



**XII Международная научно-практическая конференция  
«Морские исследования и образование»  
MARESEDU-2023**

**XII International conference  
«Marine Research and Education»  
MARESEDU-2023**

**ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ /  
CONFERENCE PROCEEDINGS  
Том IV (IV) / Volume IV (IV)**

**23-27 октября 2023 г.  
г. Москва**



УДК [551.46+574.5](063)

ББК 26.221я431+26.38я431+28.082.40я431

T78

**Труды XII Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2023)» Том IV (IV): [сборник]. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2024, 505 с.:**

**ISBN 978-5-6049290-6-3**

**ISBN 978-5-6051693-1-4 (т.4)**

Сборник «Труды XII Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2023)» представляет собой книгу тезисов докладов участников конференции, состоящую из четырех томов. Сборник включает в себя главы, соответствующие основным секциям технической программы конференции: океанология, гидрология, морская геология, гидрографические и геофизические исследования на акваториях, морские ландшафты морская биология, морские млекопитающие, рациональное природопользование и подводное культурное наследие. Помимо основных секций на конференции были представлены: пленарная сессия, посвященная 70-летию кафедры океанологии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и 85-летию ББС МГУ имени Н.А. Перцова, секция научно-популярных фильмов и круглые столы: «Современные авиационные исследования объектов биологического разнообразия. Практика и перспективы развития» и «Применение искусственного интеллекта для изучения биологических объектов».

Все тезисы представлены в редакции авторов.

В рамках конференции участники обсудили состояние и перспективы развития комплексных исследований Мирового океана, шельфовых морей и крупнейших озер, актуальные проблемы рационального природопользования и сохранения биоразнообразия в водных пространствах, проблемы освоения ресурсов континентального шельфа, достижения науки в области морской геологии, современные подходы к исследованиям обширных акваторий дистанционными методами, проблемы устойчивого развития экосистем моря и прибрежной зоны, организацию и проведение комплексных экспедиционных исследований, преподавание «морских дисциплин», вопросы организации полевых практик студентов.

Подготовлено к выпуску издательством ООО «ПолиПРЕСС» по заказу ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова».

ООО «ПолиПРЕСС»

170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский  
пр-т, д. 7, пом. II polypress@yandex.ru

Все права на издание принадлежат  
ООО «Центр морских исследований  
МГУ имени М.В. Ломоносова».

© ООО «Центр морских исследований  
МГУ имени М.В. Ломоносова», 2024  
© ООО «ПолиПРЕСС»

УДК 551.46

Рубрика 38.47.00

## ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПИНГОПОДОБНЫХ ФОРМ МЕЛКОВОДНОЙ ЧАСТИ ПЕЧОРСКОГО МОРЯ

## GEOMORPHOLOGICAL STRUCTURE OF PINGO-LIKE FEATURES OF SHALLOW PART OF PECHORA SEA

**Кохан Андрей Валерьевич<sup>1</sup>, Мороз Евгений Андреевич<sup>1</sup>, Денисова Анна Павловна<sup>1</sup>, Сухих Елена Александровна<sup>1</sup>, Еременко Екатерина Андреевна<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Геологический Институт РАН, Москва,*

<sup>2</sup>*МГУ им. М.В.Ломоносова, Географический факультет, Москва*

**Kokhan Andrei Valerievich<sup>1</sup>, Moroz Evgeny Andreevich<sup>1</sup>, Denisova Anna Pavlovna<sup>1</sup>, Sukhikh Elena Aleksandrovna<sup>1</sup>, Eremenko Ekaterina Andreevna<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Geological Institute of RAS, Moscow,*

<sup>2</sup>*MSU, Faculty of Geography, Moscow*

### **Введение**

Подводные пингоподобные формы (pingo-like features, PLF/ППФ) представляют собой малоизученный геолого-геоморфологический феномен. В ходе работ по научным программам 49-го, рейса НИС «Академик Николай Страхов» в 2020 гг. и 51-го рейса НИС «Академик Борис Петров» в 2022 г. был обследован полигон в мелководной части Печорского моря, где развиты такие формы. Работы на полигоне включали многолучевое эхолотирование, сейсмоакустическое профилирование акустическим профилографом и источником спаркер.

Целью исследования был анализ строения рельефа дна и верхней части осадочного чехла на основании цифровой модели рельефа дна (ЦМР) в разрешении 10x10 м и сейсмоакустических данных. По результатам работ были сформированы предварительные представления о геоморфологическом строении полигона работ.

### **Данные и методы**

Работа основывается на батиметрических и сейсмических данных полученных многолучевым эхолотом SeaBat 8111, профилографом EdgeTech 3300 (на НИС «Академик Николай Страхов») и многолучевым эхолотом Reason T-50 ER, профилографом Parasound P70 (на НИС «Академик Борис Петров») и системой непрерывного сейсмопрофилирования. Съёмка была выполнена на полигоне в восточной части Печорского моря с глубинами 30-53 м. Методика сбора и обработки данных описана в работе [Кохан и др., 2023]. Многолучевой эхолот обеспечил практически 100% покрытие полигонов в выбранном разрешении, тогда как сейсмопрофилирование дало информацию о газопроявлениях только на профилях, отстоящих друг от друга на расстоянии от 50 до 250-300 м в зависимости от использованного многолучевого эхолота.

## Опубликованные сведения о геолого-геоморфологическом строении полигонов работ

По имеющимся опубликованным сведениям, ранее работы на обследованном полигоне не выполнялись. На расстоянии порядка 7 км к северо-западу располагается полигон «Диапиры», обследованный в ходе работ АМИГЭ в 1988 и 1995 гг. [Бондарев и др., 2002]. В 2018-2020 гг. по программе 38-го и 41-го рейсов НИС «Академик Николай Страхов» на этом полигоне была проведена детальная съемка, результаты анализа геолого-геоморфологического строения полигона по полученным в ходе этих работ ЦМР и сейсмоакустическим данным представлены в работе [Кохан и др., 2023].

### Результаты работ

Полигон располагается в пределах позднеплейстоцен-голоценовой аккумулятивно-абразионной равнины (глубины менее 50-55 м) восточной части Печорского моря на расстоянии порядка 45 км к северо-западу от о. Матвеев и 50 км к западу от о. Вайгач. Полигон занимает осевую часть пологосклонного ложбинообразного понижения субмеридионального простирания шириной по бровкам 20-25 км, протягивающегося в южном направлении к береговой линии. Глубины в границах полигона изменяются от 31 до 52 м. В центральной части полигона располагается тальвег понижения с глубинами от 42-35 до 52 м, возрастающими в северном направлении, на флангах полигона располагаются участки склонов ложбинообразного понижения с глубинами дна до 35-37 м (Рисунок А).

По результатам высокочастотного акустического профилирования на полигоне выявлены три сеймостратиграфических комплекса (ССК), согласующиеся со схемой стратиграфии полигона «Диапиры», предложенной в работе [Бондарев и др., 2002].

С поверхности залегает ССК I (Рисунок, Б) с хаотической высокоамплитудной записью мощностью от первых метров до 10-11 м. Отложения ССК I ассоциируются с голоценовыми и/или позднеплейстоценовыми (сартанскими) морскими илами, глинами и суглинками ( $mQ_3^4-Q^4$ ).

Под плащеобразным покровом ССК I или на поверхности дна на участках размыва ССК I залегают отложения акустически слоистого ССК II сложно отслеживаемой мощности. Там, где под отложения ССК II прослеживается кровля ССК III его мощность изменяется от первых метров до 5-10 и до 20-25 м. Отложения ССК II ассоциируются с аллювиально-морскими позднеплейстоценовыми (сартанскими) песками и суглинками ( $amQ_3^4$ ). На большей части территории освещение разреза ССК II минимально из-за широкого развития газонасыщения разреза либо, по-видимому, песчанистого и/или мерзлого характера отложения. Акустический сигнал проникает в отложения комплекса на небольших участках на максимальную глубину до 25-30 м от поверхности дна.

В нижней части освещенного сейсмоакустическим профилированием разреза залегают отложения ССК III (Рисунок, В). Они выступают акустическим фундаментом и блокируют проникновение акустического сигнала. Кровля ССК III трассируется на отдельных участках и представляет собой сложно построенную систему отражений различной геометрии со сложным рельефом. На разрезах акустического профилографа кровля ССК III залегает на глубинах от первых метров до 25-29 м от поверхности дна. Данные бурения на полигоне «Диапиры» [Бондарев и др., 2002] показывают, что на отдельных участках кровля ССК III может быть приурочена как к кровле казанцевской толщи ( $mQ_3^{1-3}$ ), так и к участкам скопления газа в зырянских песках ( $aQ_3^4$ ).

В рельефе полигона выделяется 70 ППФ (Рисунок, А) высотой от 1-2 до 12-14 м, в основном от 4 до 10 м. Ширина ППФ изменяется 30-40 до 120-135 м, в основном составляя 50-80 м.

Длина изменяется от 45-50 м до 120-130 м, в основном составляя 60-90 м. Крутизна склонов ППФ не превышает 20-25, в основном составляя 10-15 градусов. На участке зафиксировано 162 акустических аномалии в водной толще представленные образованиями типа «факел». Из 70 ППФ съемочными профилями пересекается 23 формы, из них на 17 ППФ (74%) зафиксированы акустические аномалии в водной толще.

Для ППФ полигона, в отличие от аналогичных форм полигона «Диапиры» не характерны округлые компенсационные впадины полностью окружающие ППФ. На изученном полигоне наблюдаются удлиненные впадины к северу и северо-востоку от ППФ. Их длина составляет от 50-70 до 200-220 м, относительная глубина - до 2-3 м. Характерно, что длинные оси ППФ ориентированы субперпендикулярно простиранию впадин. Впадины ориентируются в северном и северо-восточном направлении (Рисунок). К югу от ППФ отмечаются сnivelированные накоплением отложений ССКІ впадины.

На основании полученных ЦМР и разрезов сейсмопрофилирования на полигоне можно выделить морфоскульптурные элементы следующих типов (Рисунок, Г):

1. Тип 1, аккумулятивные тела типа контуритов выраженные в рельефе дна пологими поднятиями с мощностью отложений ССКІ до 4-6 м, облекающие поднятия кровли ССКІІ или залегающие на выровненной поверхности отложений ССКІІ.
2. Тип 2а, сnivelированные осадконакоплением впадины, не выраженные в современном рельефе дна, заполненные отложениями ССКІ мощностью от 2-4 до 8-11 м.
3. Тип 2б, впадины, выраженные в современном рельефе дна относительной глубиной до 4-5 м, заполненные отложениями ССКІ мощностью до 8-11 м, в их пределах отмечаются предположительно формирующиеся ППФ в форме поднятий кровли ССКІІ и ІІІ, для этих впадин характерны высокие плотности газопроявлений.
4. Тип 3, слабовыраженные в рельефе валообразные поднятия сложенные отложениями ССКІІ, либо обнажающимися на поверхности дна, либо перекрытыми маломощными (менее 2 м) линзами отложений ССКІ, к поднятиям приурочены скопления ППФ и участки высокой плотности газопроявлений.

### **Заключение**

Рельеф дна полигона представляет собой результат взаимодействия процессов течениевого размыва и аккумуляции с одной стороны и флюидогенных (и в том числе, возможно мерзлотных) процессов с другой стороны. Первые приводят к накоплению аккумулятивных тел по всему полигону, общей нивелировки реликтового доголоценового рельефа и размыву с подветренной стороны ППФ на участках удлиненных впадинах (общее направление течения с юго-юго-запада). Часть материала откладывается с флангов ППФ, что приводит к удлинению в субперпендикулярном простиранию удлиненных впадин направлению. Таким образом, ППФ полигона, по-видимому, являются комплексными формами, частично сложенными осадками ССКІ благодаря течениевым процессам, частично – отложениями ССКІІІ благодаря флюидогенным процессам. Древние доголоценовые впадины типа 2а нивелированы осадконакоплением, в их границах активные рельефообразующие процессы прекратились или затухают. Впадины типа 2б представляют собой активные формы, чье проседание не компенсируется осадконакоплением, в их пределах идет активная дегазация, а на флангах формируются воздымающиеся поднятия отложений ССКІІ с частично или полностью эродированными отложениями ССКІ и со скоплениями ППФ. Для участка в южной части полигона с развитием этих форм характерна максимальная плотность газопроявлений (Рисунок), по-видимому, на этом участке активно идут флюидогенные процессы с изменением рельефа дна. Мы предполагаем, что формы рельефа дна обследованного полигона представляют собой активные образования, иначе они были бы сnivelированы течениевыми процессами. Работа поддержана грантом РНФ № 22-77-10091.

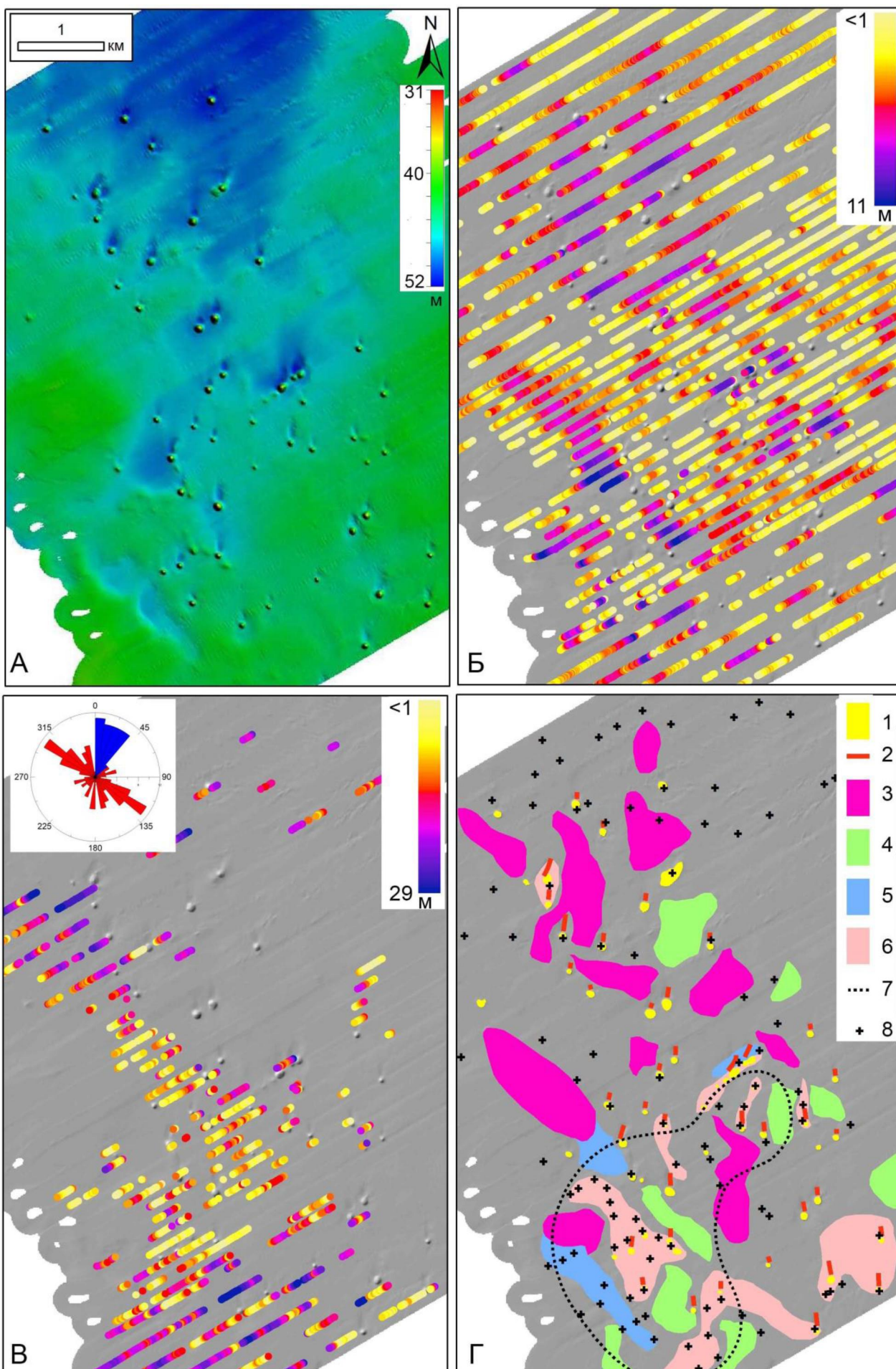


Рисунок. А - рельеф дна полигона. Б – глубина залегания подошвы отложений ССКИ, В – глубина залегания кровли отложений ССКШ, во врезке показаны ориентировки длинных осей ППФ (красным) и удлиненных впадин (синим) Г – схема элементов рельефа дна полигона.

Цифрами на рисунке обозначены: 1 – ППФ, 2 – оси удлиненных впадин, 3 – аккумулятивные тела типа 1, 4 – снивелированные осадконакоплением впадины типа 2а, 5 – выраженные в рельефе впадины типа 2б, 6 - валообразные поднятия типа 3, 7 – область с максимальной плотностью газопроявлений, 8 -газопроявления.

### Список литературы

1. Бондарев В.Н., Рокос С.И., Костин Д.А., Длугач А.Г., Полякова Н.А. Подмерзлотные скопления газа в верхней части осадочного чехла Печорского моря // Геология и геофизика. – 2002. – Т. 43. – № 7. – С. 587–598.
2. Кохан А.В., Мороз Е.А., Еременко Е.А., Денисова А.П., Ананьев Р.А., Сухих Е.А., Никифоров С.Л., Соколов С.Ю., Разумовский А.А. Флюидогенный рельеф районов распространения многолетней мерзлоты на шельфе Печорского и Карского морей // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2023. Т. 78. № 3. С. 110–130