др. 1988 – *Зверев В.Л., Корнилова Т.А., Старков Г.В.* Меридиональная структура аврорального овала во время суббури // Морфология и физика полярных сияний. Апатиты: КФ АН СССР, 1988. С. 77–82.

Звягинцев и др. 2006 – *Звягинцев А.М., Иванова Н.С., Крученицкий Г.М., Кузнецова И.Н., Демин В.И.* Содержание озона над территорией Российской Федерации во втором квартале 2006 года // Метеорология и гидрология. 2006. № 8. 119–123.

Карпечко 2001 – *Карпечко А.Ю.* Особенности формирования приземного озона в высоких широтах: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Препринт. Апатиты: КНЦ РАН, 2001.

Корнилов, Корнилов 2003 – *Корнилов И.А., Корнилов О.И.* Использование методов улучшения изображений для обработки авроральных телевизионных данных // Техника и методика геофизического эксперимента. Апатиты, 2003. С. 86–91.

Корнилова и др. 2006 – *Корнилова Т.А., Корнилов И.А., Корнилов О.И.* Структура и динамика авроральных интенсификаций в двойном овале: суббуря 26 декабря 2000 года // Геомагнетизм и аэрономия. 2006. Т. 46. № 4. С. 477–484.

Косолапенко 1981 – *Косолапенко В.И.* Локальное увеличение полного электронного содержания и мерцаний сигналов ПСЗ в области полярного каспа // Распределение электронов и физические процессы в полярной ионосфере. Апатиты: КФ АН СССР, 1981. С. 42–28.

Куницын и др. 2007 – *Куницын В.Е., Терещенко Е.Д., Андреева Е.А.* Радиотомография ионосферы. М.: Физматлит, 2007.

Лебединский 1955 – *Лебединский А.И.* О некоторых применениях широкоугольной зеркальной камеры // Доклады Академии наук СССР. 1955. Т. 102. № 3. С. 473–475.

Лычкина и др. 1992 – *Лычкина И.В., Остапенко А.А., Федоренко Ю.В.* Волновая структура естественных ОНЧ излучений по наземным многокомпонентным измерениям // Геомагнетизм и аэрономия. 1992. Т. 32. № 5. С. 51–56.

Мальцев 1995 – *Мальцев Ю.П.* Лекции по магнитосферно-ионосферной физике. Апатиты: ПГИ КНЦ РАН, 1995.

Мандельброт 2002 – *Мандельброт Б.* Фрактальная геометрия природы. М.: Институт компьютерных исследований, 2002.

Мишин и др. 1970 – *Мишин В.М., Самсонов В.П., Сайфутдинова Т.И., Курилов В.А.* Основные зоны корпускулярных высыпаний в ионосферу // Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца. № 11. Иркутск: Наука, 1970. С. 3–23.

Надубович, Старков 1962 – *Надубович Ю.А., Старков Г.В.* Волокнистая структура слабых однородных дуг полярных сияний // Геомагнетизм и аэрономия. 1962. Т. 2. № 1. С. 71–73.

Поляков 1976 – *Поляков С.В.* О свойствах ионосферного альвеновского резонатора // Тезисы докладов симпозиума КАПГ по солнечно-земной физике, ч. III. Тбилиси, 1976. С. 72–73.

Сафаргалеев и др. 2004 – *Сафаргалеев В.В., Тагиров В.Р., Осипенко С.В., Кудряшова Н.В.* Отклик послеполуденных полярных сияний на изменения Bz компоненты ММП // Геомагнетизм и аэрономия. 2004. Т. 44. С. 345.

Семенова и др. 2005 – *Семенова Н.В., Яхнин А.Г., Васильев А.Н., Носков С.П., Воронин А.И.* Первые наблюдения резонансных структур в спектрах электромагнитного шума в герцовом диапазоне на широтах полярной шапки // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 5. Апатиты: КНЦ РАН, 2005. С. 120–131.

Сигернес и др. 2007 – *Сигернес Ф., Холмс И.М., Черноус С.А., Свиню Т., Дирланд М., Лоренцен Д.А., Моен И., Дир Ч.С.* Абсолютная калибровка оптических приборов с малым полем зрения // Оптический журнал. 2007. Т. 74. № 10. С. 29–35.

Старков, Фельдштейн 1967а – *Старков Г.В., Фельдштейн Я.И.* Схема элементарного возмущения в полярных сияниях на дневной стороне Земли // Геомагнетизм и аэрономия. 1967. Т. 7. С. 367–369.

Старков, Фельдштейн 1967б – *Старков Г.В., Фельдштейн Я.И.* Изменение границ овальной зоны полярных сияний // Геомагнетизм и аэрономия. 1967. Т. 7. № 1. С. 62–71.

Старков и др. 2005 – *Старков Г.В., Воробьев В.Г., Фельдштейн Я.И.* Взаимное положение областей авроральных вторжений и дискретных форм полярных сияний // Геомагнетизм и аэрономия. 2005. Т. 45. № 2. С. 182–192.

Терещенко и др. 2003 – *Е.Д. Терещенко, Б.З.Худукон, Н.Ю.Романова, А.А.Галахов, Ю.А. Мельниченко, В.М.Сухоруков.* Радиотомографические наблюдения электронной плотности ионосферы на меридиане архипелаг Шпицберген – Кольский полуостров – Карелия // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2003. Т. 78. Вып. 11. С. 1221–1222.

Терещенко и др. 2004а – *Терещенко Е.Д.., Худукон Б.З., Романова Н.Ю., Галахов А.А., Мельниченко Ю.А., Сухоруков В.М.* Радиотомографические наблюдения электронной плотности ионосферы на меридиане архипелаг Шпицберген – Кольский полуостров – Карелия – г. Москва // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 4. Апатиты: КНЦ РАН, 2004. С. 70–83.

Терещенко и др. 2004б – *Терещенко Е.Д., Худукон Б.З., Романова Н.Ю., Галахов А.А., Мельниченко Ю.А., Сухоруков В.М.* Радиотомографические наблюдения электронной плотности ионосферы на меридиане архипелаг Шпицберген – Кольский полуостров – Карелия – г. Москва // Арктика и Антарктика. Вып. 3. М.: Наука, 2004. С. 5–15.

Терещенко и др. 2005 – *Терещенко Е.Д., Сидоренко А.Е., Григорьев В.Ф., Васильев А.Н., Собчаков Л.А., Васильев А.В.* Особенности частотной зависимости горизонтальных компонент магнитного поля в ультра- и сверхнизкочастотном диапазонах // Письма в Журнал технической физики. 2005. Т. 31. № 14. С. 30–33.

Терещенко и др. 2007а – *Терещенко Е.Д., Григорьев В.Ф., Сидоренко А.Е., Миличенко А.Н., Мольков А.В., Собчаков Л.А., Васильев А.В.* О возможности квазивертикального радиозондирования ионосферы в крайне низкочастотном диапазоне // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2007. Т. 85. Вып. 8. С. 471–473.

Терещенко и др. 2007б – *Терещенко Е.Д., Григорьев В.Ф., Сидоренко А.Е., Миличенко А.Н., Собчаков Л.А., Васильев А.В.* Влияние ионосферы на электромагнитные волны от наземного излучателя в диапазоне частот 1–10 Гц // Геомагнетизм и аэрономия. 2007. Т. 47. № 6. С. 1–2.

Терещенко и др. 2007в – *Терещенко Е.Д., Григорьев В.Ф., Сидоренко А.Е., Миличенко А.Н., Собчаков Л.А.* Влияние ионосферы на возбуждение КНЧ-волн в переходной зоне // Инновационные электромагнитные методы геофизики: Первая Международная нобелевская научная конференция: тезисы конференции. Салехард, 5–8 июля 2007. С. 14.

Уракберг 2001 – *Уракберг У.* Сотрудничество и результаты шведско-российской экспедиции на Шпицбергене по измерению дуги меридиана // Международное сотрудничество в Арктике. М.: Институт археологии РАН; Арктикуголь, 2001. С. 3–4.

Фельдштейн 1960 – *Фельдштейн Я.И.* Географическое распределение полярных сияний и азимуты дуг // Исследования полярных сияний. № 4. М.: Наука, 1960. С. 61–78.

Фельдштейн 1963 – *Фельдштейн Я.И.* Некоторые вопросы морфологии полярных сияний и геомагнитных возмущений в высоких широтах // Геомагнетизм и аэрономия. 1963. Т. 3. № 2. С. 227–239.

Хвостиков 1948 – *Хвостиков И.А.* Свечение ночного неба. М.–Л.: АН СССР, 1948. 496 с.

Хорошева 1961 – *Хорошева О.В.* Пространственно-временное распределение полярных сияний и их связь с высокоширотными геомагнитными возмущениями // Геомагнетизм и аэрономия. 1961. Т. 1. № 5. С. 695–701.

Хорошева 1962 – *Хорошева О.В.* Суточный дрейф замкнутого кольца полярных сияний // Геомагнетизм и аэрономия. 1962. Т. 2. № 5. С. 839–850.

Хорошева 1963 – *Хорошева О.В.* Протяженность дуг полярных сияний и их пространственная ориентация // Геомагнетизм и аэрономия. 1963. Т. 3. № 2. С. 363–366.

Хорошева 1967 – *Хорошева О.В.* Пространственно-временное распределение полярных сияний. М.: Наука, 1967. 82 с.

Худукон и др. 1997 – *Худукон Б.З., Евстафьев О.В., Мельниченко Ю.А.* Автоматизированный мобильный комплекс диагностики неоднородной структуры ионосферы с использованием сигналов навигационных ИСЗ // Приборы и методика геофизического эксперимента: Сборник научных трудов ПГИ КНЦ РАН. Мурманск: ООО «МИП-999», 1997. С. 73–76.

Чемберлен 1963 – *Чемберлен Дж.* Физика полярных сияний и излучения атмосферы. М.: Иностранная литература, 1963. 778 с.

Шишаев, Белоглазов 1997 – *Шишаев В.А., Белоглазов М.И.* Генератор озона с переменной скважностью напряжения возбуждения // Приборы и методика геофизического эксперимента: Сборник научных трудов ПГИ КНЦ РАН. Мурманск: ООО «МИП-999», 1997. С. 49–50.

Ягодкина и др. 1989 – *Ягодкина О.И., Воробьев В.Г., Леонтьев С.В.* Структура пульсирующих сияний в дневном секторе и их морфологические характеристики // Геомагнетизм и аэрономия. 1989. Т. 29. № 3. С. 411–416.

Akasofu 1972 – *Akasofu S.-I.* Midday auroras at the South Pole during magnetospheric substroms // Journal of Geophysical Research. 1972. V. 77. № 13. P. 2303–2308.

Akasofu 1979 – *Akasofu S.I.* Aurora Borealis: The Amazing Nothern Lights. Anchorage: Alaska Geographic Society, 1979. 96 p. / Alaska Geographic Society. 1979. V. 6. № 2.

Alfven 1967 – *Alfven H.* Note on the «auroral oval» // Journal of Geophysical Research. 1967. V. 72. № 13. P. 3503.

Ångström 1869 – *Ångström A.J.* Spectrum des Nordlichts // Annales of Physics. 1869. V. 137. P. 161.

Balabin et al. 2008 – *Balabin Yu.V., Gvozdevsky B.B., Vashenyuk E.V., Schur L.I.* Observing Multiplicity Effect during December 13, 2006 event on the Barentsburg Neutron Monitor // Proceedings of the 30th International Cosmic Ray Conference, July 3–11 2007, Merida, Mexico. Mexico City: Universidad Nacional Autónoma de México, 2008. V. 1. P. 257–261.

Bargatze et al. 1985 – *Bargatze L. F., Baker D.N., McPherron R.L., Hones E.W., Jr.* Magnetospheric impulse response for many levels of geomagnetic activity // Journal of Geophysical Research. 1985. V. 90. № A7. P. 6387–6394.

Baschin 1900 – *Baschin O.* Die ersten Nordlichtfotografien, aufgenommen in. Bossekop (Lapland) // Meteorologische Zeitschrift. 1900. B. 17. S. 278–280.

Birkeland 1908 – *Birkeland K.* The Norwegian Aurora Polaris Expedition, 1902–1903. V. 1. On the cause of magnetic storms and the origin of terrestrial magnetism. Christiania: H. Archebourg & Co, 1908.

Brekke, Egeland 1979 – *Brekke A., Egeland A.* Nordlyset: Fra mytologi til romforskning. Oslo: Grondahl & Son Forlag, 1979.

Carlheim-Gyllensköld 1886 – *Carlheim-Gyllensköld V.* Exploration Internationale des Regions Polaires 1882–1883, Exp. Suedose, Aurorae boreale, Norstedt, Stockholm, 1886.

Chamberlain 1961 – *Chamberlain J.W.* Physics of the Aurora and Airglow. New York: Academic Press, 1961. 661 p.

Chang 1992 – *Chang T.* Low-dimensional behavior and symmetry breaking of stochastic systems near criticality – can these effects be observed in space and in the laboratory? // IEEE Transactions on Plasma Science. 1992. V. 20. № 6. P. 691–694.

Chernouss, Sandahl 2008 – *Chernouss S., Sandahl I.* Comparison and significance of auroral studies during the Swedish and Russian bilateral expedition to Spitsbergen in 1899–1900: Annales Geophysicae. 2008. V. 26. № 5. P. 1127–1140.

Chernouss et al. 2005 – *Chernouss S.A., Starkov G.V., Yevlashin L.S.* World first complex optical instrumental observations of aurora in the Arctic in 1899–1900 // Annales Geophysicae. 2005. V. 23. № 5. P. 1523–1531.

Conference 2006 – The 3rd International Conference «Geophysical research in Spitsbergen Archipelago». Barentsburg, Norway, 3–5 October, 2006: Extended abstracts. Murmansk: Polar Geophysical Institute and Kola Science Center RAS, 2006.

Davis 1978 – *Davis T.N.* Observed characteristics of auroral forms // Space Science Reviews. 1978. V. 22. № 1. P. 77–113.

Deehr, Egeland 1972 – *Deehr C.S., Egeland A.* Auroral morphology // Annales de Geophysique. 1972. T. 28. P. 415–425.

Eather 1980 – *Eather R.H.* Majestic Lights. The Aurora in Science, History and the Art. Washington, D.C.: American Geophysical Union, 1980.

Elphinstone et al. 1995 – *Elphinstone R.D., Murphree J.S., Heard D.J., Cogger L.L., Sandahl I., Newell P.T., Klumpar D.M., Ohtani S., Sauvaud J.A., Potemra T.A. et al.* The double oval UV auroral distribution. 1: Implications for the mapping of auroral arcs // Journal of Geophysical Research. 1995. V. 100. № A7. P. 12075–12092.

Chree 1911 – *Chree Ch.* Aurora Polaris // Encyclopaedia Britannica. V. 2. New York. Encyclopaedia Britannica, Inc, 1911. P. 927–934.

Feldstein, Starkov 1967 – *Feldstein Ya.I. and Starkov G.V.* Dynamics of auroral belt and polar geomagnetic disturbance // Planetary and Space Science. 1967. V. 15. № 2. P. 209–229.

Fritz 1874 – *Fritz H.* Die geographische Verbreitung des Polrlichtes // Petermanns Geographische Mitteilungen. 1874. Bd. 20. S. 347–358.

Glassmeier et al. 1989 – *Glassmeier K.-H., Hoenisch M., Untiedt J.* Ground-based and satellite observations of traveling magnetospheric convection twin vortices // Journal of Geophysical Research. 1989. V. 94. № A3. P. 2520–2528.

Gold 1959 – *Gold T.* Motions in the magnetosphere of the Earth // Journal of Geophysical Research. 1959. V. 64. № 9. P. 1219–1224.

Hansteen 1827 – *Hansteen C.* On the polar lights, or aurora borealis and australis // Philosophic Magazine. 1827. V. 2. P. 334.

Hultqvist 1967 – *Hultqvist B.* Introduktion till Geokosmofysiken. Stockholm: Natur och Kultur, 1967.

Isham et al. 2005 – *Isham B., Hagfors T., Khudukon B., Yurik Yu.R., Tereshchenko E.D., Rietveld M.T., Belyey V., Grill M., La Hoz C., Brekke A., Heinselman C.* An interferometer experiment to explore the aspect angle dependence of stimulated electromagnetic emission spectra // Annales Geophysicae. 2005. V. 23. № 1. P. 55–74.

Jensen 1998 – *Jensen H.J.* Self-organized criticality: Emergent Complex Behavior in Physical and Biological Systems Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

Judge 1972 – *Judge R.J.R.* Electron excitation and auroral emission parameters // Planetary and Space Science. 1972. V. 20. № 12. P. 2081–2092.

Komhyr 1986 – *Komhyr W.D.* Operations handbook. Ozone measurements to 40 km altitude with model 4A electrochemical concentration cell (ECC) ozone sondes (used with 1680-MHz radiosondes). NOAA Tech. Memor. ERL ARL-149, Air research Lab. Silver Spring, 1986.

Kornilov et al. 2003 – *Kornilov I.A., Kornilova T.A., Kornilov O.I.* Observation of high-frequency pulsating aurora at Spitsbergen // Proceedings of 26th Annual

Seminar «Physics of auroral phenomena». Apatity, Russia. Apatity, 2003. P. 62–65.

Kornilov et al. 2008 – *Kornilov I.A., Kornilova T.A., Kornilov O.I.* Some aspects of individual and multiple polar arcs generation // Proceedings of 33rd Annual European Meeting on Atmospheric Studies of Optical Methods. IRF Sci. Rep. 2008. № 292. P. 111–118.

Kornilova et al. 1982 – *Kornilova T.A., Chernouss S.A., Pudovkin M.I.* Black aurora // Proceedings of 10th Annual Meeting on Upper Atmosphere Studies by Optical Methods. Grass, France, 1982. Besançon: Observatoire de Besançon; Université de Besançon. P. 198–206.

Kornilova et al. 2008 – *Kornilova T. A., Kornilov I.A.* Spatio-temporal auroral dynamics during main and recovery phase of magnetic storms with different intensity // The 31th Annual Seminar «Physics of Auroral phenomena», Apatity, 26–29 February 2008. Book of abstracts. P. 19.

Kozelov 2003 – *Kozelov B.V.* Fractal approach to description of the auroral structure // Annales Geophysicae. 2003. V. 21. № 9. P. 2011–2023.

Kozelov et al. 2004 – *Kozelov B.V., Uritsky V.M., Klimas A.J.* Power law probability distributions of multiscale auroral dynamics from ground-based TV observations // Geophysical Research Letters. 2004. V. 31. № 20. L20804. doi:10.1029/2004GL020962.

Kozlovsky et al. 2003 – *Kozlovsky A., Safargaleev V., Jussila J., Koustov A.* Pre-noon high-latitude auroral arcs as a manifestation of the interchange instability // Annales Geophysicae. 2003. V. 21. № 12. P. 2303–2314.

Kozlovsky et al. 2005 – *Kozlovsky A., Safargaleev V., Østgaard N., Koustov A., Jussila J., Roldugin A.* On the motion of dayside auroras caused by a solar wind pressure pulse // Annales Geophysicae. 2005. V. 23. № 2. P. 509–521.

Kunitsyn, Tereshchenko 2003 – *Kunitsyn V., Tereshchenko E.* Ionospheric Tomography. Berlin: Springer-Verlag, 2003.

Lebedinsky 1961 – *Lebedinsky A.I.* Synchronous auroral registration by all-sky camera C-180 and patrol spectrograph C-180-S // Annals of the International Geophysical Year. 1961. V. 11. P. 133–143.

Loomis 1860 – *Loomis E.* The great auroral exhibition of August 28 to September 4, 1859, and the geographical distribution of auroras and thunder storms // American Journal of Science and Arts. 1860.V. 30. № 89. P. 79–100.

Martinez et al. 1999 – *Martinez M., Arnold T., Perner D.* The role of bromine and chlorine chemistry for arctic ozone depletion events in Ny-Ålesund and comparison with model calculation // Annales Geophysicae. 1999. V. 17. № 7. P. 941–956.

Miroshnichenko et al. 2005 – *Miroshnichenko L.I., Klein K.-L., Trottet G., Lantos P., Vashenyuk E.V., Balabin Yu.V., Gvozdevsky B.B.* Relativistic Nucleon and Electron Production in the 2003 October 28 Solar Event // Journal of Geophysical Research. 2005. V. 110. A09S08, doi:10292004JA010936.

Mishin et al. 1970 – *Mishin V.M., Saifudinova T.I., Zhulin I.A.* A magnetosphere model based on two zones of precipitation energetic particles // Journal of Geophysical Research. 1970. V. 75. P. 797–806.

Muncke 1837 – *Muncke G.W.* Nordlicht // Physikalisches Worterbuch. 7. Leipzig: E.B. Schwickert, 1837. S. 113.

Muñoz et al. 1999 – *Muñoz M.A., Dickman R., Vespignani A., Zapperi S.* Avalanche and spreading exponents in systems with absorbing states // Physical Review E. 1999. V. 59. № 5. P. 6175–6179.

Omholt 1971 – *Omholt A.* The optical aurora. New York: Springer-Verlag, 1971. 198 p.

Ørnes et al. 1993 – *Ørnes H., Bersås S., Theodorsen A., Henriksen K., Sirota V., Vasiliev A.* Measurements of surface ozone in Svalbard and Tromso: Internal Report. The Auroral Observatory, University of Tromso, Norway, December, 1993. 24 p.

Paulsen 1900 – *Paulsen A.* Sur le spectre des aurores polaires // Les Comptes rendus de l'Académie des sciences. 1900. V. 130. P. 655–656.

Perez-Peraza et al. 2008 – *Perez-Peraza J.A., Vashenyuk E.V., Gallegos-Cruz A., Balabin Y.V., Miroshnichenko L.I.* Relativistic proton production at the Sun in the 20 January 2005 solar event // Advances in Space Research. 2008. V. 41. P. 947–954.

Pickering 1898 – *Pickering E.C.* Photographic spectrum of the aurora // Astronomische Nachrichten. 1898. B. 146. № 11. S. 175–176.

Rees 1963 – *Rees M.H.* Auroral ionization and excitation by incident energetic electrons // Planetary and Space Science. 1963. V. 11. № 10. P. 1209–1218.

Safargaleev et al. 2003 – *Safargaleev V.V, Osipenko S.V., Kozlovsky A.E., Tagirov V.R.* Azimuthal

expansion of high-latitude auroral arcs // Annales Geophysicae. 2003. V. 21. № 8. P. 1793–1805.

Safargaleev et al. 2004 – *Safargaleev V.V., Serebryanskaya A.V., Koustov A.V., Lester M., Pchelkina E.V., Vasilyev A.N.* A possible origin of dayside Pc1 magnetic pulsations observed at high latitudes // Annales Geophysicae. 2004. V. 22. № 8. P. 2997–3008.

Safargaleev et al. 2005 – *Safargaleev V.V., Sergienko T.I., Nilsson H., Kozlovsky A., Massetti S., Osipenko S., Kotikov A.* Combined optical, EISCAT and magnetic observations of the omega bands/Ps6 pulsations and an auroral torch in the late morning hours: a case study // Annales Geophysicae. 2005. V. 23. № 5. P. 1821–1838.

Safargaleev et al. 2008 – *Safargaleev V., Kozlovsky A., Sergienko T., Yeoman T. K., Uspensky M., Wright D.M., Nilsson H., Turunen T., Kotikov A.* Optical, radar, and magnetic observations of magnetosheath plasma capture during a positive IMF Bz impulse // Annales Geophysicae 2008. V. 26. № 3. P. 517–531.

Sandholt et al. 2002 – *Sandholt P.E., Carlson H.C., Egeland Alv.* Dayside and Polar Cap Aurora. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

Schroder 2004 – *Schroder W.* Some aspects of the earlier history of solar-terrestrial physics. Darmstadt: WP Druck & Verlag, 2004.

Semenova et al. 2008 – *Semenova N.V., Yahnin A.G., Vasil'ev A.N., Amm O.* Specific Features of Resonance Structures in Spectra of ULF Electromagnetic Noise at High Latitudes (Barentsburg Observatory) // Geomagnetizm i Aeronomiya. 2008. V. 48. № 1. P. 40–48.

Sibeck, Korotova 1996 – *Sibeck D.G., Korotova G.I.* Occurrence patterns for transient magnetic field signatures at high latitudes // Journal of Geophysical Research. 1996. V. 101. № A6. P. 13413–13428.

Solberg et al. 1996 – *Solberg S., Schmidbauer N., Semb A., Stordal F., Hov Ø.* Boundary-layer ozone depletion as seen in the Norwegian Arctic in spring // Journal of Atmospheric Chemistry. 1996. V. 23. № 1. P. 301–332.

Stohl et al. 2007 – *Stohl A., Berg T., Burkhart J.F., Fjæraa A.M., Forster C., Herber A., Hov Ø., Lunder C., McMillan W.W., Oltmans S., Shiobara M., Simpson D., Solberg S., Stebel K., Ström J., Tørseth K., Treffeisen R., Virkkunen K., Yttri K.E.* Arctic smoke – record high air pollution levels in the European Arctic due to agricultural fires in Eastern Europe in spring 2006 // Atmospheric Chemistry and Physics. 2007. V. 7. № 2. P. 511–534.

Stormer 1955 – *Stormer C.* The Polar Aurora. Oxford: Clarendon Press, 1955.

Sykora 1901a – *Sykora J.* Sur la Photographie du Spectre de L`Aurore Boreale // Memoires de L`Academie Imperiale des Sciences de St.-Petersbourg. 1901. T. 11. № 9. P. 1–9.

Sykora 1901b – *Sykora J.* Die Wellenlängen der photographisch erhaltenen Linien des Nordlichtspectrums // Astronomische Nachrichten. 1901. B. 156. № 21. S. 325–326.

Sykora 1903 – *Sykora J.* Observations Directes et Photographies des Aurores Boreales // Memoires de L`Academie Imperiale des Sciences de St.-Petersbourg. 1903. T. 14. № 5. P. 1–50.

Tereshchenko et al. 2007 – *Tereshchenko E.D., Yurik R.Yu., Yeoman T.K., Robinson T.R.* First observation of stimulated electromagnrtic emission at the SPEAR heating facility on Spitzbergen archipelago // VII International Suzdal URSI Symposium «Modification of Ionosphere by Powerful Radio Waves», Moscow, 16–18 October 2007. Book of Abstracts. M., 2007. P. 42.

Thidé et al. 1982 – *Thidé B., Kopka H., and Stubbe P.* Observations of Stimulated Scattering of a Strong High-Frequency Radio Wave in the Ionosphere // Physical Review Letters. 1982. V. 49. № 21. P. 1561–1564.

Tromholt 1885 – *Tromholt S.* A Yearly and a Daily Period in Telegraphic Perturbations // Nature. 1885. V. 32. № 813. P. 88.

Uritsky et al. 2002 – *Uritsky V.M., Klimas A., Vassiliadis D., Chua D., Parks G.* Scale-free statistics of spatiotemporal auroral emissions as depicted by POLAR UVI images: Dynamic magnetosphere is an avalanching system // Journal of Geophysical Research. 2002. V. 107 № A12 1426, doi:10.1029/2001JA000281.

Uritsky et al. 2003 – *Uritsky V., Klimas A., Vassiliadis D.*. Evaluation of spreading critical exponents from the spatiotemporal evolution of emission regions in the nighttime aurora // Geophysical Research Letters. 2003. V. 30. № 15. P. 1813–1816.

Vashenyuk et al 2007a – *Vashenyuk E.V., Gvozdevsky B.B., Balabin Yu.V.* Cosmic ray research at

Spitsbergen // Solar Extreme Events 2007: Fundamental Science and Applied Aspects, September 24–27 2007, Athens, Greece. Program and abstracts. Athens, 2007. P. 83.

Vashenyuk et al 2007b – *Vashenyuk E.V., Balabin Yu.V., Perez-Peraza J., Gallegos-Cruz A., Miroshnichenko L.I.* Some features of relativistic particles at the Sun in the solar cycles 21–23 // Advances in Space Research. 2006. V. 38. № 3. P. 411–417.

Vashenyuk et al 2008 – *Vashenyuk E.V., Balabin Yu.V., Gvozdevsky B.B., et al.* The GLE of December 13, 2006 according to the ground level and balloon observations // Proceedings of the 30th International Cosmic Ray Conference, July 3–11 2007, Merida, Mexico. Mexico City: Universidad Nacional Autónoma de México, 2008. V. 1. P. 221–225.

Vegard 1913 – *Vegard L.* On spectra of the aurora borealis // Physikalische Zeitschrift. 1913. B. 14. S. 677.

Viljanen et al. 2001 – *Viljanen A., Nevanlinna H., Pajunpää K., Pulkkinen A.* Time derivative of the horizontal geomagnetic field as an activity indicator // Annales Geophysicae. 2001. V. 19. № 9. P. 1107–1118.

Vorobjev et al. 1999a – *Vorobjev V.G., Yagodkina O.I., Sibeck D.G., Newell P.* Daytime high-latitude auroral pulsations: Some morphological features and the region of the magnetospheric source // Journal of Geophysical Research. 1999. V. 104. № A5. P. 10135–10144.

Vorobjev et al. 1999b – *Vorobjev V.G., Yagodkina O.I. and Zverev V.L.* Morphological features of bipolar magnetic impulsive events and associated interplanetary medium signatures // Journal of Geophysical Research. 1999. V. 104. № A3. P. 4595–4608.

Vorobjev et al. 2001 – *Vorobjev V.G., Yagodkina O.I., Sibeck D.G., Liou K., Meng C.-I.* Polar UVI observations of dayside auroral transient events // Journal of Geophysical Research. 2001. V. 106. № A12. P. 28897–28911.

Westman 1904 – *Westman J.* Aurora borealis // Mission Scientifique pour la mesure d`un arc de meridien au Spitsberg. T. 2. Stockholm: Akttiebolaget centraltryckeriet, 1904. P. 131.

Yagodkina et al. 1990 – *Yagodkina O.I., Vorobjev V.G., Leontiev S.V.* Pulsating aurora and geomagnetic pulsations in the daytime high-latitude region // Planetary and Space Science. 1990. V. 38. № 1. P. 149–159.

Yahnin et al. 1997 – *Yahnin A.G., Vorobjev V.G., Bösinger T., Rasinkangas R., Sibeck D.G., Newell P.T.* On the Source Region of Traveling Convection Vortices // Geophysical Research Letters. 1997. V. 24. № 3. P. 237–240.

Yahnin et al. 2003 – *Yahnin A.G., Semenova N.V., Ostapenko A.A., Kangas J., Manninen J., Turunen T.* Morphology of the spectral resonance structure of the electromagnetic background noise in the range of 0.1–4 Hz at L = 5.2 // Annales Geophysicae. 2003. V. 21. № 3. P. 779–786.

Yeoman et al. 2008 – *Yeoman T.K., Scoffield H.C., Wright D.M., Baddeley L.J., Vasilyev A.N., Semenova N.V.* Investigation of natural and artificial stimulation of the ionospheric Alfvén resonator at high latitude // Advances in Space Research. 2008. V. 42. № 5. P. 957–963.

Yevlashin 1968 – *Yevlashin L.S.* On the character of auroral glow within the auroral region at periods of solar activity maximum and minimum // Annales Geophysicae. 1968. V. 24. № 2. P. 527–530.

Раздел IV

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН

Введение

Космос и погода – два важнейших составляющих необходимых знаний об Арктике. Навигация, геодезия и картография, условия безопасного мореплавания, прогноз погоды в планетарном масштабе и долговременные изменения климата (недаром говорят, что Арктика – кухня погоды) – все это необходимо для промышленного освоения Арктики.

Точное определение координат в высоких широтах еще в прошлом веке было возможно только с помощью наблюдения звездного неба, так как геомагнитные бури и суббури, являющиеся непременным атрибутом полярных областей, могли внести значительные ошибки в показания навигационных судовых приборов. Да и в наше время точность систем глобального позиционирования (GPS – Global Positioning System) подвержена влиянию как космической погоды, так и состояния атмосферы. Ледовая проводка судов в Арктике, освоение арктического шельфа, рыболовный промысел и полеты самолетов – все это требует данных непрерывных измерений состояния атмосферы и океана и точных координат звезд в арктическом небе. Именно по этим причинам в настоящем разделе объединены история и описание работ астрономов из Южного филиала Главной астрономической обсерватории СССР (Пулковской обсерватории) в городе Николаеве (сейчас это Николаевская астрономическая обсерватория Украины), которые в течение нескольких экспедиционных лет определяли координаты звезд с максимально возможной точностью, и работ советской (российской) Гидрометеослужбы по непрерывному обеспечению метеорологической информацией национальных и международных служб и организаций в планетарном и региональном масштабах. Широко известно, что первые российские астрономы и метеорологи в составе экспедиционного отряда Пулковской обсерватории появились на Шпицбергене в составе Русско-шведской экспедиции по измерению дуги меридиана еще в 1899 году и их пионерские наблюдения внесли значительный вклад в развитие науки в то время. Советские исследователи достойно продолжили традиции русской школы. Астрономы полностью использовали уникальные условия полярной ночи на Шпицбергене, где возможны круглосуточные наблюдения звезд, что позволило получить длинные ряды измерений их координат и тем самым уменьшить погрешности этих измерений. Сравнение Шпицбергеновского каталога абсолютных прямых восхождений 531 звезды с другими фундаментальными каталогами показало, что каталог николаевских астрономов Nik(Spz)75 практически свободен от систематических ошибок.

Гидрометеорологами были организованы и обеспечены регулярные круглосуточные измерения параметров атмосферы и океана в районе Шпицбергена. Публикуемые ниже статьи дают читателю достаточное представление о том, в каких экстремальных условиях проводились организационные и экспериментальные работы астрономов и метеорологов на Шпицбергене. В настоящее

время метеорологические данные гидрометобсерватории в Баренцбурге широко используются, в частности, при составлении оперативных синоптических карт прогноза погоды, а данные ионосферных, геомагнитных и озонометрических наблюдений используются для оценки состояния космической погоды. Результаты проведенных на Шпицбергене астрономами из Николаева исследований применяются для решения научных и прикладных задач различного характера, связанных с геодезией и навигацией.

В подготовке данного раздела приняли участие Г.И. Пинигин, Г.М. Петров, Николаевская астрономическая обсерватория (глава 1), А.В. Семенов, Мурманское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (глава 2).

Глава 1

Астрономическая экспедиция Николаевского отделения Главной астрономической обсерватории Академии наук СССР на остров Западный Шпицберген в 1973–1977 годах

Изложение сведений об астрономической экспедиции, организованной для выполнения уникальных наблюдений на высоких широтах в полярные ночи предваряется кратким описанием Николаевской астрономической обсерватории – одной из старейших обсерваторий в Восточной Европе, впервые в истории науки снарядившей чисто астрономическую экспедицию в Арктику.

Николаевская астрономическая обсерватория

Морская обсерватория (1821–1911)

Николаевская астрономическая обсерватория (НАО) основана в 1821 году адмиралом А.С. Грейгом (1775–1845) в качестве морской обсерватории для обеспечения Черноморского флота мореходными картами и обучения офицеров астрономическим методам ориентирования.

В 1820 году А.С. Грейг (*рис. 1*) поручил архитектору Ф.И. Вуншу составить проект строительства обсерватории (*рис. 2*). Местом для строительства была выбрана вершина Спасского кургана – самая высокая точка города Николаева (52 м над уров-

Рис. 1. Портрет адмирала А.С. Грейга

Рис. 2. Проект Главного здания Морской обсерватории в Николаеве

Рис. 3. Вид Главного здания с ротондой

Рис. 4. Портрет К.Х. Кнорре

нем моря). Строительство длилось почти 9 лет, с 1821 по 1829 год.

В настоящее время главное здание обсерватории (*рис. 3*) и прилегающая к ней парковая зона с чугунным ограждением уникального литья является памятником архитектуры национального значения.

Распоряжением морского министра И.И. Траверсе от 7 июля 1820 года по рекомендации А.С. Грейга на должность директора обсерватории был назначен К.Х. Кнорре (1801–1883) (*рис. 4*), ученик знаменитого В.Я. Струве. Кнорре занимал пост директора Николаевской обсерватории 50 лет [Petrov, Pinigin 2002; Петров, Пинигин 2004; Petrov, Pinigin 2007]. В историю науки он вошел благодаря своим гидрографическим работам на Азовском и Черном морях, а также составлению 5-го листа звездной карты Берлинской академии наук, при помощи которого потом были открыты малые планеты Астрея и Флора. Астрономические исследования в обсерватории были продолжены вторым директором И.Е. Кортацци (1827–1903) [Петров, Пинигин 2006]. Им был составлен каталог положений 5954 звезд, вошедший в историю науки под названием «Николаевская зона».

Южное отделение Пулковской обсерватории (1912–1991)

До 1912 года обсерватория подчинялась Морскому министерству, а с 1912 по 1917 год была одним из южных отделений Пулковской обсерватории. С 1918 по 1935 год обсерватория входила в состав научных учреждений Украины, с 1936 по 1991 год – в состав Главной (Пулковской) астрономической обсерватории Академии наук СССР в качестве южного отделения.

Будучи южным отделением Пулковской обсерватории, НАО прославилась своей научной школой по определению положений небесных тел, в которой было создано около 35 разных каталогов положений небесных светил. К моменту открытия Николаевского отделения Пулковской обсерватории в 1913 году в Николаев из Одессы были перевезены пассажный инструмент (D = 108 mm, F = 1300 mm) и вертикальный круг (D = 108 mm, F = 1400 mm). Первый был заказан директором Пулковской обсерватории О.А. Баклундом пулковскому механику Г.А. Фрейбергу-Кондратьеву, а второй – братьям Репсольд в Гамбурге. Наблюдения на вертикальном круге проводились до 1985 года (было получено 5 абсолютных каталогов склонений звезд), а на пассажном инструменте – до 1992 года (было получено 4 абсолютных каталога прямых восхождений звезд). На этих инструментах было получено еще и огромное число наблюдений Солнца, Луны и больших планет Солнечной системы. Они послужили основой для создания новой релятивистской теории движения планет, за что Г.М. Петров в числе других авторов в 1982 году был удостоен государственной премии СССР по науке и технике.

В 1955 году в Николаев из Пулкова был перевезен меридианный круг Репсольда (D = 150 mm, F = 2150 mm) (*рис. 5*), работавший в Пулковской обсерватории с момента ее основания и сильно пострадавший в годы Великой Отечественной войны. После реставрации отдельных узлов он был установлен в построенном специально для него астрономическом павильоне и в 1956 году приступил к наблюдениям. Инструмент был несколько раз модернизирован в НАО, в результате чего регистрация наблюдений стала производиться со значительно более высокой точностью

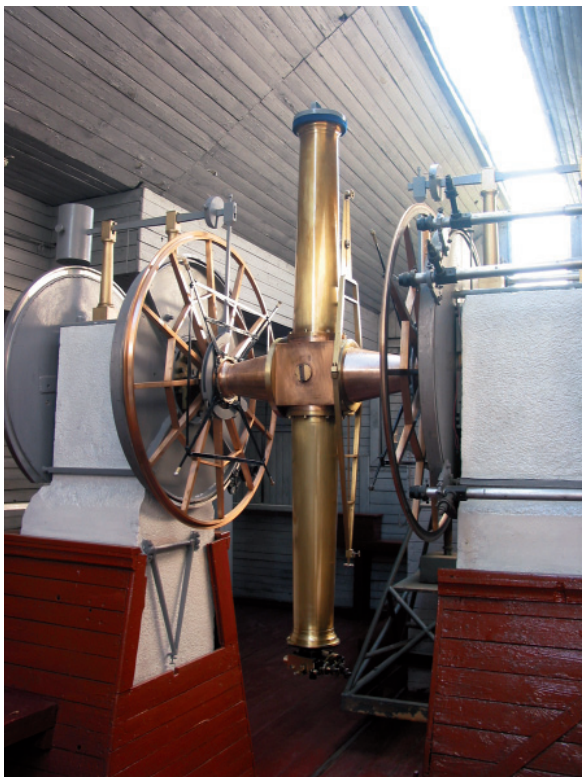


Рис. 5. Меридианный круг Репсольда

и в автоматическом режиме. Более 40 лет на нем велись различные наблюдательные программы и было получено 9 каталогов положений звезд и собственных движений.

В 1931 году в НАО была создана высокоточная Служба времени, которая с 1938 года принимала участие в работе союзной и международной программы определения времени. В период с 1931 по 1992 год Службой времени создано 7 каталогов прямых восхождений звезд по наблюдениям на двух пассажных инструментах этой службы: «Аскания-Верке» и АПМ-10.

В 1961 году после восстановления и ввода в строй зонного астрографа (D = 160 mm, F = 2046 mm), изготовленного фирмой «Карл Цейс Йена» в 1925 году, в НАО началась история фотографической астрометрии. За почти 40-летний период были получены наблюдения звезд 5 каталогов специального назначения, общий объем которых составляет около 2500 астронегативов. Многолетние ряды наблюдений избранных малых планет, больших планет и их спутников принадле-

Рис. 6. Аксиальный меридианный круг

жат к числу самых точных фотографических наблюдений в мире (более 6000 астронегативов).

В 70–80-е годы XX столетия обсерватория была инициатором и основным исполнителем нескольких научных экспедиций для наблюдений в условиях полярной ночи на острове Западный Шпицберген и в условиях высокогорья на Кавказе. На Шпицбергене получен уникальный по точности каталог прямых восхождений звезд, а на Северном Кавказе столь же высокоточные наблюдения Солнца и больших планет.

Николаевская астрономическая обсерватория сегодня (с 1992 года)

После распада СССР Николаевское отделение ГАО стало научным учреждением Украины. В 1992 году НАО обрела статус самостоятельного научного учреждения, а в 2002 году получила официальный статус научно-исследовательского института. Штат обсерватории состоит из 75 человек, из них 21 научный и 19 инженерно-технических работников, в том числе 2 доктора и 7 кандидатов наук. Сохраняя свои научные традиции, НАО расширила тематику работ, включив в их круг астрономическое приборостроение и исследования околоземного пространства [Пінігін 1998; Pinigin 2001, Пинигин и др. 2005; Пинигин и др. 2007].

В настоящее время научные исследования в обсерватории ведутся по следующим направлениям:

динамика тел Солнечной системы: позиционные ПЗС-наблюдения избранных астероидов с целью уточнения их положений и определения масс, наблюдения астероидов, сближающихся с Землей, для определения их орбитальных параметров;

звездные системы координат: исследование связи радио- и оптической систем координат; распространение системы каталога Hipparcos на слабые звезды, создание каталогов положений звезд в избранных участках небесной сферы;

исследование околоземного пространства: разработка методики наблюдений объектов ближнего космоса; наблюдение геостационарных и искусственных спутников Земли с целью улучшения элементов их орбит; контроль состояния ионосферы с целью сейсмического прогнозирования и изучения солнечно-земных связей; регулярные GPS-наблюдения;

информационная поддержка астрономических исследований: программное обеспечение проведения и обработки наблюдений; создание системы удаленного доступа к астрономическим комплексам с использованием локальной сети и Интернета; создание и ведение общей базы данных НАО как элемента виртуальной обсерватории;

астрономическое приборостроение: создание новых инструментов и телескопов на основе современных методов регистрации и обработки информации; оснащение действующих телескопов ПЗС камерами собственного производства и автоматизация астрономических наблюдений;

история астрономии: вклад НАО в астрометрические исследования, освещение деятельности отдельных ученых в различных областях астрономии, а также исследование истории экспедиций НАО.

В настоящее время НИИ «Николаевская астрономическая обсерватория» имеет три действующих ПЗС телескопа:

Аксиальный меридианный круг (АМК, D = 180 mm, F = 2480 mm) (*рис. 6*) с программным управлением был введен в действие в 1995 году, в 1996–1998 годах на нем получен каталог прямых восхождений и склонений 17 000 звезд вокруг 190 внегалактических радиоисточников, а в 1999 году этот телескоп оригинальной конструкции был включен в список объектов национального достояния Украины. С 2002 года, после модер-

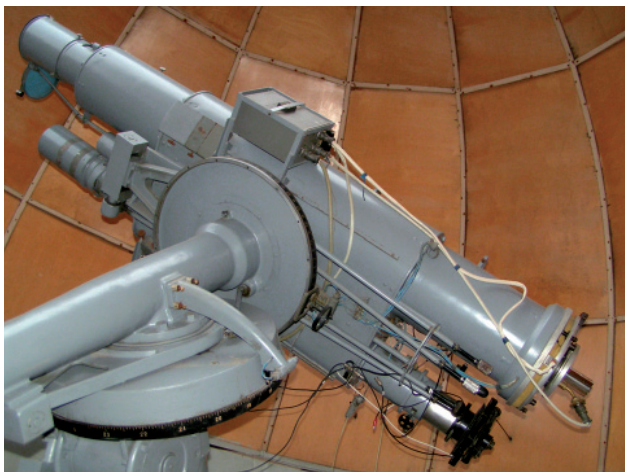


Рис. 7. Мультиканальный телескоп

низации и переоснащения АМК на нем ведутся наблюдения в автоматическом режиме. По итогам ежегодных наблюдений получено 2 каталога положений около 25 тысяч звезд в экваториальной и эклиптикальной зонах небесной сферы.

Мультиканальный телескоп (МКТ, бывший зонный астрограф Цейсса, D = 160 mm, F = 2046 mm) (*рис. 7*). В 1999 году он был оснащен ПЗС камерой, а позже дооснащен еще двумя TV камерами для наблюдения быстродвижущихся объектов. За последние годы (2002–2005) получено около 1000 наблюдений малых планет с целью уточнения их положений и определения масс.

Скоростной автоматический комплекс (САК, D = 300 mm, F = 1500 mm) (*рис. 8*). Его строительство было начато в НАО в 2000 году, а с 2004 года на нем ведутся регулярные наблюдения объектов ближнего космоса (геостационарные спутники, низкоорбитальные космические аппараты, космический мусор), что позволило выполнять задания в рамках Национальной космической программы Украины с целью контроля и анализа космической обстановки.

С 2002 года в НАО работает GPS станция, входящая в украинскую и международную сеть, и комплекс наклонного зондирования ионосферы с размещением данных в Интернет в реальном времени. В обсерватории создана локальная компьютерная сеть с доступом в Интернет. Научная библиотека содержит около 70 тысяч печатных единиц, в астрономическом музее экспонируется

Рис. 8. Скоростной автоматический комплекс

более 80 экспонатов, а в архиве сохраняются около 9 тысяч астронегативов.

Последнее десятилетие ознаменовалось повышением международной активности НАО. В 1992 году были подписаны договоры о научном и научно-техническом сотрудничестве с двумя обсерваториями КНР (в Шанхае и Шанси), в 1993 году – с Главной (Пулковской) астрономической обсерваторией РАН и Астрономической обсерваторией им. В.П. Энгельгардта Казанского государственного университета. В настоящее время обсерватория сотрудничает с восемью зарубежными астрономическими организациями и участвует в международных проектах. В 2003 году завершен совместный проект «Улучшение связи между радио и оптической системами координат» с участием обсерваторий Украины, России, Китая и Турции. А с 2006 года НАО включена в международный проект «Расширение сотрудничества в наземных астрономических исследованиях в странах Юго-Восточной Европы. Исследование переменных звезд и малых тел Солнечной системы» при финансовой поддержке UNESCO, в который входят 10 стран Юго-

Восточной Европы. НАО – коллективный член Украинской астрономической ассоциации (с 1991 года), Евроазиатского астрономического общества (с 1993 года), Европейского астрономического общества (с 1993 года) и Аэрокосмического общества Украины (с 2002 года). Шесть сотрудников обсерватории являются членами Международного астрономического союза (МАС).

Присвоение в 2001 году малой планете № 8141 имени NIKOLAEV в честь города Николаева и нашей обсерватории отражает многолетнюю, напряженную и бескорыстную работу николаевских астрономов, начиная с первого директора Карла Христофоровича Кнорре и заканчивая ныне здравствующими астрономами. А в 2003 году первооткрыватель малых планет из Крымской астрофизической обсерватории Н.С. Черных подарил обсерватории еще одну малую планету № 7976 PINIGIN, названную в честь нынешнего директора обсерватории.

В марте 2007 года Николаевская астрономическая обсерватория была включена в Предварительный список мирового наследия ЮНЕСКО (Tentative List) под номером 5116.

Астрономическая экспедиция Николаевского отделения Главной астрономической обсерватории на остров Западный Шпицберген

Проблема создания инерциальной небесной системы координат, в которой можно было бы изучать пространственно-временные свойства Галактики и видимой части Вселенной, особенности движения тел Солнечной системы и искусственных небесных тел, а также решать много задач из области геодинамики, геодезии и других наук, всегда относилась к числу главных проблем астрономии. Во второй половине XX столетия международная небесная система координат фиксировалась на небесной сфере положениями и собственными движениями звезд из Четвертого фундаментального каталога (FK4), опубликованного в 1963 году немецкими астрономами в Гейдельберге. В то время FK4 был наилучшим каталогом. К сожалению, он все же имел ряд недостатков. Наиболее существенным из них была невысокая точность собственных движений звезд каталога. По данным [Lederle 1978], средние квадратичные ошибки прямых восхождений звезд северного полушария в 1975 году уже в три раза превышали аналогичные ошибки в момент средней эпохи создания каталога в 1935 году, а южных звезд – даже в 4 раза, достигая значений $\pm 0^{S},012$, что для фундаментального каталога недопустимо много. Сложившееся положение с фундаментальным каталогом можно было улучшить только привлечением новых, более точных, определений положений звезд, и в первую очередь – положений звезд, наблюдаемых абсолютными методами.

В то время метод определений положений небесных радиоисточников из радиоинтерферометрических наблюдений со сверхдлинными базами находился еще в стадии доработки, а о наблюдениях в космосе только мечтали. Поэтому новые высокоточные определения положений звезд могли быть получены абсолютными методами преимущественно на меридианных инструментах. При этом, как это делалось и раньше, очень большое внимание уделялось проблеме освобождения наблюдений от ошибок и прежде всего от ошибок систематического характера. При определении абсолютных прямых восхождений небесных светил наибольшие опасения вызывал метод получения абсолютного азимута меридианного инструмента. Азимут вычислялся из наблюдений одной и той же звезды в двух кульминациях – верхней и нижней. Кульминации отстоят друг от друга на 12 часов, и в большинстве случаев одно наблюдение производилось в ночное время, а другое днем, то есть в условиях различных температур воздуха и потоков солнечных лучей. Поскольку строгий учет влияния переменных метеорологических факторов на инструмент являлся задачей достаточно сложной, то определение абсолютного азимута инструмента в средних широтах искажалось систематической ошибкой, изменяющейся в течение года по неизвестной закономерности.

Перечисленные трудности могут быть ослаблены или даже вовсе сняты, если организовать определения абсолютных прямых восхождений во время полярной ночи на географических широтах около $\pm 80^{\circ}$. На такой широте солнце не появляется над горизонтом около 4 месяцев подряд, и ме-

теорологические характеристики уже не изменяются с 24-часовым периодом. Поэтому в течение суток звезды всего неба наблюдаются при практически одинаковых метеоусловиях, что очень важно [Петров 1975; Petrov 1974; Петров 1981а; Пинигин 1978; Пинигин 1979; Багильдинский, Пинигин 1979; Gumerov, Pinigin 1997].

В 1972 году на 19-й астрономической конференции СССР в Москве Г.М. Петров предложил организовать абсолютные определения положений звезд в полярные ночи на архипелаге Шпицберген и на станции Мак-Мёрдо в Антарктиде. Предложение Г.М. Петрова получило поддержку конференции, и, неожиданно для самого автора, в план работы научных экспедиций Академии наук СССР на 1973 год была включена и экспедиция Пулковской обсерватории для определений абсолютных прямых восхождений звезд на Шпицбергене [Петров 1975; Петров, Пинигин 1978; Петров, Пинигин 2003].

Дирекция Пулковской обсерватории предложила выполнить эту экспедицию своему Николаевскому отделению (в настоящее время – Николаевская астрономическая обсерватория (НАО)), и Г.М. Петров, как автор инициативы, был назначен начальником экспедиции на остров Западный Шпицберген, где в то время работали два советских рудника: один в Баренцбурге, а другой в Пирамиде. Вся первая половина 1973 года ушла на подготовку проектно-сметной документации для сооружения астрономических павильонов, изыскание необходимых материально-технических и транспортных средств экспедиции и поиски подрядчика, готового выполнить строительство на Шпицбергене. Это было трудно, потому что планы работ на 1973 год для всех учреждений были утверждены еще в 1972 году и наша экспедиция для всех уже была внеплановой работой. С большим трудом удалось уговорить работников Министерства угольной промышленности СССР, которому принадлежали рудники в Баренцбурге и Пирамиде, взять ее на себя. Для выбора места под строительство жилья и астрономических павильонов в августе 1973 года в Баренцбург прибыли два сотрудника Николаевского отделения ГАО: старший научный сотрудник Г.М. Петров и старший лаборант А.П. Гресь. Здесь они узнали, что трест «Арктикуголь» сможет выполнить строительство только в окрестностях Баренцбурга. Баренцбург был в то время поселком советских шахтеров, в котором проживало около 1200 человек. Здесь же находилось и консульство СССР на Шпицбергене. В поселке был кинотеатр, бассейн для плавания, спортивные залы, вечерняя школа, бар и, естественно, очень хорошая баня. Все полярники получали двойные оклады и бесплатное питание. Поселок был хорошо обжит, и работать в нем было приятно.

Место для экспедиции было выбрано в 4 км к северу от Баренцбурга на сравнительно горизонтальной площадке с координатами $\varphi = +78^{\circ}06'$ и $\lambda = -14^{\circ}14'$ на высоте 100 м над уровнем моря. Активный слой почвы в этом месте составлял 1–1,5 м. Глубже этого слоя лежала вечная мерзлота, состоящая из замерзших слоев рваного гранита, в связи с чем было решено заложить фундаменты мир и пассажного инструмента на глубине 2,5 м. Из наблюдений Солнца Г.М. Петров зафиксировал положение меридиана и указал места строительства астрономического павильона и его мир. К счастью, начальником рудника «Баренцбург» был Иван Иванович Назаренко – близкий земляк Г.М. Петрова, он оказывал нам большую помощь. Он выделил 4 рабочих и мощный компрессор, с помощью которого, работая отбойными молотками, в вечной мерзлоте были пробиты три котлована для астрономического павильона и его мир.

Конец 1973 года и вся первая половина 1974 года ушли на работу по оснащению экспедиции всем необходимым. Николаевские инженеры В.М. Ивакин и М.И. Илькив выполнили очень большую работу по подготовке фотоэлектрического пассажного инструмента АПМ-10 (D = 100 mm, F = 1000 mm), хронографа, двух астрономических электронных часов и двух радиоприемников для регистрации сигналов международной службы времени. Эту часть работы они выполнили более чем на отлично. Перечисленный комплекс работал безукоризненно. Огромная работа была проделана и заместителем заведующего Николаевским отделением ГАО В.Н. Яни. Он достал через знакомых 4-колесный вагон, в который можно было погрузить все имущество экспедиции, два снегохода «Буран», в городе Рыбинске и доставил автомобиль УАЗ-469 в город Мурманск. В июле 1974 года все имущество экспедиции было погру-

Рис. 9. В.М. Ивакин и А.А. Аристархов едут в Баренцбург за продуктами

Рис. 10. Н.С. Калихевич с другом экспедиции по кличке Буран

жено в вагон и отправлено в Мурманск. Туда же выехали и члены экспедиции: Г.М. Петров – начальник, его заместитель В.М. Ивакин, старший научный сотрудник экспедиции Н.С. Калихевич и старший техник А.А. Аристархов (*рис. 9, 10*). Погрузив свое имущество на теплоход «Обь», члены экспедиции по тихому морю прибыли в Баренцбург в 20 числах июля, где их уже ожидал А.П. Гресь, выехавший туда в июне для контроля за строительством.

По дороге на Шпицберген члены экспедиции познакомились с начальником Геологоразведывательной экспедиции на Шпицбергене В.Ф. Самойленко, в распоряжении которого была разнообразная техника (даже вертолеты). Геологи находились от нашей экспедиции на расстоянии всего лишь 700 м. Василий Федорович был высоко порядочным человеком и помогал нам, чем только мог. От него мы брали электричество, поддерживали телефонную связь, его люди привозили нам воду и так далее.

Строительство павильонов находилось еще в начальном состоянии (*рис. 11*), а два домика уже были готовы (*рис. 12*). В них было предусмотрено электроводяное отопление, что освобождало от хлопот с углем и обеспечивало чистоту в помещениях. Домики были доставлены из Баренцбурга тракторами. В каждом было по две комнатки. Одна комнатка предназначалась для повара, а три другие занимали остальные члены экспедиции. Домики и вагон со вспомогательным оборудованием были расположены в виде буквы «П», дверями к середине, а пространство между ними накрыто крышей. В результате между домами образовалась дополнительная комната размером 6 × 6 м, которая позволяла членам экспедиции общаться между собой, не выходя наружу. Эту дополнительную комнату мы выстроили своими силами. Необходимые бревна и доски брали на давно уже покинутой буровой вышке, которая находилась на расстоянии 300 м от нас, а рубероид и стекловату для утепления крыши и передней стенки предоставил директор рудника «Баренцбург» И.И. Назаренко. В пристроенной комнате был установлен дизельгенератор (на случай отключения электроэнергии), 1,5-кубовый бак для питьевой воды, привезенный из заброшенного советского рудника «Грумант». А.А. Аристархов выложил из кирпича камин, огонь которого согревал нас во время многодневных вьюг. В качестве дров для камина использовался крепежный лес, выброшенный на угольные терриконы. Члены экспедиции

сами построили гараж для автомобиля УАЗ-469 и двух снегоходов, а также два туалета.

С той поры прошло уже много лет, но мы с благодарностью вспоминаем благожелательность всех полярников, их готовность прийти на помощь и самоотверженность членов экспедиции, которые практически под непрерывным холодным дождем, делая перерыв только на обед и сон, выполняли работу, которая не входила в их обязанности.

В середине сентября в экспедицию прибыл пулковский астроном А.П. Челомбитько, ранее работавший в Николаеве и хорошо нам знакомый. А через пару дней приехали две лаборантки Николаевского отделения ГАО – Т.Г. Тинькова и Т.Я. Ивакина, жена В.М. Ивакина, а А.П. Гресь возвратился в Николаев. К большому сожалению, в октябре месяце заболел заместитель начальника экспедиции В.М. Ивакин, и его в сопровождении жены пришлось отправить домой. Это была большая потеря, поскольку вместо запланированных семерых участников в экспедиции осталось пятеро. Единственным утешением было то, что все работы по подготовке экспедиции к работе к тому времени уже были завершены.

Наступила полярная ночь, и мы приступили к регулярным наблюдениям. В программу наблюдений на Шпицбергене была включена 531 звезда фундаментального каталога FK4 в зоне склонений от +10° до +80° со звездными величинами не слабее $6^{m},6$, что составляет 87% звезд FK4 в этой зоне. Все они содержались в трех рабочих списках, в каждом из которых звезды можно было наблюдать одну за другой без пропусков. Все три списка имели одни и те же группы часовых звезд, в среднем по три звезды в каждом часе прямого восхождения. Для определения абсолютного элемента ориентировки пассажного инструмента «n» в каждом часе прямого восхождения имелось по одной звезде в каждой десятиградусной зоне склонений, начиная от +30° через полюс мира до +30° в нижней кульминации. Все эти звезды наблюдались через 12 часов в противоположных кульминациях, что обеспечивало каждому часу наблюдений 10 абсолютных значений «n». Для сравнения с наблюдениями в Пулкове напомним, что одно абсолютное значение элемента ориентировки «n» в Пулкове получали за 24 часа.

Рис. 11. Гость просит сена и соли

Рис. 12. Жилой корпус экспедиции до пурги и после нее

Определение прямых восхождений производилось с помощью фотоэлектрического пассажного инструмента АПМ-10 (D = 100 mm, F = 1000 mm), оснащенного неподвижной визирной решеткой. Этот инструмент хорошо зарекомендовал себя в работе Николаевской службы времени, которая на протяжении многих лет считалась лучшей в

Рис. 13. Начальник экспедиции Г.М. Петров отвозит в Баренцбург оленьи рога – сувенирный подарок друзьям

составе службы времени СССР. Для исключения коллимационной ошибки горизонтальная ось инструмента перекладывалась на лагерах в средний момент прохождения звезды через центр визирной решетки. Наклонность горизонтальной оси инструмента определялась из отсчетов подвесного ампульного уровня в момент наблюдения каждой звезды. Азимут инструмента относительно мир определялся ежечасно из отсчетов северной и южной миры, которые отстояли от пассажного инструмента на расстоянии 64 м.

План наблюдений был рассчитан на три полярные ночи. В первую полярную в наблюдениях принимали участие три астронома: Н.С. Калихевич, Г.М. Петров и А.П. Челомбитько. Подменяя друг друга через каждые 8 ч, они старались получать непрерывные ряды наблюдений звезд максимально возможной продолжительности. Контрольная обработка показала, что наблюдения имеют высокую точность.

Еще перед первыми снегопадами мы обложили жилой корпус ящиками и досками, и уже первая метель замела наше жилье по самую крышу. Под снегом было тепло. Температура воздуха поддерживалась близкой к 20°, пищи было вдоволь, и все мы были удовлетворены результатом своей работы. План наблюдений удалось выполнить на 150%.

В конце февраля над горизонтом появилось Солнце. Наблюдения звезд прекратились, и члены экспедиции приступили к консервации аппаратуры (*рис. 13*). Свое дело мы сделали неплохо, оправдались все надежды, и никому в голову не приходило, что нас подстерегает страшное несчастье. А оно случилось.

В ночь с 8 на 9 марта 1975 года А.А. Аристархов и Н.С. Калихевич подъехали на снегоходе «Буран» слишком близко к берегу фиорда и упали на лед с высоты 8 м. Н.С. Калихевич погиб сразу, а А.А. Аристархов умер в больнице 9 марта. Мы похоронили их на кладбище баренцбургского рудника, а позже первым теплоходом перевезли тела в Николаев. Нет слов, которыми можно передать наше отчаяние и сожаления.

В конце мая Г.М. Петров и Т.Г. Тинькова приехали в Николаев, а А.П. Челомбитько остался в Баренцбурге для передачи дел составу экспедиции следующей полярной ночи. Через два дня после приезда в Николаев Г.М. Петрова забрала скорая медицинская помощь с острым приступом холецистита. Хирургическая операция по удалению желчного пузыря была не очень удачной. Нормально он себя почувствовал только в конце 1976 года и по этой причине не смог участвовать в наблюдениях второй и третьей полярной ночи.

Экспедиция для наблюдения во вторую полярную ночь 1975–1976 годов сразу же попала в очень трудное положение. Из запланированных семи участников экспедиции удалось оформить документы и приехать в Баренцбург только четырем (Э.М. Тильк – начальник экспедиции, В.Н. Пышненко, Л.Н. Плешивцев и В.И. Кияев – астроном Ленинградского государственного университета). Троих участников туда не пропустила Комиссия областного комитета КПСС по выездам советских граждан за границу. Спасла дело самоотверженность николаевского астронома В.Н. Пышненко и В.И. Кияева, которые вынуждены были наблюдать звезды непрерывно на протяжении 24 часов подряд. Это была крайне изнурительная работа, в которой им помогали инженеры Л.Н. Плешивцев и Э.М. Тильк.

В намного лучших условиях работали члены экспедиции в полярную ночь 1976–1977 годов. Под руководством научного сотрудника ГАО АН СССР Г.И. Пинигина (*рис. 14*) в наблюдениях принимали участие астроном из Пулковской обсерватории А.С. Павлов и николаевский астроном В.Н. Пышненко. Их работу поддерживали никола-

евские инженеры Ф.И. Бушуев, Л.Н. Плешивцев и Н.С. Орешенко (*рис. 15*). Этот состав экспедиции получил уникальный по длительности непрерывный ряд наблюдений звезд – 155 часов (6 суток и 11 часов). Распределение наблюдений по полярным ночам и наблюдателям приведено в *табл. 1*.

Таблица 1

Распределение наблюдений по ночам и наблюдателям

Первая полярная ночь	Н.С. Калихевич Г.М. Петров А.П. Челомбитько	2078 1464 1544	5086
Вторая полярная ночь	В.И. Кияев В.Н. Пышненко	1888 1937	3825
Третья полярная ночь	А.С. Павлов Г.И. Пинигин В.Н. Пышненко	1596 1517 1467	4580
Всего			13 461

Прозрачность воздуха на Шпицбергене была хорошей. Примерно 25% наблюдательного времени была практически идеальная прозрачность, когда яркие звезды видны у самого горизонта. Определенные трудности в работе создавала повышенная влажность воздуха, из-за чего инструмент иногда покрывался ледяной коркой, которую приходилось растворять спиртом и просушивать феном. Средняя температура воздуха во время наблюдений в первую полярную ночь была минус 15,7°, во вторую – минус 21,2°, а в третью – минус 15,9°, то есть достигала значений обычных для широты Москвы, Ленинграда и др. [Петров, Пинигин 1978; Пинигин 1990]. Как и ожидалось, температура воздуха во время наблюдений звезд практически не зависела от часового угла Солнца, и ее среднее значение на интервале 24 часов прямого восхождения колебалось всего лишь с амплитудой ± 0,5°.

Отметим, что на астрономических обсерваториях на умеренных географических широтах время наблюдений 24-часового интервала прямых восхождений длилось ровно год, и температура воздуха здесь колеблется в пределах от плюс 30 до минус 30 °С с колебаниями внутри суток на 10–15 °С. К счастью, не подтвердились опасения некоторых коллег, считавших, что вечная мерзлота не обеспечит должную устойчивость инструментальным фундаментам. Наши фундаменты были выложены в котлованах глубиной 2,5 м. Фундамент под пассажный инструмент и линзы мир представлял собой блок размером 5,0×3,5×2,4 м из крупных бетонных плит. На нем поставлены два столба, каждый высотой 1,6 м, для объективов двух мир и центральный столб высотой 1,1 м для пассажного инструмента. Фундаменты мир из крупных бетонных плит имеют размеры 2,5×2,5×2,4 м. На них на бетонных столбах высотой по 1,6 м располагались закладные детали мир. Представление о характере и величине изменений наклонности инструментального столба в направлении первого вертикала

Рис. 14. Наблюдения производит Г.И. Пинигин

Рис. 15. Состав III полярной экспедиции перед ее завершением

Слева направо: В.Н. Пышненко, Ф.И. Бушуев, Г.И. Пинигин, А.С. Павлов, Л.Н. Плешивцев, Н.С. Орешенко

Таблица 2

Осредненные среднечасовые наклонности горизонтальной оси инструмента в 0^s,001

0h	−136	6h	−88	12h	−55	18h	−66
1	−106	7	−89	13	−44	19	−70
2	−108	8	−84	14	−46	20	−69
3	−107	9	−68	15	−52	21	−70
4	−102	10	−70	16	−55	22	−68
5	−93	11	−70	17	−58	23	−75

Таблица 3

Отклонение горизонтальной оси инструмента от ее среднего значения в 0^s,001

δ	Первая ночь			Вторая ночь		Третья ночь		
	Ка	Пе	Ч	Ки	Пы	Па	Пи	Пы
15°	−6	−5	−8	−15	−2	−2	+1	+2
25	−4	−4	−8	−11	−1	−2	+1	+2
35	−4	−3	−6	−1	−1	−1	+2	+3
45	−3	−4	−5	−7	−2	−1	+2	+2
55	−2	−4	−3	−6	+1	0	+3	+3
65	−1	−1	−1	−3	−1	−3	+1	+3
75	−1	0	0	−3	−2	−6	−4	−2
75sp	+1	+4	+5	+5	−3	+1	−1	−3
65sp	+1	+1	+1	+6	−1	+2	0	−1
55sp	+2	+2	+2	+5	−1	+1	0	−2
45sp	+2	+2	+4	+4	0	+2	0	−2
35sp	+5	+2	+3	+4	+2	+4	−1	0

Здесь δ – склонение звезды, Ка – Калихевич Н.С., Пе – Петров Г.М., Ч – Челомбитько А.П., Ки – Кияев В.И., Пы – Пышненко В.Н., Па – Павлов А.С., Пи – Пинигин Г.И.

можно вычислить по измерениям наклонности горизонтальной оси, полученным во время обычных наблюдений, например 1 декабря 1976 года.

Средняя квадратическая ошибка значений наклонности в *табл. 2* оказалась равной ± 0^S,0027.

Хорошей устойчивостью отличались и миры. По исследованиям Г.И. Пинигина, несмотря на то, что миры на Шпицбергене были сравнительно короткофокусными, угол между мирами от изменений температуры не зависел, а поступательное изменение величины этого угла имело величину 0^S,017 в месяц. И средняя квадратичная ошибка одного определения азимута инструмента относительно одной миры, выведенная по внутренней сходимости отдельных измерений, изменялась в пределах ± 0^S,006 ÷ ± 0^S,010 [Пинигин 1990].

Напомним еще раз, что на средних географических широтах при определениях прямых восхождений на меридианных инструментах наклонность горизонтальной оси определяют 3–4 раза для ряда наблюдений длительностью в 10 часов. А значение абсолютного азимута мир – один раз, в лучшем случае за 12 часов. Для наших же наблюдений на Шпицбергене каждый час получалось примерно 20 измерений наклонности и 10 значений величины «n» (аналог азимута). При этом, что крайне ценно, и наклонность, и элемент «n» мы получали при установках трубы инструмента на различные

Таблица 4

Изменения «n» в зависимости от склонений

	23–30˚		30–40˚		40–50˚		50–60˚		60–70˚		70–80˚	
	Δ«n»	N	Δ«n»	N	Δ«n»	N	Δ«n»	N	Δ«n»	N	Δ«n»	N
Первая ночь			+2	168	+6	178	−3	158	−2	186	−3	179
Вторая ночь			+10	141	+1	199	0	130	−1	130	0	92
Третья ночь	+8	193	+3	184	+2	194	0	153	+1	173	−2	167

склонения, что дало возможность получить данные о выкатывании на лагерах горизонтальной оси инструмента и учесть его при обработке.

Из *табл. 3* видно, что смещения горизонтальной оси в вертикальной плоскости в первую полярную ночь у всех троих наблюдателей были практически одинаковыми. Во вторую ночь эти смещения у В.И. Кияева были примерно в 2 раза больше, чем в первую ночь, а у В.Н. Пышненко они практически себя не проявляли. В третью ночь смещения оси у всех троих наблюдателей были небольшими и у А.С. Павлова имели противоположный знак. Полученный результат свидетельствует о том, что положение горизонтальной оси инструмента на лагерах зависело от того, насколько тщательно наблюдатель обращался с инструментом.

Отметим, что в наблюдениях на Шпицбергене – особенно это относится к наблюдениям первых четырех астрономов – смещение горизонтальной оси в вертикальной плоскости происходили так, что поправки в момент прохождения через меридиан для всех звезд имели один и тот же знак и примерно одинаковую величину. Поэтому учет их или неучет не может повлиять на абсолютное значение элемента ориентировки «n». Как уже говорилось, значение элемента ориентировки пассажного инструмента «n» определялось для каждой десятиградусной зоны отдельно. В *табл. 4* приведены изменения «n» в зависимости от склонений в 0^S,001 (Нуль-пункт в зоне от +40˚до +80˚). Средние квадратичные ошибки табличных значений Δ«n» равны ± 0^S,0015.

Данные *табл. 4* свидетельствуют о том, что в первую и вторую ночи наблюдения сопровождались малыми, но все же заметными выкатываниями горизонтальной оси инструмента на лагерах, величина которых была неодинаковой для разных склонений.

Подчеркнем, что на умеренных географических широтах обнаружить и учесть такие выкатывания было бы невозможно и результаты определений прямых восхождений были бы отягощены систематическими ошибками $\Delta\alpha_\delta$. Наши же наблюдения на Шпицбергене свободны и от систематических ошибок вида $\Delta\alpha_\alpha$. Об этом свидетельствует исследование «n» в зависимости от прямого восхождения. Оказалось, что на интервале 24 часов прямого восхождения среднее значение «n» претерпевает колебания всего лишь на величину ± 0^S,001.

Как и предполагалось, выравнивание прямых восхождений «часовых звезд» затруднений не встретило. В качестве «часовых» на Шпицбергене использовались 73 звезды из фундаментального каталога FK4, подобранные так, чтобы в каждом часе прямого восхождения было 3 звезды, среднее склонение которых было бы близким к +30˚. Выравнивание прямых восхождений этих звезд было выполнено двумя методами:

1) методом, которым до нас никто еще не имел возможности пользоваться (так как непрерывные ряды наблюдений продолжительностью 24 часа можно получать только в условиях полярной ночи). Таких рядов у нас было 23, и поправка прямого восхождения каждой отдельной звезды получалась из разности поправки часов по всем 73 звездам и каждой отдельно взятой;

2) классическим пулковским методом по разностям поправок часов двух соседних часовых групп. В этом случае использовался весь наблюдательный материал, в том числе и ряды наблюдений продолжительностью меньше 24 часов. Таких часовых разностей оказалось в среднем около 35.

Результаты, полученные этими двумя методами, практически совпадали, и в качестве окончательных значений поправок прямых восхождений часовых групп мы взяли простое среднее.

Таблица 5

Разности прямых восхождений часовых групп Δα в 0^s,001

α	Δα	α	Δα	α	Δα	α	Δα	α	Δα	α	Δα
0h	+1	4h	−3	8h	−2	12h	+2	16h	+2	20h	0
1	0	5	−2	9h	−2	13	+2	17	+1	21	−1
2	−2	6	−1	10	−2	14	+3	18	+1	22	−1
3	−5	7	−1	11	0	15	+2	19	+1	23	+1

Систематические разности между полученными прямыми восхождениями «часовых» звезд и их значениями в каталоге FK4 приведены в *табл. 5*. Средние квадратические ошибки этих разностей достигали значения $\pm 0^s$,002.

Эти поправки были прибавлены к значениям прямых восхождений «часовых» звезд FK4, и с их помощью получены прямые восхождения 531 звезды.

В дальнейшем были исследованы систематические разности прямых восхождений, зависящие от порядка перекладки горизонтальной оси на лагерах – «West-East» или «East-West». Они были невелики, и, учитывая, что число наблюдений в порядке «West-East» отличалось от числа в порядке «East-West» всего лишь на 0,2%, мы решили пренебречь этой систематичностью, будучи уверенными, что на окончательных результатах это не скажется, а оценка точности наблюдений ухудшится незначительно.

Систематических разностей, зависящих от кульминаций, в наблюдениях на Шпицбергене быть не должно, так как метод определения и учета элемента ориентировки инструмента «n» устранял эти разности полностью. Тем не менее в порядке контроля правильности обработки наблюдений соответствующие разности были вычислены для каждого наблюдателя отдельно. Как и ожидалось, эти разности достигали значения, равного одной миллисекунды, только в двух случаях, а во всех остальных они были равны нулю.

Обычно считают, что фотоэлектрический способ регистрации прохождений звезд через меридиан сильно ослабляет влияние наблюдателя на результаты наблюдений и личные ошибки наблюдателей становятся настолько малыми, что повлиять на результат они уже не смогут. Будучи не совсем уверенными в правильности второй части этого предложения, мы решили определить эти ошибки. Оказалось, что это действительно так.

Итак, в наблюдениях на Шпицбергене систематические разности вышеперечисленных видов практически отсутствовали. Поэтому окончательные значения поправок прямых восхождений 531 звезды FK4 были получены путем осреднения всех отдельных значений без каких-либо исправлений [Калихевич и др. 1978; Калихевич и др. 1980; Петров 1981а]. После этого по внутренней сходимости были получены средние квадратические ошибки прямых восхождений отдельно для каждого наблюдателя и в среднем для всех наблюдателей. Средняя квадратическая погрешность ε определения прямого восхождения звезды из одного наблюдения хорошо представлялась формулой $\varepsilon = \pm 0^s$,0151 Secδ SecZ, где δ – склонение звезды, а Z – зенитное расстояние в меридиане. Средняя квадратическая погрешность коэффициента 0^s,0151 оказалась равной $\pm 0^s$,0004. Поскольку каждая звезда наблюдалась на Шпицбергене в среднем по 25 раз, то средняя квадратическая ошибка каталожного места была равна $\pm 0.^s$003SeeδSeeZ.

Полученный на Шпицбергене каталог абсолютных прямых восхождений 531 звезды, названный Nik (Spiz) 75 (Николаев – Шпицберген), был сравнен с фундаментальным каталогом FK4, а после появления в фундаментального каталога FK5 – еще и с этим каталогом. В *табл. 6, 7 и 8* приведены значения величин $\Delta\alpha_\alpha \cos\delta$, $\Delta\alpha_\delta \cos\delta$ и $\Delta\alpha_m \cos\delta$, взятые в смысле Nik–FK4 и FK5–FK4, где N – число звезд, а m – звездная величина звезды.

Из *табл. 6, 7, 8* видно, что разности между каталогами невелики, однако в разностях видна систематичность, свидетельствующая о наличии небольших, но все же заметных ошибок прямых восхождений FK4 по α, δ, и m.

Таблица 6

Значения величин $\Delta\alpha_\alpha \cos\delta$ в $0^s,001$, полученные осреднением по трехчасовым интервалам прямого восхождения α

α	Nik–FK4	N	FK5–FK4	α	Nik–FK4	N	FK5–FK4	α	Nik–FK4	N	FK5–FK4
0h	+3	65	−1	8h	+1	69	+1	16h	+2	71	+2
1	+1	71	−1	9	0	67	+1	17	+2	63	+1
2	0	73	−1	10	0	65	+1	18	+1	61	+1
3	−3	72	0	11	−1	58	0	19	−1	60	0
4	−2	70	0	12	0	56	0	20	−1	63	−1
5	−1	63	0	13	+1	65	+1	21	−2	68	−2
6	+1	65	+1	14	+3	72	+1	22	−1	64	−2
7	+2	62	+1	15	+2	74	+1	23	+1	66	−2

Таблица 7

Значения $\Delta\delta\cos\delta$ в $0^s,001$

Зона склонений		Nik–FK4	N	FK5–FK4
+10°	+20°	−5	93	−4
20	30	−4	103	−4
30	40	+4	86	0
40	50	+2	88	0
50	60	+5	57	0
60	70	+6	56	+2
70	80	+5	48	+1

Таблица 8

Значения величин $\Delta\delta_m \cos\delta$ в $0^s,001$

Звездная величина		Nik–FK4	N	FK5–FK4
0m–	2 m	−3	10	−4
2–	3	−1	30	−2
3–	4	−3	91	−1
4–	5	−1	152	0
5–	6	+1	206	0
6–	7	+3	42	+1

Подводя итоги, можно сказать, что все надежды на наблюдения в полярную ночь на высоких географических широтах оправдались полностью. Впервые были получены высокоточные абсолютные прямые восхождения звезд, практически свободные от систематических ошибок. Полученные данные были использованы при создании нового международного фундаментального каталога положений звезд FK5. Работа экспедиции на Шпицбергене была признана Астрономическим советом Академии наук СССР лучшей работой в области астрономии в СССР за 1977 год.

В заключение необходимо подчеркнуть следующее:

1. Нет сомнений, что в условиях полярной ночи существует реальная возможность получить наблюдения, свободные от систематических ошибок.

2. Случайные ошибки наблюдений могут быть тоже значительно уменьшены. Дело в том, что мы наблюдали на Шпицбергене на пассажном инструменте АПМ-10, который не обладает достаточной устойчивостью. Если бы на Шпицбергене, а еще лучше на Земле Франца-Иосифа, наблюдения производились на меридианных инструментах горизонтальных конструкций, оснащенных к тому же ПЗС камерами, то средняя квадратичная ошибка определения положения небесного объекта из одного наблюдения достигла бы примерно $\pm 0^s,003 (\pm 0'',05)$, и из 200 наблюдений каждой звезды, как это имело место в миссии HIPPARCOS, можно было бы получить точность $\pm 0'',003$, сравнимую с наблюдениями в космосе.

Наконец, мы хотим сказать, что Заполярье оставило у нас неизгладимые впечатления. Белое безмолвие, красоту лунной ночи и особенно полярных сияний, прозрачность и глубину звездного неба описать словами невозможно.

Глава 2
Гидрометеорологические наблюдения на архипелаге Шпицберген

Архипелаг Шпицберген в силу своего уникального географического положения является наиболее значимым объектом в оценке климатических изменений в арктическом регионе, в изучении и прогнозировании гидрометеорологических и гелиогеофизических процессов в атмосфере, океане, околоземном и космическом пространстве, в осуществлении мониторинга состояния окружающей природной среды, имеющих важное значение для гидрометеорологического обеспечения хозяйственной, транспортной и социальной сферы деятельности российских организаций, населения и развития международного научно-технического сотрудничества.

Первые российские метеорологические наблюдения на Шпицбергене были проведены во время работы совместной Русско-шведской экспедиции по измерению дуги меридиана в 1899–1902 годах [Уракберг 2001]. Хотя главной целью экспедиции были геодезические исследования, в составе экспедиции работал отряд метеорологов, возглавляемый сотрудником Пулковской обсерватории физиком М.А. Бейером. Наблюдения проводились на зимовочной станции Константиновка, находящейся на западном побережье Шпицбергена на берегу Гоуз-Бэй, одной из бухт залива Хорнсунн (76°56' с. ш. и 1°3' в. д.). Измерялись основные метеорологические параметры: температура, атмосферное давление, влажность, скорость и направление ветра, а также изменения магнитного поля. В летнее время были проведены также гидрографические наблюдения в различных точках архипелага. По этим данным Бейером был составлен каталог наблюдений. Кроме того, метеорологами ежечасно фиксировались визуальные наблюдения различных атмосферных явлений, в частности, полярных сияний. Каталог Бейера впоследствии использовался астрономом Сикорой [Sykora 1903], который проводил в Хорнсунне инструментальные наблюдения этого явления. Вспомогательная роль метеорологических наблюдений заключалась и в определении визуальной дальности видимости при триангуляционных геодезических измерениях, когда подавались сигналы с вершин окружающих гор или других точек системы триангуляции.

В 1932 году вместе с первыми советскими полярниками на архипелаг Шпицберген высадилась и группа гидрометеорологов. Первая метеорологическая станция была организована в поселке Грумант, которая в 1933 году была перенесена в Баренцбург. Сначала наблюдения велись только за метеорологическими параметрами. Результаты измерений использовались в работе рудников Грумант, Баренцбург и Пирамида. С 1934 года были начаты наблюдения по рейке за уровнем моря. С 1948 года по настоящее время (с небольшими перерывами) уровенные наблюдения производятся по уровенной рейке и по СУМу (самописец уровня моря). Одновременно начаты и продолжаются по сегодняшний день наблюдения за температурой воды, волнением, ледовой обстановкой в заливах Грён-фиорд, Ис-фиорд.

Во время Великой Отечественной войны гидрометстанция была законсервирована, а полярники эвакуированы с архипелага. Гидрометеорологическая станция Баренцбург возобновила работу в 1947 году. Высокоширотная обсерватория Баренцбург входила в это время в ведение Главгидрометслужбы, а в конце 1951 года ее передают Главсевморпути. Спустя два года обсерватория меняет название на Геофизическую обсерваторию, а еще через год она передается в подчинение Арктическому научно-исследовательскому институту и получает название Арктической научно-исследовательской обсерватории. В 1958 году обсерватория переходит в подчинение Амдерминского радиометцентра со статусом «Полярная станция». С 1963 года она входит в состав Мурманского территориального управления по гидрометеорологии и контролю природной среды при Госкомитете СССР. В июле 1983 года на базе станции открылась зональная гидрометобсерватория (ЗГМО).

За весь период деятельности ЗГМО несколько раз меняла свое местоположение, пока в 1983 году на окраине Баренцбурга не было построено два кирпичных двухэтажных корпуса (жилой и лабораторный), где по сей день живут и трудятся работники Мурманского УГМС, а также их коллеги из Арктического и антарктического научно-исследовательского института и РЦ «Мониторинг Арктики» (*рис. 1, 2*).

В декабре 1947 года к работе приступила аэрологическая группа, наиболее значительная и по численному составу и по техническому оснащению. В отдельных сооружениях были размещены современный на тот момент радиопеленгатор «Малахит» с дальномерной приставкой и пункт проведения газодобывания, с помощью которых впервые в этом районе появилась возможность изучения состояния верхних слоев атмосферы (от поверхности Земли до высот 30–40 км, что значительно превышало «потолок» всех существующих в мире летательных аппаратов) с использованием первого и единственного в тот период прибора для изучения характеристик верхних слоев атмосферы – радиозонда РЗ-049 конструкции профессора Молчанова. Этот пункт радиозондирования, впервые обустроенный на архипелаге Шпицберген, безостановочно действовал в течение многих десятков лет – в нем постепенно меняли на более современные сами радиозонды – на смену РЗ-049 пришли А-22-III, А-22-IY, МРЗ, МАРЗ, на смену радиопеленгатору «Малахит» – радиолокатор «Метеорит», а позднее аэрологический вычислительный комплекс АВК-1.

Рис. 1. Здание гидрометобсерватории в 1979 году

Рис. 2. Жилой и лабораторный корпусы ЗГМО Баренцбург в 2005 году

Наиболее полный объем наблюдений проводился в период 1985–1990 годов, когда выполнялись регулярные метеорологические, геофизические, аэрологические, океанографические, актинометрические и другие виды наблюдений с оперативной передачей информации в прогно-

Рис. 3. Производство метеорологических наблюдений на метеоплощадке ЗГМО и морских наблюдений в порту Баренцбург

стические центры Советского Союза (*рис. 3*). Численность сотрудников, постоянно проживающих и работающих в Баренцбурге, в этот период составляла 25–28 человек.

С 1995 году в связи с экономическими трудностями работы в ЗГМО были приостановлены, штат обсерватории сократился до трех человек, и проводились только метеорологические наблюдения. И только с 2000 года, в связи с принятием постановления Правительства Российской Федерации «О финансировании деятельности российских организаций на архипелаге Шпицберген» работы, проводимые в обсерватории, получили дальнейшее развитие.

Благодаря государственной финансовой поддержке Мурманское УГМС в 2000 году сумело полностью укомплектовать штатными гидрометеорологическими приборами и оборудованием ЗГМО «Баренцбург», была восстановлена связь между ЗГМО и управлением в Мурманске, расширен состав метеорологических наблюдений, значения данных метеопараметров на ЗГМО «Баренцбург» с 1960 по 2000 год занесены в «Систему управления климатическими данными Clicom» и затем обработаны. В результате обработки были уточнены средние и экстремальные значения основных метеоэлементов, характеристики их изменения во времени, выявлены тенденции в изменении климата архипелага. В этот же период были возобновлены морские, актинометрические наблюдения, наблюдения за уровнем моря. В настоящее время данные метеорологических наблюдений, проводимых на ЗГМО, оперативно поступают в глобальную систему телесвязи ВМО.

В 2000–2004 годах были отремонтированы жилой и служебный корпуса, восстановлена инфраструктура зданий ЗГМО.

С 2001 года возобновлены три вида геофизических наблюдений: регистрация вариаций магнитного поля, измерение уровня космического радиоизлучения и прием сигналов наклонного зондирования ионосферы (перерыв в наблюдениях составил 4 года). Для этого были закуплены два современных измерительных комплекса, использование которых повысило точность и надежность наблюдений, ускорило передачу данных в управление, исключило ошибки операторов. Ионозонд «Бизон», например, дает возможность передавать в ионосферно-магнитную службу МУГМС двенадцать параметров радиоканала вместо двух, доступных при работе на прежней аппаратуре. Это в свою очередь позволило повысить точность рекомендаций по частотам радиосвязи, составляемых специалистами ионосферно-магнитной службы Мурманского УГМС по запросам заказчиков.

В это же время были возобновлены и расширены наблюдения за состоянием окружающей среды:

• На расстоянии 4 км от поселка установлен стационарный пост контроля загрязнения атмосферного воздуха, оснащенный приборами для от-

Рис. 4. Пост контроля загрязнения атмосферного воздуха в районе вертолетной площадки в Баренцбурге

Рис. 5. Общий вид автоматической метеостанции РМ-2000

бора проб воздуха и приборами для определения метеорологических параметров (*рис. 4*).

• Ежедневно производится отбор и анализ проб на содержание оксида углерода по программе трехсрочных наблюдений (7, 13, 19 часов) (прибор – «Палладий-3»), отбор проб воздуха на содержание металлов (анализ производится в ЦМС).

• Проводится определение кислотности (pH) атмосферных осадков (прибор – иономер).

• Ежедневно отечественным дозиметром определяется уровень радиации и данные оперативно передаются в Мурманский территориальный центр сбора и контроля радиационной обстановки.

• Производится отбор проб радиоактивных выпадений (недельная проба).

• В 2002 году начаты работы по определению качества снежного покрова по 17 показателям, включая металлы.

Таким образом, к 2002 году были в полном объеме восстановлены гидрометеорологические, возобновлены стандартные актинометрические (суммарная радиация), морские, геофизические наблюдения и наблюдения за состоянием окружающей среды, за общим содержанием озона. Штат сотрудников, круглогодично ведущих гидрометеорологические наблюдения, составляет 12–14 человек.

После того как были решены первоочередные задачи по восстановлению работы ЗГМО, Мурманское УГМС приступило к расширению состава наблюдений и улучшению их качества на базе современной измерительной и вычислительной техники. В 2003 году в районе вертолетной площадки на расстоянии 4,5 км от поселка, где влияние техногенных факторов минимально, была установлена российско-финская автоматическая станция РМ-2000, которая позволяет с дискретностью 1 минута получать измеренные значения по 10 метеорологическим параметрам (*рис. 5*). Результаты измерений, полученные при помощи этой станции, уже используются для

а

б

Рис. 6. Выполнение океанографических станций в Айс-фиорде и Грён-фиорде с борта судна и со льда

оценки климатических особенностей Баренцбурга и будут использованы в изучении и прогнозировании гидрометеорологических процессов, в оценке климатических изменений в Арктике. В этом же году были проведены две пробных океанографических съемки в Айс-фиорде с использованием современного автономного возвращаемого зонда для определения вертикального профиля гидрологических параметров ОЛД-1 (*рис. 6*). В зимнее время, если позволяют ледовые условия, выполняются океанографические наблюдения со льда в Грён-фиорде.

Рис. 7. Озерный пост на озере Биенде-Стемме

В морской прибрежной зоне порта на морском посту установлен современный мареограф-волнограф «Прилив-2» с гидростатическим датчиком давления. В настоящее время он находится в опытно-промышленной эксплуатации, и первые результаты позволяют надеяться на получение в дальнейшем интересных данных об уровне моря. С 1 января 2004 года производится изучение гидрологического режима питьевого озера Биенде-Стемме. С этой целью организован озерный пост, работающий по стандартной программе наблюдений (*рис. 7*).

В ближайшей перспективе предполагается установка автоматических метеостанций в порту на нижней террасе и объединение всех трех станций в одну сеть с передачей и накоплением метеорологической информации на центральном компьютере в служебном здании ЗГМО. Такая сеть станций позволит детально изучить особенности климата Баренцбурга и его окрестностей и создать эффективное гидрометеорологическое обеспечение хозяйственной деятельности российских организаций на архипелаге.

Литература

Багильдинский, Пинигин 1979 – *Багильдинский Б.К., Пинигин Г.И.* Построение системы абсолютных склонений звезд всего неба с использованием высокоширотных наблюдений // Астрономический журнал. 1979. Т. 56. Вып. 5. С. 1088–1093.

Калихевич и др. 1978 – *Калихевич Н.С., Петров Г.М., Челомбитько А.П.* Предварительные результаты экспедиции Николаевского отделения ГАО АН СССР по определению прямых восхождений звезд на о. Шпицбергене // Новые идеи в астрометрии. Л.: Наука, 1978. С. 40–43.

Калихевич и др. 1980 – *Калихевич Н.С., Киев В.И., Павлов А.С., Петров Г.М., Пинигин Г.И., Пышненко В.Н., Челомбитько А.П.* Абсолютные прямые восхождения 531 звезды, полученные из наблюдений на Шпицбергене. Рукопись депонирована в ВИНИТИ № 75480. Деп. 28.02.80. М., 1980.

Петров 1975 – *Петров Г.М.* Современные проблемы позиционной астрометрии. М.: МГУ, 1975.

Петров 1981а – *Петров Г.М.* К вопросу об определении абсолютных прямых восхождений на высоких географических широтах // Письма в астрономический журнал. 1981. Т. 7. С. 318–320.

Петров 1981б – *Петров Г.М.* Трехлетний цикл наблюдений абсолютных прямых восхождений на о. Шпицберген // Астрометрические исследования. Киев: Наукова думка, 1981. С. 14–20.

Петров, Пинигин 1978 – *Петров Г.М., Пинигин Г.И.* Астрономические наблюдения на Шпицбергене // Вестник Академии наук СССР. 1978. № 10. С. 126–127.

Петров, Пинигин 2003 – *Петров Г.М., Пинигин Г.И.* К тридцатилетию экспедиции астрономов Главной астрономической обсерватории Академии наук СССР на остров Западный Шпицберген // Астрономический календарь 2004 г. СПб.: ГАО РАН, 2003. С. 204–216.

Петров, Пинигин 2004 – *Петров Г.М., Пинигин Г.И.* Карл Кнорре – первый астроном Черноморского флота. Николаев: Атолл, 2004.

Петров, Пинигин 2006 – *Петров Г.М., Пинигин Г.И.* Иван Кортацци – астроном Черноморского флота. Николаев: Атолл, 2006.

Пинигин 1978 – *Пинигин Г.И.* Использование высокоширотных наблюдений для вывода каталога абсолютных прямых восхождений звезд всего неба // Письма в астрономический журнал. 1978. Т. 4. № 9. С. 420.

Пинигин 1979 – *Пинигин Г.И.* Астрономические наблюдения в полярные ночи // Проблемы исследования Вселенной. 1979. Вып. 8. С. 160–171.

Пинигин 1990 – *Пинигин Г.И.* О поведении азимута пассажного инструмента во время астрономических наблюдений на о. Шпицбергене // Известия Главной астрономической обсерватории АН СССР. Л.: Наука, 1990. № 197.

Пинигин и др. 2005 – *Пинигин Г.И., Петров Г.М., Пожалова Ж.А.* «Николаевской астрономической обсерватории 185 лет» // Астрономический календарь 2006. СПб.: Межрегиональное Астрономо-геодезическое объединение, ГАО РАН. 2005. Вып. 108. С. 161–167.

Пинигин и др. 2007 – *Пинигин Г.И., Пожалова Ж.А., Ольшанская Н.Г.* Николаевская астрономическая обсерватория как исторический, астрономический и архитектурный памятник астрономии и мирового наследия // Изучение объектов околоземного пространства и малых тел Солнечной системы. Николаев: Атолл, 2007. С. 330–336.

Пінігін 1998 – *Пінігін Г.* Миколаївська астрономічна обсерваторія. Зоряний шлях довжиною в 175 років. Миколаїв: Атол, 1998.

Уракберг 2001 – *Уракберг У.* Сотрудничество и результаты шведско-российской экспедиции на Шпицбергене по измерению дуги меридиана // Международное сотрудничество в Арктике. М.: Институт археологии РАН; Арктикуголь, 2001. С. 3–4.

Gumerov, Pinigin 1997 – *Gumerov R.I., Pinigin G.I.* Advantages and peculiarities of the determination of stellar coordinates in Antarctica with the automatic meridian telescope // Astronomy and Astrophysical Transactions. 1997. V. 13. № 1. P. 77–81.

Lederle 1978 – *Lederle N.* Accuracy of Fundamental Positions and Proper Motions // Centre Donnee Stellaires. 1978. V. 14. P. 62–68.

Petrov 1974 – *Petrov G.M.* Absolute Determination of Right Ascensions of Stars at High Geographical Latitude during the Polar Night // New problems in astrometry. Proceedings of the Symposium, Perth, Australia, August 13–17, 1973. Dordrecht, 1974. P. 37.

Petrov, Pinigin 1992 – *Petrov G.M., Pinigin G.I.* On absolute determination of stellar coordinates for a new fundamental catalogue using observations from Antarctica // Astronomical and Astrophysical Transactions. 1992. V. 3. № 2. P. 185–186.

Petrov, Pinigin 2002 – *Petrov G.M., Pinigin G.I.* Karl Knorre, the first astronomer of Nikolaev Observatory (on the occasion of his bicentenary) // Astronomische Nachrichten. 2002. V. 323. № 6. P. 559–561.

Petrov, Pinigin 2007 – *Petrov G.M., Pinigin G.I.* Karl Knorre, Premier astronome de la Flotte de Mer Noire. Nikolaïev: I. Gudym, 2007.

Pinigin 2001 – *Pinigin G.I.* Nikolaev Astronomical Observatory – 180 years: from Naval to Astronomical one // Extension and Connection of Reference Frames Using Ground Based Technique. October 10–13. Nikolaev: Atoll, 2001. P. 293–304.

Sykora 1903 – *Sykora J.* Observations Directes et Photographies des Aurores Boreales // Memoires de L`Academie Imperiale des Sciences de St.-Petersbourg. 1903. T. 14. № 5. P. 1–50.

Авторы

Раздел I

В.Г. Захаров
Институт географии РАН, Москва, глава 2

О.В. Шабалина
Центр гуманитарных проблем КНЦ РАН,
Апатиты, глава 3

В.Ф. Старков
Институт археологии РАН, введение, главы 1 и 2

Раздел II

С.Л. Дженюк
Мурманский морской биологический институт
введение

А.Н. Евдокимов
ВНИИОкеанология, Санкт-Петербург, глава 1

Е.М. Зингер
Институт географии РАН, Москва, глава 4

Н.М. Иванова
«Севморгео, Санкт-Петербург, глава 1

Н.А. Константинова
Полярно-альпийский ботанический сад-институт
КНЦ РАН, Кировск, глава 3

Н.Е. Королева
Полярно-альпийский ботанический сад-институт
КНЦ РАН, Кировск, глава 3

Б.Р. Мавлюдов
Институт географии РАН, Москва, глава 4

П.Р. Макаревич
Мурманский морской биологический институт
введение

Ю.Я. Мачерет
Институт географии РАН, Москва, глава 4

Н.И. Осокин
Институт географии РАН, Москва, глава 4

А.Н. Савченко
Полярно-альпийский ботанический сад-институт
КНЦ РАН, Кировск, глава 3

Г.А. Тарасов
Мурманский морской биологический институт,
КНЦ РАН, Мурманск, глава 2

А.Н. Сироткин
Полярная морская геологоразведочная экспедиция,
Санкт-Петербург–Ломоносов, глава 1

А.М. Тебеньков
Полярная морская геологоразведочная экспедиция,
Санкт-Петербург–Ломоносов, глава 1

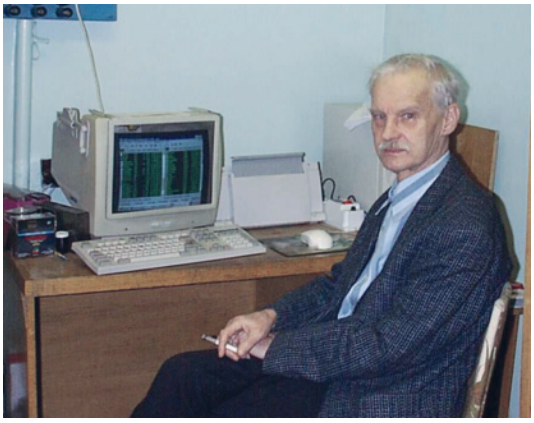
Раздел III

В.Г. Воробьев
Полярный геофизический институт КНЦ РАН,
Апатиты, глава 3

Л.С. Евлашин
Полярный геофизический институт КНЦ РАН,
Апатиты, главы 1 и 2

Я.А. Сахаров
Полярный геофизический институт КНЦ РАН,
Мурманск, введение, глава 4

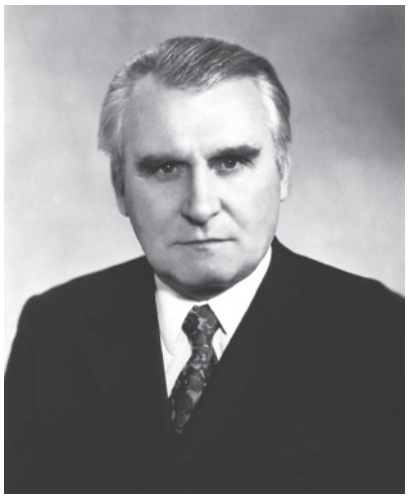
В.Е. Иванов
Полярный геофизический институт КНЦ РАН,
Апатиты, введение, главы 3 и 4



Г.В. Старков
Полярный геофизический институт КНЦ РАН, Апатиты,
главы 1 и 2

Е.Д. Терещенко
Полярный геофизический институт КНЦ РАН,
Мурманск, глава 4

Раздел IV



Г.М. Петров
Николаевская астрономическая обсерватория, глава 1

Г.И. Пинигин
Николаевская астрономическая обсерватория, глава 1

А.В. Семенов
Мурманское управление по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды, глава 2

С.А. Черноус
Полярный геофизический институт КНЦ РАН,
Апатиты, введение к разделу IV, глава 1 раздела III

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Научное издание

НАУКА
НА ШПИЦБЕРГЕНЕ
История
российских исследований

Ответственный редактор *О.Р. Николаев*
Редактор *Е.В. Кулешов*
Корректор *Л.В. Орлова*
Верстка *А.А. Стукановой*

ООО «Издательский Дом “ГАМАС”»
Россия, 191167, Санкт-Петербург, ул. Александра Невского, д. 9, офис 475
Тел./факс: +7 (812) 327-30-66
+7 (812) 327-04-08
+7 (812) 274-57-27
www.gamasgroup.ru
info@gamasgroup.ru

Отпечатано в ООО «Типография “Премиум Пресс”»

Подписано в печать 04.09.2009.
Гарнитура «PeterburgC».
Формат 205 × 260 мм. Печать офсетная.
Тираж 400 экз. Заказ №
Отпечатано по технологии CtP.

ISBN 978-5-91519-010-7