

УДК 551.24(268+98)

ПРОГНОЗНАЯ КАРТА МОЩНОСТИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ АЛЬТИМЕТРИИ

© 2008 г. С. Ю. Соколов

Представлено академиком В.Е. Хаиным 18.01.2007 г.

Поступило 19.01.2007 г.

Геологический институт РАН, geophys-ginras.ru Шельф Восточно-Сибирского моря в силу своего географического положения и климатических условий является наименее изученной пассивной континентальной окраиной России. Площадь акватории составляет около 1 млн. км² и при этом ее изученность сейсморазведкой состоит из единичных профилей общей длиной в первые тысячи километров, что не позволяет говорить даже о региональной системе наблюдений. При отсутствии прямой привязки, имеющейся по данному региону, сейсмических данных к бурению ее интерпретация проводится по косвенной информации и характеристикам волнового поля, используемым в сейсмостратиграфии [2, 6–8].

Высокий потенциал региона для поиска углеводородного сырья требует новых подходов для достоверной оценки мощности осадочного чехла на весь регион и создания тектонической карты. В сообщении предлагается подход к решению этой задачи в полукачественном виде (с низкой оценочной точностью) на основании дистанционных методов.

Такими данными являются измерения спутниковой альтиметрии, пересчитанные в гравитационную аномалию в свободном воздухе для полярной области [9]. Точность данного покрытия составляет 7.5 мГал, что достаточно для решения оценочных региональных задач. Аномалия в свободном воздухе была пересчитана в аномалию Буге с использованием данных рельефа IBCAO (International Bathymetric Chart of Arctic Ocean) и показана на рис. 1. Для шельфовой области аномалия Буге практически не отличается от аномалии в свободном воздухе, но для океана и континентального склона за краем шельфа большими значениями она демонстрирует близость плотного мантийного субстрата. После учета влияния, небольшого по сравнению с глубоководной ча-

стью рельефа, поведение аномалии Буге на шельфе в основном отражает рельеф наиболее контрастной и близкорасположенной плотностной границы коры. Такой границей является кровля акустического фундамента. Коррелированность значений гравитационной аномалии и глубины кровли фундамента используется для количественного прогноза положения этой поверхности при отсутствии прямых сейсмических данных. Практика подобного прогноза, как правило, состоит в построении модели связи глубины фундамента Н (или мощности осадочного чехла) с аномалией ΔG , представляющей собой простую линейную зависимость. Эта зависимость рассчитывается путем корреляции реальных структурных данных с аномальным полем по районам, расположенным по соседству или имеющим предположительно сходное строение. В дальнейшем при появлении прямых сейсмических наблюдений либо модель может быть скорректирована, либо необходимость в ее использовании пропадет. Акватория моря обладает выраженными в рисунке аномалиями Буге депрессиями, разделенными перемычками и линейными нарушениями (рис. 1). Структура этого поля была преобразована в карту прогнозных изопахит осадочного чехла. Ограничением для этого преобразования служит с юга береговая линия, поскольку спутниковая альтиметрия дает нам информацию о гравитационном поле на акваториях, с севера край шельфа, за которым начинается принципиально иной характер взаимоотношения поля, рельефа и осадочного чехла, с запада и востока архипелагом Новосибирских островов и островом Врангеля соответственно.

Одним из ближайших регионов к исследуемой акватории является море Лаптевых, для которого существует хорошая сейсмическая изученность на региональном уровне и опубликованы карты мощности осадочного чехла [4]. Корреляция мощности осадочного чехла и аномалии Буге представлена на рис. 2. Видно, что основная часть шельфа акватории, находящаяся в условиях слабого гравитационного поля (<50 мГал), имеет на большой площади устойчивую линейную корре-

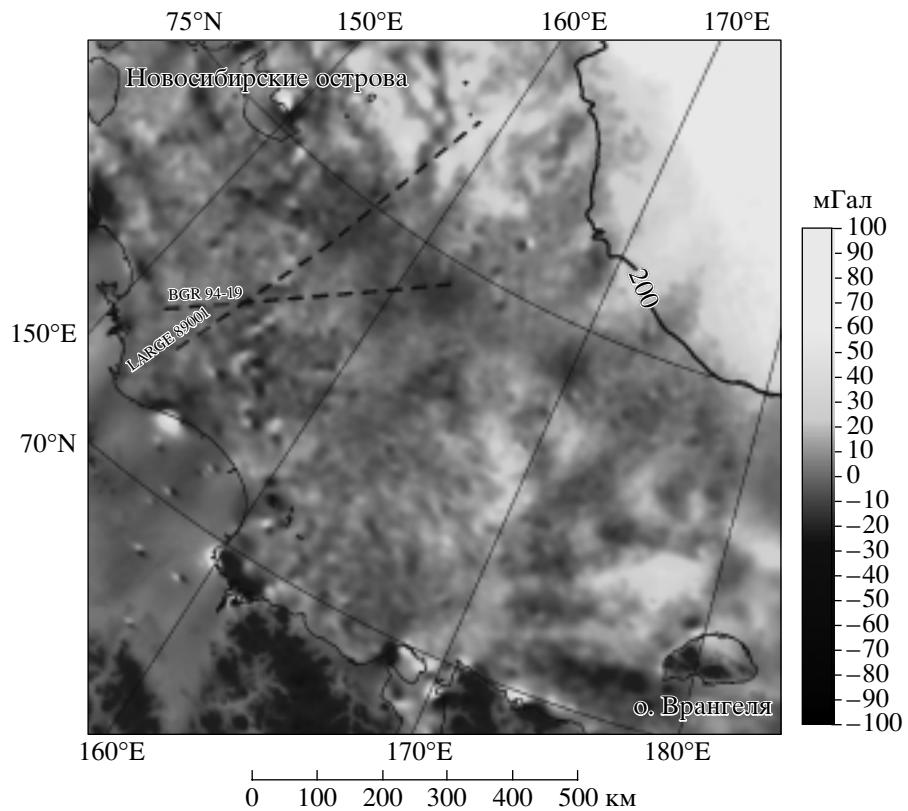


Рис. 1. Аномалия Буге для акватории Восточно-Сибирского моря, рассчитанная по данным [9], положение профиля ЛАРГЕ 89001 [2], профиля BGR94-19 [7] и изобата 200 м, маркирующая край шельфа.

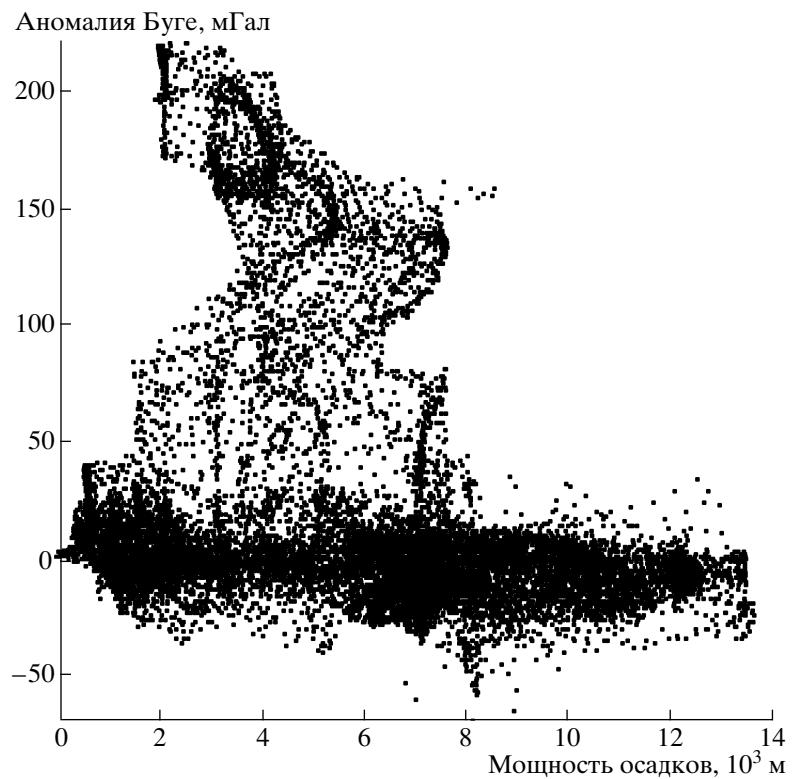


Рис. 2. Корреляция аномалий Буге и мощности осадочного чехла моря Лаптевых по данным [4].

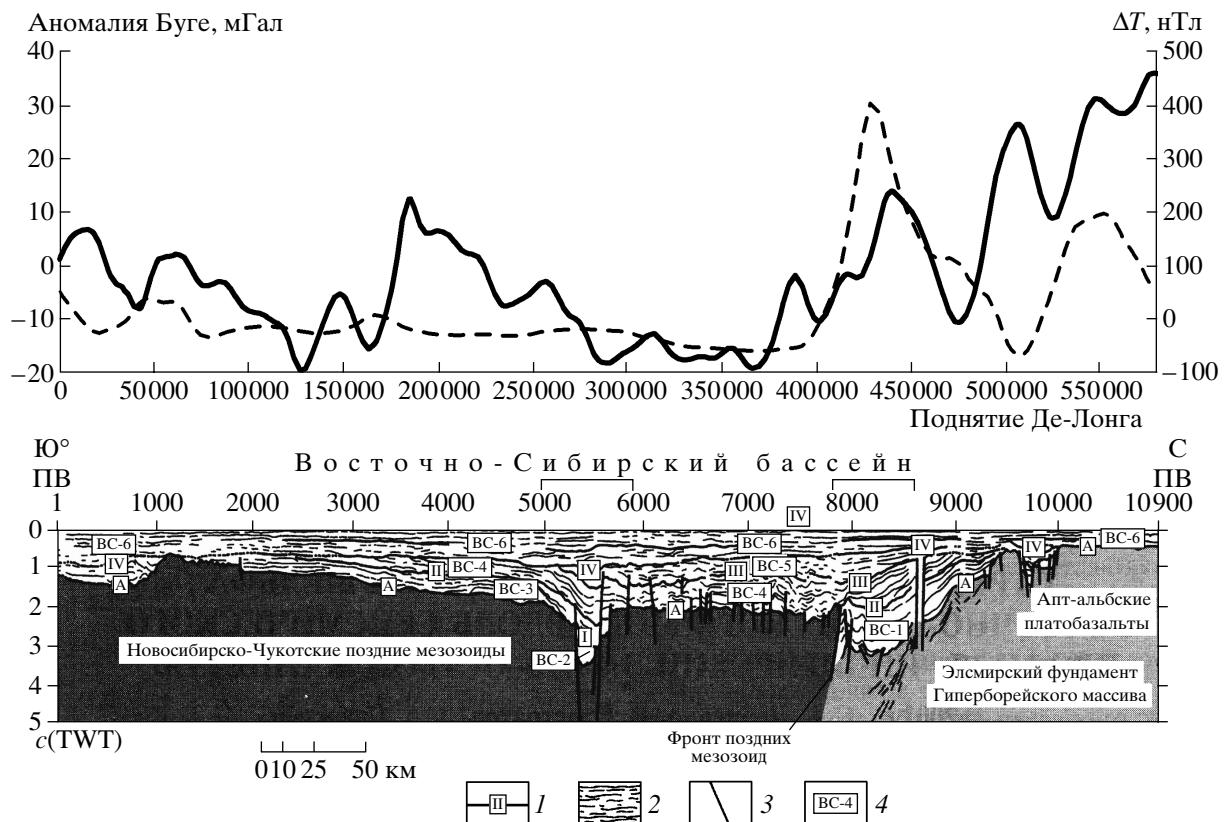


Рис. 3. Сейсмогеологический разрез по профилю ЛАРГЕ 89001 по данным [2] с изменениями, аномалия Буге, рассчитанная по данным [9] (сплошная линия) и аномальное магнитное поле по данным [11] (штриховая); 1 – сейсмические границы и их индексы, 2 – отражения внутри сейсмокомплексов, 3 – разрывные нарушения, 4 – индексы сейсмокомплексов.

лянию с мощностью осадочного чехла и может быть аппроксимирована линейным соотношением

$$H = -582\Delta G + 3492,$$

где H – мощность осадков в метрах, ΔG – аномалия Буге в мГал. Точность данной аппроксимации невелика, и поэтому в данной работе мы говорим всего лишь о полукачественной оценке, которая позволяет оценить принципиальный характер и порядок исследуемой величины. Корреляция при повышенных значениях аномалии Буге (>50 мГал) носит неопределенный характер в силу различий геометрии и плотностных свойств коры за краем шельфа, где построение прогнозной карты изопахит проводиться не будет.

Для акватории Восточно-Сибирского моря модель, полученная по корреляции на рис. 2 должна быть скорректирована путем сравнения дистанционных измерений с редкими реальными данными вдоль отдельных профилей. На рис. 1 штриховыми линиями показаны положения профилей ЛАРГЕ 89001 [2] и BGR94-19 [7] в западной части акватории, с которыми было проведено необходимое сравнение. Сейсмогеологический разрез по профилю ЛАРГЕ 89001 и сопоставление его

с данными аномалии Буге и аномальным магнитным полем [11] показаны на рис. 3. Аналогичное сравнение для профиля BGR94-19 показано в [7] (рис. 3). Из этих сопоставлений видно, что аномалия Буге в основном удовлетворительно коррелируется с глубиной акустического фундамента, но существуют два различия. Во-первых, при сопоставлении аномалии с фундаментом в южной части профиля ЛАРГЕ 89001 наблюдается знакопеременное различие (см. рис. 3), которое может быть связано с существенной гетерогенностью Новосибирско-Чукотских поздних мезозоид, вещественный состав которых может варьироваться от офиолитов до терригенных флишевых толщ [5]. Но при этом складывается ситуация, при которой расчет параметров мощности суммарного осадочного чехла по аномалии Буге может быть более объективен, чем проведение его подошвы по интенсивному коррелируемому рефлектору на сеймопрофиле. Присутствующие флишевые толщи в составе мезозоид по своим физическим свойствам должны относиться к осадочному чехлу. Во-вторых, в северной части профиля перед выходом на склон поднятия Де-Лонга в области депрессии с мощностью осадочного чехла около

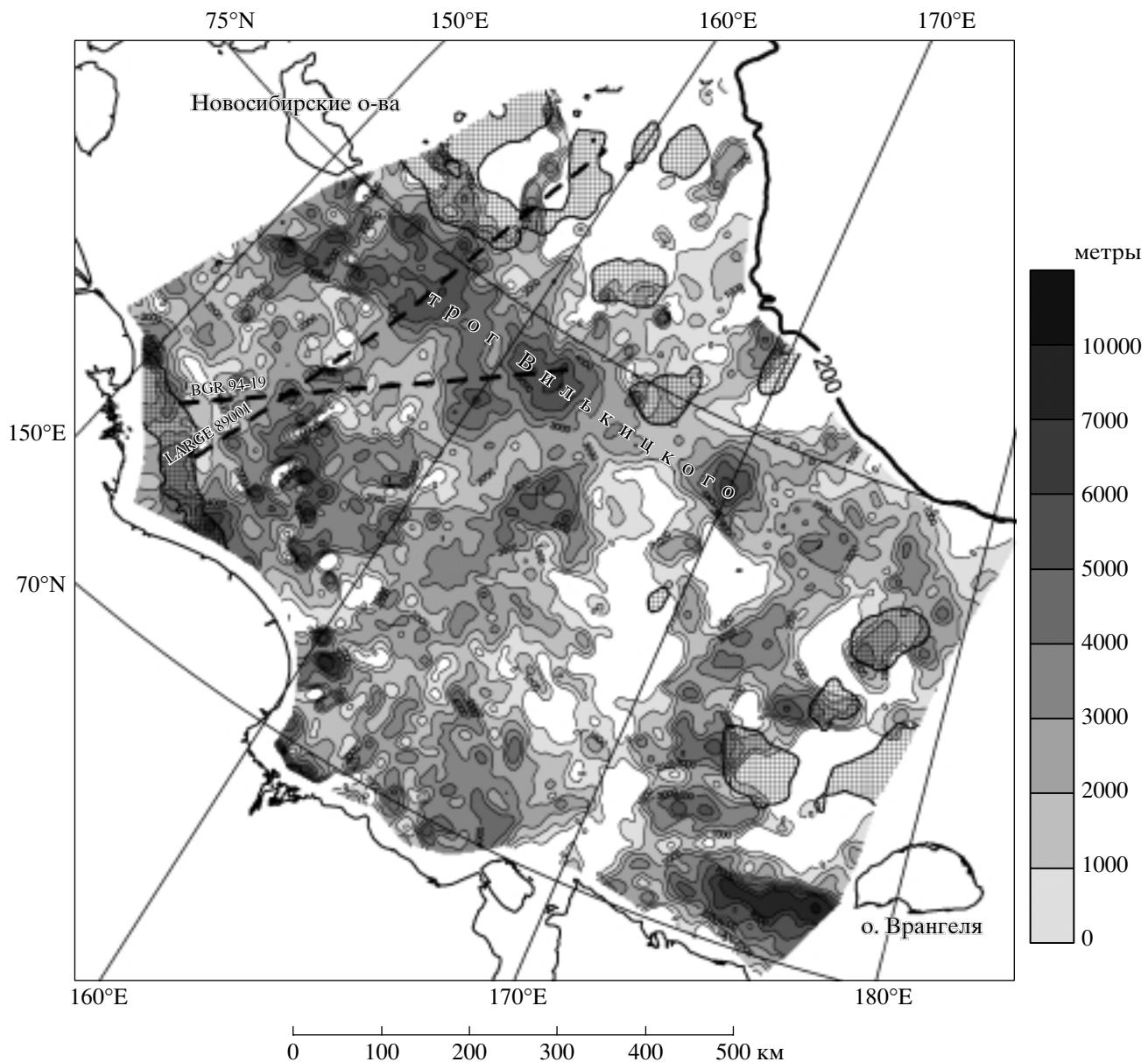


Рис. 4. Прогнозная карта мощности осадочного чехла Восточно-Сибирского моря, положение профиля ЛАРГЕ 89001 [2], профиля BGR94-19 [7], изобата 200 м, маркирующая край шельфа, зоны интенсивных (>100 нТл) магнитных аномалий (заштрихованные области).

3.5 с (около 5 км) наблюдается максимум аномалии Буге, совпадающий с интенсивной аномалией в магнитном поле (>400 нТл) (см. рис. 3), которая однозначно говорит о наличии массивных магматических образований в данной части профиля. В районе поднятия Де-Лонга известны проявления неоген-четвертичных оливиновых базальтов и щелочных ультраосновных пород [3] с большей, чем у осадков, плотностью, которые “вносят помеху” в алгоритм расчета параметров осадочного чехла по аномалии Буге. Это значит, что области проявления интенсивных магнитных аномалий должны быть обозначены на карте как зо-

ны, где алгоритм может быть недействителен. Анализ профиля BGR94-19 [7], проходящего через локальный депоцентр с максимальной мощностью осадков около 6 км, который совпадает в пространстве с положением локального минимума аномалии Буге (см. рис. 1), подтверждает отмеченный характер взаимосвязи потенциального поля с параметрами осадочного чехла. Для профиля BGR94-19 подошвой чехла считался отражающий горизонт ESS-1.

Сравнение графиков аномалий (см. рис. 3) со значениями мощности осадков на профилях позволяет провести калибровку линейной модели за-

вимости мощности осадков от силы тяжести, полученную по данным моря Лаптевых, и представить ее в виде

$$H = -240\Delta G + 1480,$$

где H – мощность осадков в метрах, ΔG – аномалия Буге в мГал. Эта зависимость использовалась для расчета прогнозной карты мощности осадочного чехла Восточно-Сибирского моря, которая представлена на рис. 4, после расчета пространственной низкочастотной фильтрации результата для длин волн более 15 км.

Полученное распределение мощности осадочного чехла показывает, что он расположен в грабеноподобных депрессиях фундамента, разделяющих блоковые сегменты акватории, описанные в [1]. Основная масса осадочной толщи сосредоточена в западной части Новосибирско-Аляскинского трога [10], называемой трогом Вилькицкого, и ответвлениях от него (см. рис. 4), нарушена многочисленными линейными зонами северо-восточной и северо-западной ориентации. Области, в которых имеются признаки магматизма, установленные по магнитным данным, показаны штриховкой. Они, как правило, приурочены к периферии выступов фундамента или пересечению линейных зон. Наибольшая мощность чехла прогнозируется в депрессии к юго-западу от о. Врангеля, сходной по своей конфигурации в аномалии Буге с Южночукотоморским бассейном, но занимающей меньшую площадь. Тем не менее максимальная прогнозная мощность в этой депрессии до 10 км. Интересным является сочетание трех депрессий к северо-западу от о. Врангеля, в которых мощность осадков превышает 4 км с зонами проявления магматизма по магнитным данным. Они формируют дугу вокруг острова. Ее южным продолжением является упомянутая выше депрессия в проливе Лонга. Сравнение прогнозной карты мощности осадков со структурной схемой по региональной поверхности нижнемелового несогласия, построенной по единичным сейсмопрофилям в центральной части акватории [6], показывает удовлетворительное совпадение конфигурации карты в местах профилей. При этом необходимо учитывать генерализацию приведенных изогипс.

Таким образом, в результате выполненной процедуры расчета прогнозной карты мощности

осадочного чехла Восточно-Сибирского моря по данным спутниковой альтиметрии получено распределение искомого параметра, не противоречащее реальным сейсмическим данным даже на редких единичных профилях. Данная карта является оценочной. Она показывает на полуколичественном уровне порядок величин и характер пространственного распределения мощности осадочного чехла, его взаимоотношение с тектоническими структурами фундамента и проявлениями магматизма. Карта может быть использована для расчета ресурсных оценок акватории, изучения тектоники региона и гетерогенности акустического фундамента, а также выбора наиболее перспективных направлений исследования в регионе. Принцип построения подобных карт может использоваться для построения карты мощности осадочного чехла для пассивных окраин Северного Ледовитого океана.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ 06-05-65223 и № 05-05-65198 и темы ОНЗ 14 Президиума РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грамберг И.С., Пискарев А.Л., Беляев И.В. // ДАН. 1997. Т. 352. № 5. С. 656–659.
2. Драчев С.С., Елистратов А.В., Савостин Л.А. // ДАН. 2001. Т. 377. № 4. С. 521–525.
3. Мазарович А.О. Строение дна мирового океана и окраинных морей России. М.: Геос, 2006. 192 с.
4. Секретов С.Б. В кн.: Геология и минеральные ресурсы шельфов России: Атлас. М.: Научный мир, 2004. Лист 1–4.
5. Хайн В.Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Науч. мир, 2001. 606 с.
6. Шипелькевич Ю.В. В кн.: Геолого-геофизические характеристики литосферы арктического региона. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000. С. 169–181.
7. Franke D., Hinz K., Reichert C. // J. Geophys. Res. 2004. V. 109. B07106. doi:10.1029/2003JB002687
8. Sekretov S.B. // Tectonophysics. 2001. V. 339. P. 353–383.
9. Laxon S., McAdoo D. // EOS Trans. AGU. 1998. V. 79. № 6. P. 69–72.
10. Mazarovich A.O., Sokolov S.Yu. // Rus. J. Earth Sci. 2003. V. 5. № 3. P. 185–203.
11. Verhoef J., Roest W.R., Macnab R., Arkani-Hamed J., and Members of the Project Team. GSC Open File Rept 3125. Dartmouth: Geol. Surv. Canada, 1996.