

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ТАТАРСКОГО ТРОГА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

З.Н. Прошкина, М.Г. Валитов, Ю.А. Телегин, Н.С. Ли, Т.Н. Колпащикова, Н.М. Цовбун

ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, ул. Балтийская 43, г. Владивосток, 690041; e-mail: pro-zo@yandex.ru, valitov@poi.dvo.ru

Поступила в редакцию 26 сентября 2022 г.

В представленной работе на основе проведенного структурно-плотностного и петромагнитного моделирования определены особенности глубинного строения структур, входящих в состав южной части Татарского трога. Подтверждена рифтогенная природа образования этой морфоструктуры. Исследовано распределение аномальных концентраций метана в воде и верхней части осадочного чехла над этими объектами. Показано, что сиалическая кора в районе, смежном с рифтогенными структурами, подвержена характерным изменениям. Определены возможные пути поставки метана в верхнюю часть осадочного чехла и водную толщу.

Ключевые слова: гравиметрия, магнитометрия, плотность, намагниченность, газогеохимия, нефтегазоносность, метан, Татарский трог.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение Татарского трога, начатое еще в 70-х годах XX века, показало его перспективность в нефтегазоносном плане. Здесь был проведен комплекс геологических и геофизических работ как в региональном масштабе, так и детальные поисковые работы [6]. Осадочный чехол довольно подробно изучен на всей территории Татарского трога методами непрерывного сейсмического профилирования (НСП) и геологическим картированием. Кроме того, в пределах западного шельфа Сахалина было пробурено несколько скважин, а в Северо-Татарском осадочном бассейне открыто газовое месторождение Изильметьевское. Составлена карта перспективных нефтегазоносных систем Татарского трога и изучены структуры, благоприятные для накопления нефтегазовых отложений [6, 22]. Кроме того, в период с 2000 по 2015 гг. в южной части Татарского трога выполнялись газогеохимические исследования, целью которых было выявление распределения газовых концентраций в осадочном слое и в толще воды [23]. Однако глубинная структура Татарского трога до сих пор остается слабо изученной, его фундамент более-менее описан в пределах континентального склона, представленного подводным продолжением Восточно-Сихотэ-Алиньского вулканического пояса (ВСАВП) [4, 13], и на западном шельфе Сахалина,

где в районе о-ва Монерон была пробурена скважина, вскрывшая древний докайнозойский фундамент [19]. Новый виток комплексных исследований Татарского трога был начат в октябре 2017 г., когда Тихоокеанский океанологический институт (ТОИ) ДВО РАН при поддержке Федерального агентства научных организаций (ФАНО) (с 2018 г. преобразовано в Министерство науки и высшего образования) РФ организовал первую экспедицию в Южно-Татарский бассейн на научно-исследовательском судне (НИС) «Академик Опарин» (рейс № 54). В дальнейшем здесь было проведено еще две экспедиции на НИС «Академик Опарин» (рейсы № 55, 2018 г. и № 61, 2020 г.) и две экспедиции на НИС «Академик Лаврентьев» (рейсы № 81, 2018 г. и № 85, 2019 г.), расширившие геолого-геофизическую изученность Татарского трога вплоть до его замыкания с Центральной котловиной Японского моря. Сведения о проведенных экспедициях содержатся в наших статьях этого журнала за 2019 и 2020 гг., а также в [1].

По результатам проведенных экспедиций были построены карты гравитационного и магнитного полей, карта рельефа дна, а также получено распределение аномальных газогеохимических полей в донных отложениях и в водной толще по всей площади Татарского трога. Полученные данные опубликованы в наших статьях этого журнала за 2019 и 2020 гг., а также

в [1, 11, 15, 24, 25, 31, 32]. Целью данного исследования является изучение глубинного строения структур, в пределах которых были выявлены аномально высокие показатели газогеохимических концентраций. Данные по газогеохимическому распределению в водной толще и осадке, полученные в рейсах НИС «Академик Лаврентьев» (№№ 81, 85) и НИС «Академик Опарин» (№№ 54, 55, 61), были дополнены информацией по распределению газов в водной толще и осадке, обнаруженным факельным выходам и локальным находкам газогидратов в рейсах НИС «Академик Лаврентьев» (№№ 59, 62, 67, 70) [23]. В результате на исследуемой площади были выделены области аномального распределения газогеохимических концентраций в воде и осадке, наиболее перспективные из которых в плане обнаружения углеводородов (УВ) сосредоточены в пределах структур Южно-Татарского бассейна [1, 31, 32].

Для изучения глубинного строения наиболее перспективных с точки зрения обнаружения благоприятных для нефтегазоаккумуляции структур по газогеохимическим данным были заданы два модельных профиля (МП 1 и МП 2), расположение которых показано на обзорной карте (рис. 1). Все упомянутые в работе структуры представлены на тектонической карте бассейнов Татарского пролива, опубликованной в [6]. МП 1 проходил через структуры северного замыкания Южно-Татарского бассейна, в состав которого входит Красногорско-Ильинский блок, примыкающий к западному шельфу Сахалина и разделяющий Южно-Татарский и Северо-Татарский осадочные бассейны. По результатам газогеохимических исследований было выявлено, что большая часть аномальных газогеохимических концентраций в водной толще и осадке, а также проявления газовых факелов и наличие газогидратов связаны именно со структурой Красногорско-Ильинского блока и примыкающего к нему с северо-запада Тернейского прогиба (рис. 1). Второй профиль (МП 2) задавался вкрест простирания основного структурного элемента Южно-Татарского бассейна – Тернейского прогиба. Это помогло изучить глубинное строение и генезис ключевой, по нашему мнению, структуры в Южно-Татарском осадочном бассейне и сделать вывод о процессах, сформировавших глубоководную часть Татарского трога и, возможно, объяснить аномальное распределение газогеохимических аномалий в пределах всего бассейна. Северо-западные окончания обоих профилей пересекают область с повышенными концентрациями газовых составляющих [1, 31, 32], приуроченную к континентальному склону и структурно совпадающую с Успенским прогибом и Совгаваньским поднятием (рис. 1), где предыдущими ис-

следованиями были обнаружены благоприятные для нефтегазоаккумуляции структуры [6, 14].

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика моделирования плотностных и магнитных свойств

Основным методом для изучения глубинного строения является плотностное моделирование по профилям, заданным вкрест простирания интересующих нас структур. Данная методика основана на закреплении достоверных границ, в основном по данным сейсмических исследований. Жестко закрепленный сейсмический каркас служит для устранения неоднозначности при подборе плотностных моделей. В данном случае для закрепления использовались сейсмические границы в местах пересечений МП 1 с профилями ГСЗ (Профиль 18 и 29-3) [7], и профиль ГСЗ В-В' [6], пересекаемый МП 2 на отметке 200 км. Кроме того, в качестве закрепленных границ использовались батиметрические данные, полученные в экспедициях 2017–2020 гг., и мощность осадочного чехла, снятая с карты осадочных бассейнов Татарского пролива [6]. Это позволило достаточно надежно закрепить опорные границы дна моря и осадочного чехла и достоверно смоделировать плотностные разрезы по профилям МП 1 и МП 2. Для непокрытых морской гравиметрической съемкой участков акватории аномальное гравитационное поле было получено из глобальной базы спутниковой альтиметрии [30], после приведения ее к уровню морской съемки.

Для вещественного наполнения полученного плотностного разреза использовались геологические карты суши [5], кроме того, впервые было выполнено моделирование распределения магнитных свойств по глубине. Для этой цели использовалась программа, созданная в лаборатории гравиметрии ТОИ ДВО РАН [9]. Программа интерактивного двумерного моделирования потенциальных полей работает на основе решения прямых задач гравиметрии и магнитометрии [12] методом подбора и отвечает специфике профильной региональной съемки, выполняемой вкрест простирания основных структур.

При построении структурно-плотностных моделей задаваемый в двумерном варианте разрез аппроксимируется системой произвольных многоугольников с плотностью, изменяющейся внутри многоугольника линейно по вертикали и латерали, и постоянным вектором намагниченности. Плотность/намагниченность тел может задаваться как в абсолютных величинах, так и в виде «избыточных» (относительных) параметров. Программа работает в интерактивном ре-

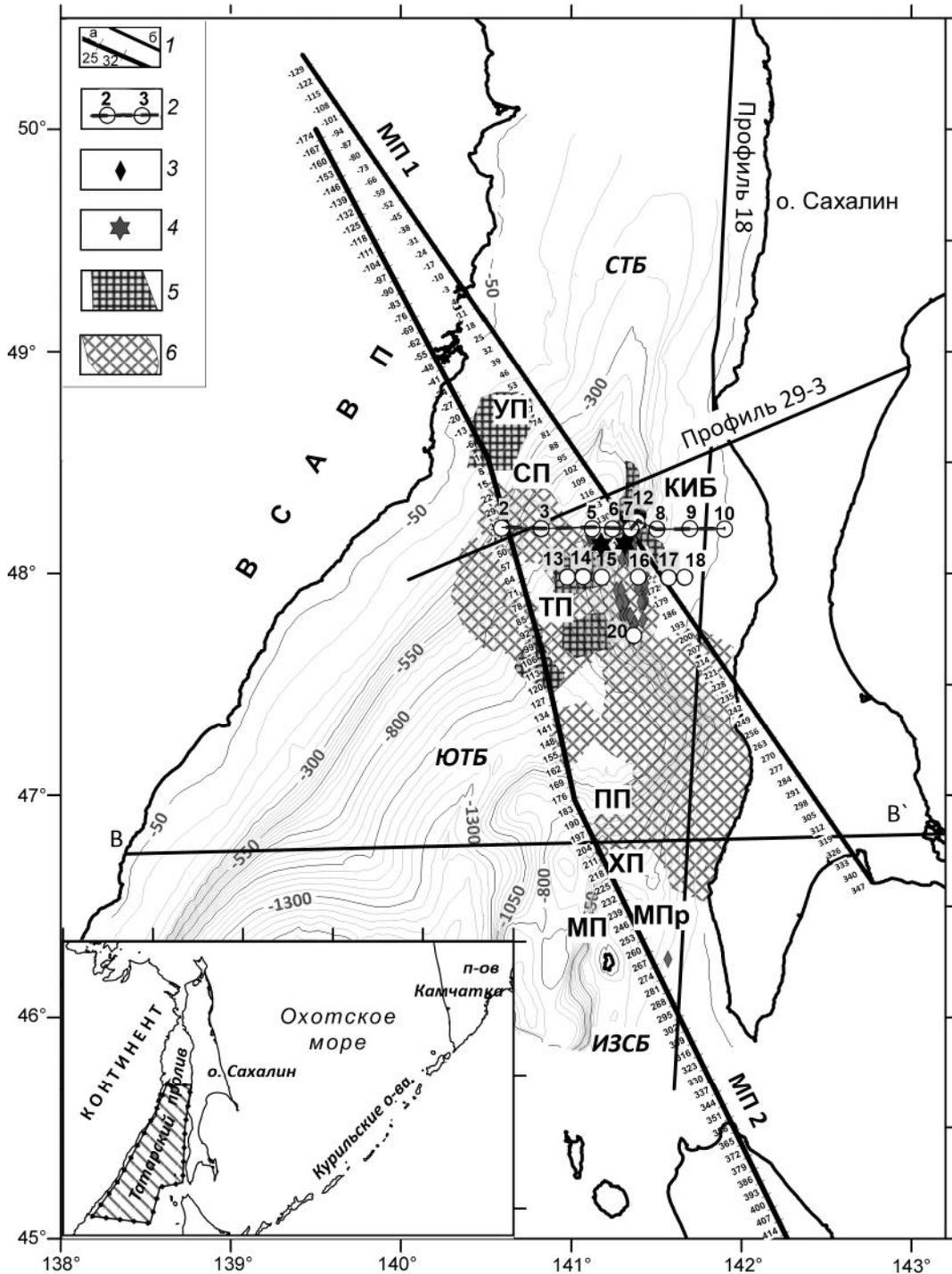


Рис. 1. Обзорная карта района исследования, изобаты в м.

1 – профили: а – плотностного моделирования, с отметками в км, б – опорные профили ГСЗ [6, 7]; 2 – станции отбора воды (кружки с номерами станций над ними) и линия разреза, составленного по результатам газогеохимического опробования; 3 – факельные выходы; 4 – места обнаружения газогидратов; 5 – области повышенных концентраций газов в осадке [31, 32]; 6 – области высоких значений потока метана на границе вода-атмосфера [1, 31]. ЮТБ – Южно-Татарский бассейн, ИЗСБ – Иссикари Западно-Сахалинский бассейн, СТБ – Северо-Татарский бассейн, ВСАВП – Восточный Сихотэ-Алиньский вулканический пояс. Поднятия: СП – Совгаванское поднятие, ПП – Пионерское поднятие, КИБ – Красногорско-Ильинский блок, МП – Монеронское поднятие. Прогибы: ТП – Тернейский прогиб, УП – Успенский прогиб, ХП – Холмский прогиб, МПр – Монеронский прогиб. На врезке – район работ.

жине, качество подбора модели контролирует оператор, который после каждого счета вносит изменения в геометрию или физические свойства моделируемых объектов, добиваясь тем самым лучшего совпадения расчетного и наблюдаемого полей. Наличие в разрезе априорно закрепленных границ или заданных интервалов изменения физических параметров объектов значительно уменьшает неоднозначность решения обратной задачи, что делает результаты моделирования обоснованными.

Данные по магнитному полю ΔT также были получены в комплексных экспедициях 2017–2020 гг. и дополнены данными Государственной карты аномального магнитного поля СССР [8], оцифрованной и приведенной к уровню морской съемки. При моделировании намагниченности учитывался принцип температурного влияния на магнитные свойства горных пород и их размагничивания с глубиной [21], поэтому при моделировании мы принимаем допущение, что намагниченность мантийного вещества имеет минимальное значение, равное 0.001 А/м. Намагниченность покровного базальтового комплекса, граничащего с сушей, определялась петромагнитными характеристиками совгаваньской свиты [20], гранитного – магнитными свойствами прибрежных интрузивных комплексов, выходы которых располагаются вблизи исследуемой площади [2]. Подбор намагниченности проводился в пределах структурно-плотностного каркаса, полученного посредством плотностного моделирования, при этом для определения направления вектора намагниченности были рассчитаны [26] компоненты нормального магнитного поля, в том числе склонение $D = 10^\circ$, а наклонение $I = 60^\circ$.

Кроме структурно-плотностного разреза в данной работе представлено распределение плотностных и магнитных свойств по глубине, а также корреляционный анализ между одноименными физическими параметрами на разных профилях. Это дало возможность выявить плотностные и магнитные неоднородности в разрезах земной коры обоих профилей и установить закономерности в распределении физических свойств внутри отдельных структурных блоков.

Методика газогеохимических исследований в водной толще

Для выявления закономерностей в распределении газовых концентраций в пределах выявленных структур исследование было дополнено данными по газогеохимии, полученными в рейсах НИС «Академик Опарин» (№ № 54, 55, 61) и НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (№№ 81, 85) в период 2017–2020 гг. [1, 31, 32], а также данными предыдущих исследова-

ний на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (рейсы №№ 59, 62, 67, 70) [23].

В основе газогеохимических исследований для данной работы лежало изучение распределения углеводородных газов в водной толще. На станциях STD (Conductivity, Temperature and Depth) проводился отбор проб для вакуумной дегазации. Вода отбиралась из батометров без контакта с атмосферой с помощью предварительно вакуумированных мягких полиэтиленовых пробоотборников. Далее газ из воды извлекался на вакуумной дегазационной установке и анализировался на борту судна на газовом хроматографе КРИСТАЛЛЮКС 4000М. В качестве буферного раствора использовался насыщенный раствор хлористого натрия [16]. Чувствительность анализа углеводородных газов составляла 0.00001 %. В процессе дегазации проб фиксировался объем отгазированной воды и объем выделившегося газа, который перемещался в стерильные стеклянные пенициллиновые флаконы, после чего газовая фаза равновесно извлекалась шприцем для ввода в газовый хроматограф. Стабильные условия дегазации обеспечивают высокое качество подготовки проб газа, что является необходимым условием для выполнения качественного и количественного хроматографического анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты моделирования плотностных и магнитных свойств

На рис. 2 и 3 представлено распределение плотностных и магнитных свойств по глубине вдоль МП 1 и МП 2 (рис. 2), а также проведен корреляционный анализ для сравнения физических свойств структурных элементов обоих профилей (рис. 3).

Как показано на рисунке 2, плотностные свойства плавно увеличиваются с глубиной от 1.98 г/см³ в осадочном слое до 3.3 г/см³ в мантии. Резкие перепады плотности по латерали приурочены к разломным зонам и границам разноплотностных блоков. В центральной части обоих разрезов наблюдаются повышенные значения плотностей, как в фундаменте, так и в базальтовом слое, при этом намагниченность в этой части разреза также отличается максимальными значениями 0.4–0.6 А/м для МП 1 и 0.5–0.7 А/м для МП 2. Структурно центральная часть разреза представлена Тернейским прогибом, образованным в результате рифто-спредингового процесса [6], подтверждением чего является общее сокращение мощности земной коры под центральной частью прогиба на обоих профилях, а также увеличение плотностных и магнитных свойств вышележащих слоев, подвергшихся «базификации» за счет проникновения мантийного

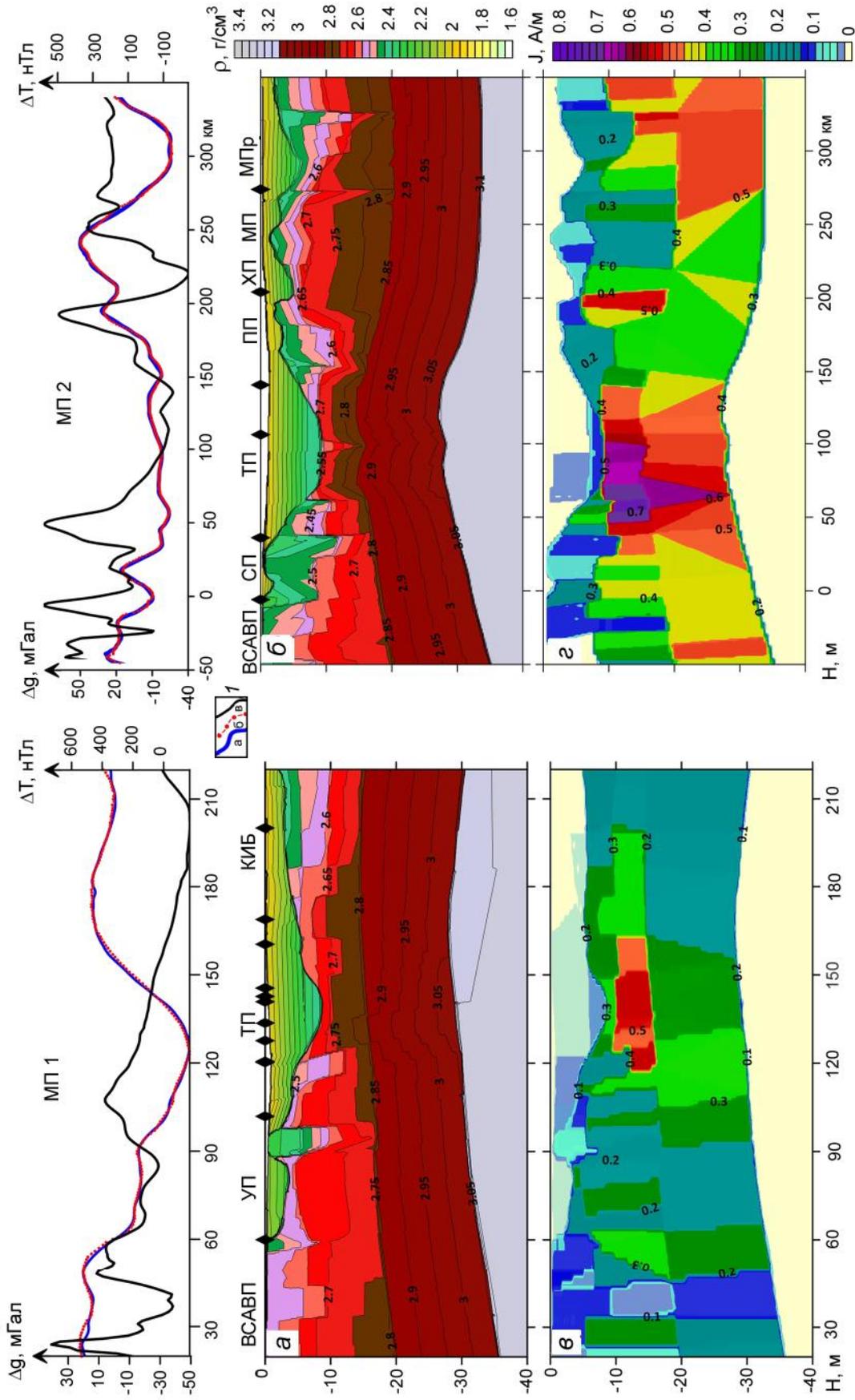


Рис. 2. Распределение плотностных и магнитных свойств по глубине профилей МП 1 (а, в) и МП 2 (б, г) и аномальные геофизические поля над ними. Обозначения на графиках геофизических полей: а – наблюдаемое поле силы тяжести в свободном воздухе, б – расчетное поле силы тяжести, в – наблюдаемое аномальное магнитное поле. Черные ромбы – повышенные концентрации газовых составляющих в воде, осадке и на границе вода-атмосфера, а также локальные находки газогидратов и факельные выходы. Сокращенные наименования структур см. на рис. 1.

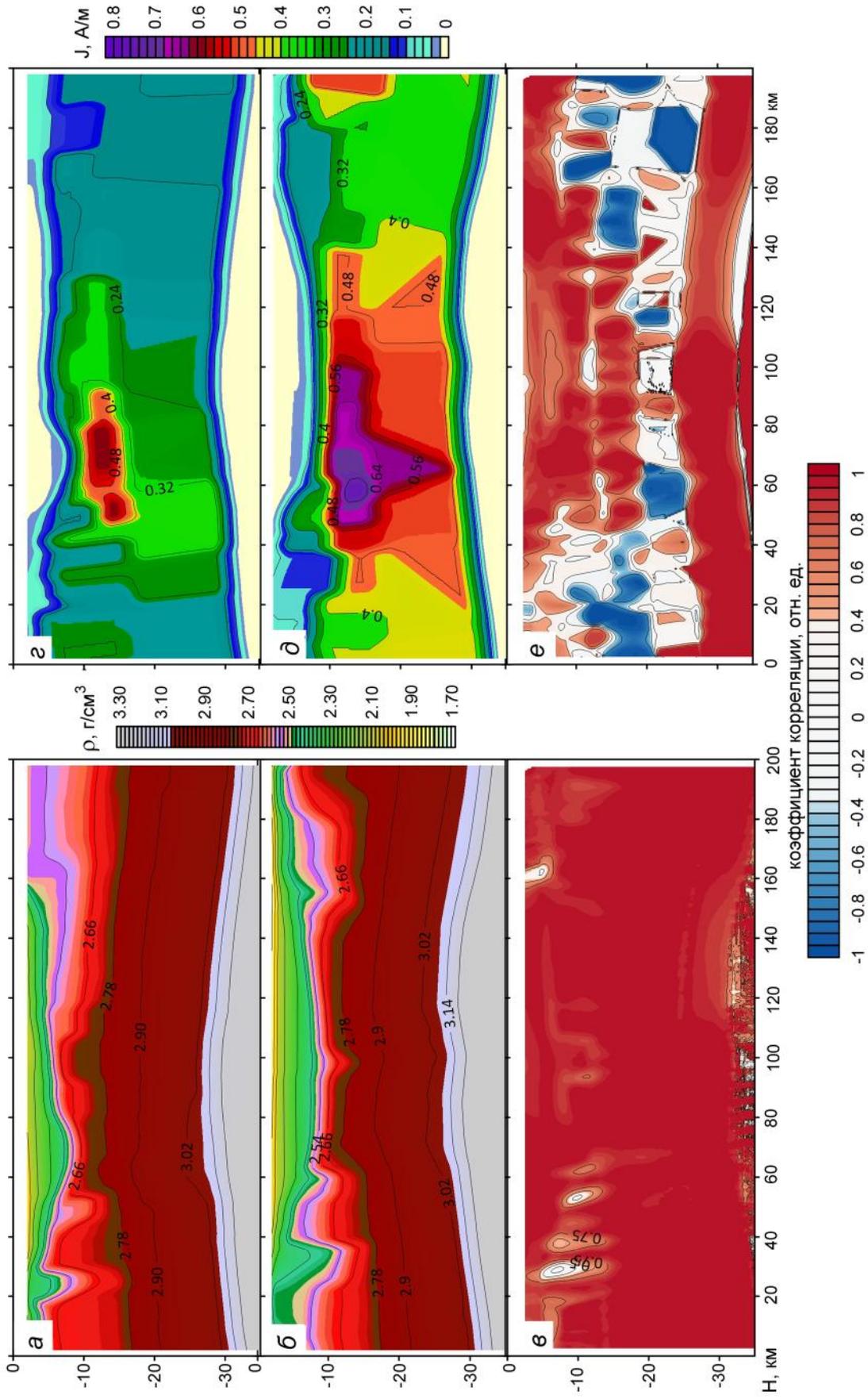


Рис. 3. Совмещенные, осредненные через 4 км разрезы распределения плотности и намагниченности по глубине вдоль профилей МП 1 и МП 2 совместно с корреляционным анализом.

На рисунке: *a-б* – распределение плотности в МП 1 (*a*), МП 2 (*б*), распределение коэффициента корреляции плотностных свойств (*е*); *г-д* – распределение намагниченности в МП 1 (*г*), в МП 2 (*д*), распределение коэффициента корреляции магнитных свойств (*е*).

вещества в верхние слои разреза. Под центральной частью прогиба (МП 2, отметки 50–150 км) намагниченность слоев в 1.5 раза превышает аналогичный показатель в его северной части (МП 1, отметки 130–150 км), при этом максимум намагниченности как в фундаменте, так и в базальтовом слое сдвинут к северо-западному борту прогиба и находится между отметок 115–125 км на МП 1 и 50–60 км на МП 2. В структурно-плотностных моделях на соответствующих отметках моделированием установлен глубинный разлом, трассирующий стык континентального склона с рифтовой структурой Тернейского прогиба, где, судя по магнитным свойствам, по ослабленным зонам происходило активное насыщение верхних слоев разреза магмой базитового состава. Выходы газовых компонент, наблюдаемых над прогибом, по всей видимости, связаны с глубинными разломами, локализованными в центральной части прогиба и на его флангах, при этом в пределах северной части прогиба газогеохимическими исследованиями установлены аномально высокие концентрации газов как в воде, так и в осадке, кроме того здесь же локализованы находки газогидратов и зафиксировано большое количество факелов (рис. 2, а).

Интересными в плане распределения газогеохимических концентраций на структурно-плотностных разрезах выглядят разуплотнения в фундаменте, выявленные в приконтинентальной части и в структурах присахалинского шельфа. В юго-восточной части разреза на МП 1 между отметок 190–220 км наблюдается разуплотнение в верхней части разреза как в осадочном слое ($1.98\text{--}2.0\text{ г/см}^3$), так и в кровле фундамента ($2.45\text{--}2.5\text{ г/см}^3$). Структурно этот участок связан с Красногорско-Ильинским блоком, который примыкает к западному шельфу Сахалина и разделяет Южно-Татарский и Северо-Татарский осадочные бассейны. Общая намагниченность слоев в этой части разреза понижена: $0.005\text{--}0.01\text{ А/м}$ – в осадочном слое и $0.1\text{--}0.25\text{ А/м}$ – в верхней коре. Аномально высокие концентрации газов связаны с северо-западной границей Красногорско-Ильинского блока, а также с его центральной частью, где зафиксировано разуплотнение в верхней части разреза. При этом распределение намагниченности (рис. 2) показывает, что в зоне разуплотнения со стороны глубинных разломов, сформировавших рифтовую структуру Тернейского прогиба, наблюдается область повышенных значений, что может указывать на наличие подводящих каналов для проникновения магмы базитового состава в подстилающий фундамент Красногорско-Ильинского блока, по которым одновременно может происходить перенос тепла в верхние слои разреза и могут создаваться бла-

гоприятные условия для формирования нефтегазонасыщенных толщ.

Другие зоны разуплотнения наблюдаются в северо-западной части обоих разрезов: на МП 1 между отметками 70–100 км и на МП 2 между отметками 0–50 км, здесь моделированием установлены блоки, в которых плотности прикровельной части фундамента понижены до $2.32\text{--}2.4\text{ г/см}^3$. В случае МП 1 разуплотнение выявлено в блоке, который примыкает к Успенскому прогибу, где, по данным [6], были обнаружены структуры, благоприятные для нефтегазонакопления. На МП 2 обширное разуплотнение зафиксировано в кровле фундамента блокового выступа Совгаваньского поднятия, которое пространственно сопрягается с вышеописанным разуплотненным блоком на МП 1, образуя своеобразное ответвление от подводного вулканического пояса (ВСАВП) и ограничивая Успенский прогиб с юго-востока. Анализ намагниченности обоих структур показал сходство в магнитных свойствах кровли фундамента (около 0.1 А/м) и небольшое отличие в подошвенном слое: $0.2\text{--}0.3\text{ А/м}$ – в разуплотненном блоке на МП 1 и $0.3\text{--}0.4\text{ А/м}$ – в блоке Совгаваньского поднятия. Намагниченность базальтового слоя различается более значительно, что может объясняться обширной «базификацией» нижних слоев разреза на МП 2 в результате рифто-спрединговых процессов, сформировавших центральную часть Тернейского прогиба и распространившихся в приконтинентальную часть, что также подтверждается результатами корреляционного анализа (рис. 3). Что касается распределения газовых концентраций, то по данным [1], в районе разлома, выявленного на МП 1 на отметке 60 км и на МП 2 на отметке 0 км (рис. 2), а также над структурой Совгаваньского поднятия, сосредоточены области повышенных значений потока метана на границе вода-атмосфера (рис. 1), при этом разуплотненный блок на МП 1 областью повышенных газовых концентраций охватывается лишь по периферии.

Кроме отмеченных структурных блоков, где была выявлена связь с газогеохимическими концентрациями, на МП 2 в юго-восточной части профиля установлено уплотнение в подошвенном слое фундамента между отметками 200–350 км (рис. 2, б). Эта часть МП 2 пересекает систему вулканических возвышенностей, сосредоточенных в Иссикари-Западно-Сахалинском осадочном бассейне, что во многом объясняет повышенные плотностные и магнитные свойства, выявленные в результате моделирования. Разуплотнения в этой части МП 2 сосредоточены в разломных областях, ограничивающих границы блоковых выступов. Повышенные значения намагниченности до 0.6 А/м также сосредоточены в районе разломов в нижней

части разреза на отметках 200, 270, 330 км, за исключением блока, расположенного между отметками 150–170 км и граничащего с разломом, трассирующим южную границу Тернейского прогиба. По результатам моделирования намагниченность нижней части разреза этого структурного блока несколько ниже, чем в соседнем блоке Пионерского поднятия (рис. 2), и близка намагниченности блока Монеронского поднятия, что может свидетельствовать об одинаковых условиях образования этих структурных единиц. Что касается распределения газовых концентраций в этой части разреза, то здесь отмечены единичные случаи проявления повышенных значений, приуроченные к разломным зонам, при этом над разломом, ограничивающим блок Монеронского поднятия с юго-востока, установлен факельный выход (рис. 2).

Для более обоснованной интерпретации полученных распределений было решено дополнить разрезы данными корреляционного анализа плотностных и магнитных характеристик между двумя модельными профилями (рис. 3). В данном случае коррелировались отдельно плотностные и магнитные параметры, представленные на рис. 2, для выявления особенностей внутри близлежащих структур. Чтобы совместить структурные элементы обоих профилей в пространстве, километровые отметки МП 1 были сдвинуты относительно отметок МП 2 на 70 км. Методика корреляционного анализа заключалась в расчете коэффициента корреляции осредненных через 4 км значений плотностных и магнитных свойств с использованием палеток различного радиуса. В результате подбора была выбрана палетка с оптимальным радиусом 5×1 км, которая позволила рассчитать корреляционные показатели между двумя профилями с достаточной степенью детальности (рис. 3).

Согласно проведенному анализу, плотностные характеристики обоих профилей коррелируют между собой с коэффициентом, близким к 1, за исключением локальных минимумов, расположенных в верхней части разреза и, по всей видимости, возникших в результате некоторого несоответствия расположения границ структурных элементов одного профиля, относительно другого. Как уже было сказано, это несоответствие было минимизировано смещением отметок профиля МП 1 относительно МП 2 на 70 км, однако полной совместимости структур в пространстве добиться не удалось из-за их ограниченности и разной ориентации модельных профилей. Последнее замечание в большей степени касается юго-восточных оконечностей МП 1 и МП 2, пересекающих подводный шельф о. Сахалин и, по всей видимости, представленный структурами различного генезиса. При этом корреляционный анализ плотностей не выявил больших

отклонений в характеристиках данного параметра практически по всей глубине представленных разрезов, в отличие от намагниченности, где наблюдаются довольно обширные участки отрицательной корреляции и участки с отсутствием корреляции.

Корреляционный анализ намагниченности показал хорошую сходимость в центральной части профилей, которая соответствует рифтовой зоне [6]. С глубиной коэффициент корреляции уменьшается, а в некоторых блоках становится отрицательным, что свидетельствует о значительной дифференцированности блоков по магнитным свойствам. Самым дифференцированным, судя по корреляционному анализу, оказался нижний слой земной коры, граничащий с магнитоактивным веществом мантии, а потому подверженный процессу «базификации» в результате рифто-спредингового процесса, способствовавшего формированию центральной части Татарского трога. При этом само мантийное вещество в результате повышения температурных условий считается немагнитным [21].

По данным плотностного распределения, дополненного магнитными свойствами и геологическим описанием комплексов суши, были составлены структурно-плотностные разрезы, наполненные геологическими телами и тектоническим каркасом (рис. 4, 5).

На полученных разрезах выделяется центральная часть, приуроченная к глубоководному бассейну Тернейского прогиба, заполненному мощным осадочным чехлом, достигающим 9 км, с плотностью от 2.0 до 2.45 г/см³. Мощность коры здесь составляет около 30 км, увеличиваясь в краевых частях разреза, приуроченных к континентальному склону и западному шельфу Сахалина, до 35–37 км. Фундамент, слагающий центральную часть разреза, представлен сильно редуцированной сиалической корой, образовавшейся в результате рифто-спредингового процесса и имеющей повышенные плотности (2.7–2.85 г/см³) и магнитные свойства.

Как показало моделирование, северную часть Тернейского прогиба (МП 1) (рис. 4) процесс рифтинга затронул слабее, чем центральную. Это выражается в присутствии вулканогенно-осадочного слоя в кровле фундамента, с увеличенной плотностью 2.65–2.7 г/см³ на МП 1, в отличие от центральной части прогиба (МП 2) (рис. 5), где в районе рифта вулканогенно-осадочный слой выполаживается, разрываясь на северо-западные и юго-восточные блоки, а осадочный чехол подстилается непосредственно сильно редуцированной сиалической корой. Большая часть зафиксированных газогеохимических аномалий, а также находки газогидратов и факельные выходы приурочены к северной части Тернейского прогиба, что мо-

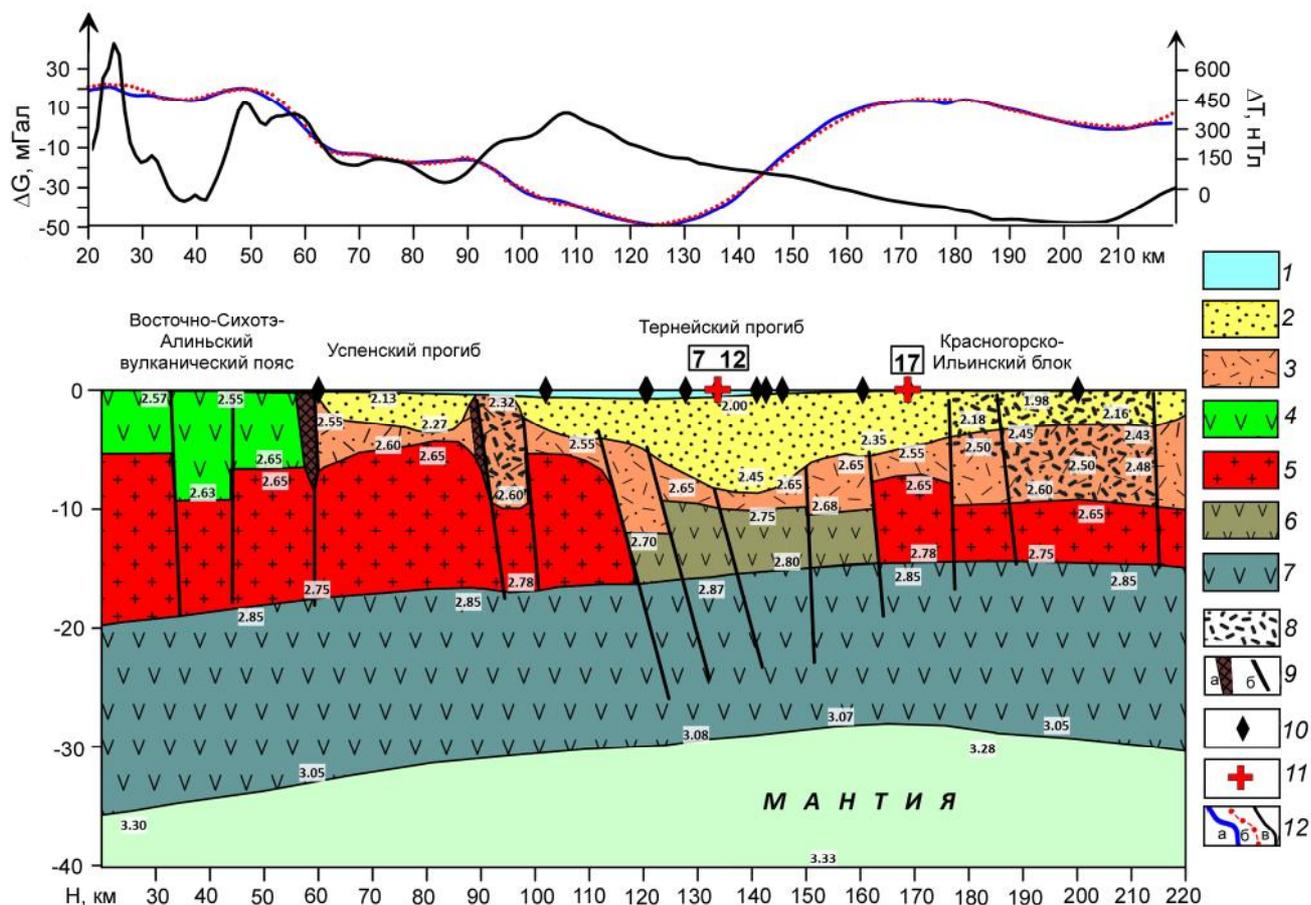


Рис. 4. Структурно-плотностной разрез по МП 1.

1 – водный слой; 2 – осадочный слой; 3 – вулканогенно-осадочный слой; 4 – покровные базальтовые комплексы ВСАВП; 5 – гранодиоритовый слой; 6 – слой редуцированной сиалической коры; 7 – базальтовый слой; 8 – разуплотненные блоки; 9 – разломы: а – по результатам моделирования, б – предполагаемые на границах блоков; 10 – локализация газопроявления в толще воды и осадке, повышенный поток метана на границе вода-атмосфера, факельные выходы, поднятые газогидраты; 11 – пересечение модельного профиля со станциями отбора воды (цифра в квадрате соответствует номеру станции); 12 – графики геофизических полей: а – наблюдаемого поля силы тяжести в свободном воздухе Δg , б) расчетного поля силы тяжести, в) аномального магнитного поля ΔT . Цифры в белых прямоугольниках – плотность $г/см^3$.

жет объясняться особенностями глубинного строения, выявленного по результатам моделирования. По всей видимости, теплоперенос из центральной части рифта распространяется по ослабленным зонам к его периферии, подпитывая теплом верхние слои более сохранной коры сиалического типа, образуя благоприятные условия для формирования нефтегазонасыщенных толщ [10]. По результатам моделирования, разломные зоны выделяются как по периферии рифтовой структуры, так и в центральной ее части. В толще воды над этими зонами наблюдаются повышенные концентрации газов.

Северо-западные части обоих разрезов, приуроченные к континентальному склону, имеют схожее строение, с той лишь разницей, что на МП 2

результатами моделирования установлена несколько повышенная намагниченность в нижней коре, что можно объяснить проникновением базитовой магмы в приконтинентальную часть. Фундамент в этой части разрезов представлен гранодиоритовым слоем с плотностью 2.65–2.75 $г/см^3$, в кровле которого развит слой вулканогенно-осадочных отложений плотностью 2.45–2.6 $г/см^3$, накапливающихся путем выноса вулканического субстрата с континента.

Области разуплотнения, пространственно совпадающие с локальными поднятиями, ограничивающими Успенский прогиб с юго-востока, установлены на обоих профилях, при этом здесь был обнаружен повышенный поток метана на границе вода-атмосфера. Кроме того на обоих профилях зафиксирована раз-

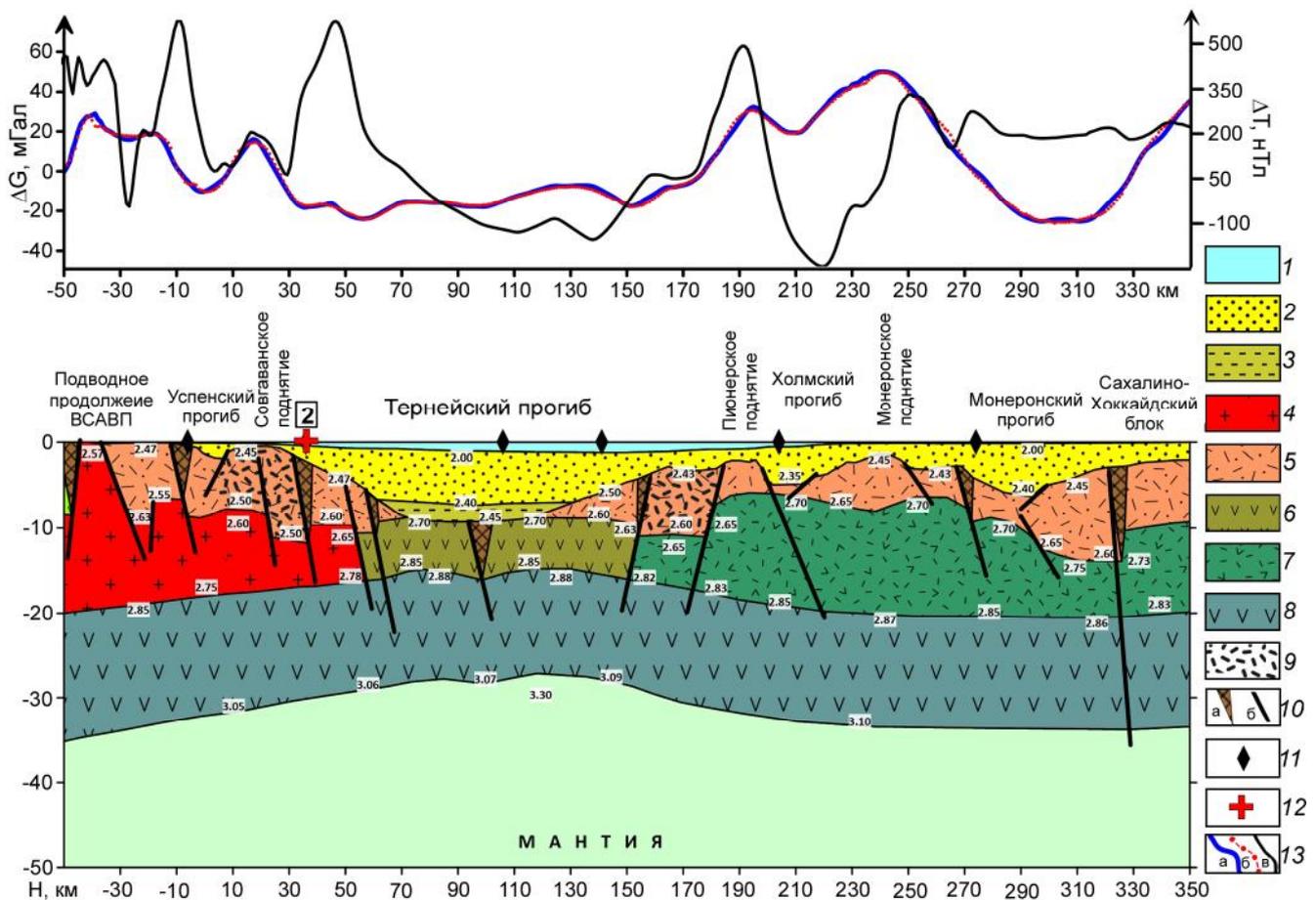


Рис. 5. Структурно-плотностной разрез по МП 2.

1 – водный слой; 2 – осадочный слой; 3 – уплотненные осадки; 4 – гранодиоритовый слой; 5 – вулканогенно-осадочный слой; 6 – слой редуцированной сиалической коры; 7 – фундамент вулканического происхождения; 8 – базальтовый слой; 9 – разуплотненные блоки; 10 – разломы: а – по результатам моделирования, б – приуроченные к границам блоков; 11 – локализация газопроявления в толще воды, факельные выходы, поднятые газогидраты; 12 – пересечение модельного профиля со станциями отбора воды (цифра в квадрате соответствует номеру станции); 13 – графики геофизических полей: а – наблюдаемого поля силы тяжести в свободном воздухе Δg , б – расчетного поля силы тяжести, в – аномального магнитного поля ΔT . Цифры в белых прямоугольниках – плотность г/см³.

ломная зона на стыке береговой черты и подводной части разреза, над которой также проявлен повышенный поток метана из воды в атмосферу.

Что касается юго-восточных частей обоих профилей, то здесь наблюдаются заметные различия в глубинном строении фундамента на представленных разрезах. Вся юго-восточная часть МП 1 представлена блоком Красногорско-Ильинского структурного поднятия, у которого подошвенная часть фундамента, как установлено результатами моделирования, сложена породами пониженной плотности 2.65–2.75 г/см³, по всей видимости, гранодиоритового состава, а в кровле фундамента присутствуют слои вулканического происхождения плотностью от 2.43 до 2.6 г/см³. По всей видимости, данный блок

представляет собой остаток континентальной коры, незначительно затронутый вулканотектоническими процессами, протекавшими при формировании западного шельфа Сахалина, а также всей Сахалино-Хоккайдской складчатой системы. К выявленному разуплотнению в Красногорско-Ильинском блоке тяготеют повышенные газовые концентрации, как в воде, так и в осадке, что также относит данную структуру к благоприятным в плане накопления УВ.

В отличие от Красногорско-Ильинского блока, вся юго-восточная часть МП 2 представлена структурными возвышенностями вулканического происхождения, что довольно наглядно демонстрируется на рис. 5. Фундамент юго-восточной оконечности профиля сложен слоем высокоплотных пород плотностью 2.7–

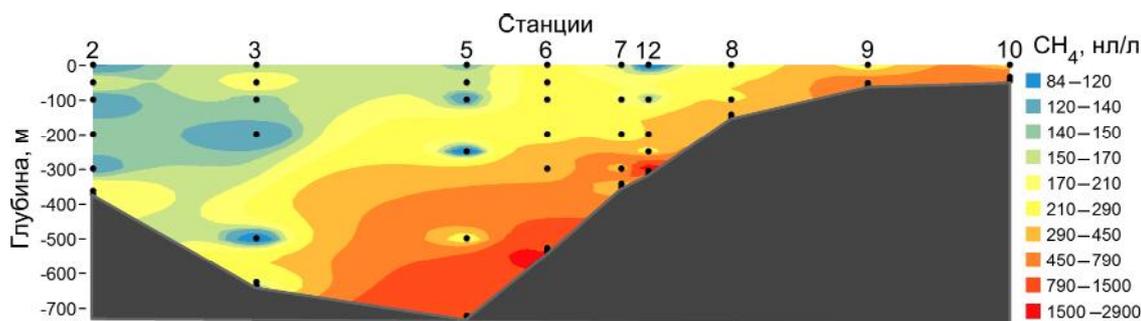


Рис. 6. Распределение метана по широтному газогеохимическому разрезу водной толщи, выполненному в рейсе №85 на НИС «Академик М.А. Лаврентьев».

Положение разреза показано на рис.1.

2.85 г/см³, ассоциирующимся с породами основного ряда, на которых залегает слой вулканогенно-осадочных пород плотностью 2.45–2.65 г/см³ (рис. 2, 5). Несколько пониженные плотности отмечаются в блоке, ограничивающем рифтовую структуру с юго-востока (между 150 и 180 км), в блоке, контролируемом Западно-Сахалинским разломом (отметка 330 км), а также на юго-восточном склоне Монеронского поднятия, в пределах которого обнаружен факельный выход (рис. 2, 5). Повышенные газовые концентрации в этой части разреза в основном тяготеют к разломным зонам.

Результаты газогеохимических исследований в водной толще

Исследование газогеохимических характеристик водной толщи в Татарском проливе проводилось в ходе рейса № 85 на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» весной 2019 г. Было выполнено 17 океанологических станций на глубинах от 47 до 907 м (рис. 1) На каждой станции определялись концентрации углеводородных газов. Концентрации метана варьировали в пределах 84–3645 нл/л. Для акватории Татарского пролива в его северной части (Северо-Татарский осадочный бассейн) установлены фоновые значения 70–80 нл/л [17], схожие фоновые значения получены для других прибрежных акваторий Японского моря [18]. Особенности распределения метана показаны на широтном разрезе (рис. 6) (расположение разреза показано на рисунке 1).

В пространстве несколько станций газогеохимического опробования (№№ 2, 7, 12 и 17) пересекаются с модельными геофизическими профилями (МП 1 и МП 2) (рис. 1), что дает возможность сопоставить результаты распределения газовых концентраций в воде с глубинным строением района (рис. 4, 5).

Аномальные концентрации метана в пределах разреза были обнаружены в придонном слое воды станций 5 (глубина 733 м) и 6 (глубина 538 м) и со-

ставили 2115 и 2889 нл/л, соответственно. На этих же станциях были обнаружены и самые высокие концентрации этана (35 нл/л) и пропана (13 нл/л) в придонном слое воды. Концентрация метана в придонном слое воды на станции 12 (глубина 316 м), расположенной в верхней части склона о. Сахалин, составила 2631 нл/л. Концентрация этана в придонной воде также была повышенной (2.4 нл/л). В районе этой станции в верхней части осадочных отложений были обнаружены газогидраты. Поскольку станция 12 находится на пересечении с модельным геофизическим профилем МП 1 (рис. 1, 4), то можно сделать вывод, что обнаруженные газовые аномалии и находки газогидратов связаны с системой глубинных разломов, контролирующей центральную часть рифта, и по которым, вероятно, происходит процесс переноса тепла в верхние слои разреза, создавая благоприятные условия для протекания процессов гидротермального литогенеза в подошве осадочного чехла [10]. В целом, район характеризуется активной газовой разгрузкой со дна в водную толщу, что подтверждается многочисленными газовыми факелами [27–29]. Станции 9 и 10 выполнены в шельфовой части о. Сахалин (глубина 62 и 45 м, соответственно). На этих станциях также были зафиксированы высокие концентрации метана в придонном слое воды: 790 нл/л на станции 9 и 808 нл/л на станции 10. Тяжелые углеводородные газы в воде этих станций зафиксированы не были. На континентальном склоне азиатской окраины концентрации метана были значительно меньше. Максимальная концентрация была обнаружена в придонном слое воды на станции 3 и составила 239 нл/л (рис. 6). На станции 2, которая пересекается с модельным профилем МП 2, каких-либо значимых превышений газовых составляющих в воде обнаружено не было, что требует дополнительного исследования источника выявленного здесь ранее [1] повышенного потока метана на границе вода-атмосфера.

Несколько газогеохимических аномалий были обнаружены на станциях южнее газогеохимического разреза (рис. 1). На станции 13 (глубина 882 м), расположенной у подножия западного сахалинского склона (рис. 1), концентрация метана в придонной воде составила 3645 нл/л, этана – 43 нл/л, пропана – 4.3 нл/л. Аномальные концентрации метана также были обнаружены на шельфовых станциях 17 и 18 – до 1870 нл/л в придонном слое.

Полученные данные распределения газогеохимических полей в водной толще Татарского пролива хорошо коррелируют с аномалиями в донных осадках и с зонами активной флюидной разгрузки [32]. Полученные результаты газогеохимических исследований свидетельствуют о подтоке углеводородных газов к поверхности морского дна из более глубоких горизонтов, что отражается в аномальных газогеохимических полях придонного слоя водной толщи. Глубинный источник газовых компонентов подтверждается данными изотопного анализа углерода метана осадочных отложений. Так $\delta^{13}\text{C}$ метана в осадке в районе станции 12 варьирует в пределах от -35.2 ‰ до -31.3 ‰, что указывает на термогенный генезис метана. Кроме того, в районе станции 12 геофизическими исследованиями была установлена система глубинных разломов, контролирующая центральную часть рифтовой зоны и, вероятно, являющихся источником теплогенерации, создающей благоприятные условия для процессов гидротермального литогенеза в подошве осадочного чехла [10]. Таким образом, по данным газогеохимических исследований выделяются наиболее перспективные участки нефтегазогенерации и нефтегазонакопления, связанные с глубинным строением исследуемого района.

В приконтинентальной части повышенных концентраций углеводородного газа в водной толще обнаружено не было, что требует дополнительного исследования источника потока метана на границе вода-атмосфера, обнаруженного предыдущими исследованиями [1]. Кроме того, севернее станций 2 и 3 расположена область повышенных газовых концентраций в осадке [32], которая, по данным выполненного моделирования, приурочена к разлому, трассирующему стык континентального склона и подводных структур западного борта Татарского трога, где по результатам сейсмических исследований выявлены признаки нефтегазоносности палеоген-неогеновых отложений [14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате комплексного анализа распределения плотностных и магнитных свойств по глубине были выявлены характерные неоднородности в земной коре южной части Татарского трога. По данным

моделирования установлено, что Тернейский прогиб представлен рифтом, сформировавшим центральную часть прогиба, что подтверждается сокращением мощности земной коры в глубоководной части профилей МП 1 и МП 2, увеличением плотностных и магнитных свойств, а также наличием разломных зон, ограничивающих структуру с северо-запада и юго-востока. Северная часть Тернейского прогиба в меньшей степени подверглась процессу рифтогенеза, что, по нашему мнению, могло повлиять на создание благоприятных условий для формирования нефтегазоносных структур в этой части прогиба, где газогеохимическими данными установлены аномально высокие концентрации углеводородных газов, обнаружены газогидраты и большое количество факельных выходов. В примыкающей с северо-востока к Тернейскому прогибу структуре Красногорско-Ильинского блока в результате моделирования было установлено, что ее фундамент также в меньшей степени подвергся вулканотектонической переработке, так как в подошвенной его части выявлен слой пониженной плотности, вероятно, гранитного состава. Это, по нашему мнению, может свидетельствовать о благоприятных для формирования УВ условиях, которые создаются благодаря наличию системы разломов, контролирующей центральную часть рифта и являющихся каналами для поступления глубинных тепловых флюидов к верхним слоям земной коры, менее всего затронутой процессом вулканической переработки. В результате такого взаимодействия в подошве осадочного чехла создаются благоприятные условия для протекания процессов гидротермального литогенеза и формирования нефтегазовых отложений [10].

Геотермические исследования показали, что над структурами, локализованными на западном борту Татарского трога, куда входит Красногорско-Ильинский блок и граничащий с ним восточный склон Тернейского прогиба, выявлены повышенные значения теплового потока (ТП) [3], что также свидетельствует в пользу выдвинутого авторами предположения.

В приконтинентальной части в водной толще повышенных газовых составляющих обнаружено не было, поэтому выявленный здесь ранее [1] повышенный поток метана на границе вода-атмосфера требует дополнительного исследования. При этом севернее района отбора проб воды ранее проведенными исследованиями [32] был выявлен участок повышенных газовых составляющих в осадочном слое, а также признаки нефтегазоносности палеоген-неогеновых отложений – по данным сейсмических исследований [14]. Данный участок приурочен к стыку континентального склона со структурами подводного обрамления западной части Татарского трога, к которым относятся

возвышенности, ограничивающие Успенский прогиб с юго-востока, где результатами моделирования были выявлены разуплотнения в верхней коре, а именно в блоковом выступе Совгаваньского поднятия и примыкающем к нему с северо-востока изолированном блоке, слабо проявленном в поле силы тяжести. Поскольку данные по повышенному потоку метана на границе вода-атмосфера над описанными выше структурами не были подтверждены результатами газогеохимического опробования в водной толще и осадочном слое, то авторы считают эти структуры условно благоприятными для нефтегазоаккумуляции.

Выполненное моделирование показало, что структуры западного присахалинского шельфа, граничащие с рифтовой зоной, сохранили остатки сиалической коры. В коре такого типа в процессе гидротермального литогенеза в подошвенной части осадочного слоя могут образовываться системы коллекторов, способных накапливать нефтегазовые залежи [10]. Выдвинутое предположение подтверждается геотермическими исследованиями, поскольку повышенные значения ТП тяготеют к структурам западного присахалинского шельфа [3], граничащим с глубоководной частью Татарского трога, образованной в результате рифтинга.

Сопоставление с результатами газогеохимического опробования дало возможность выявить взаимосвязь между распределением аномальных концентраций газов и потенциально нефтегазоперспективными структурами, а также оценить глубинную тектоническую динамику рифтообразующих структур центральной части Татарского трога.

Авторы выражают благодарность всем сотрудникам, участвовавшим в многолетнем экспедиционном проекте «Комплексные геолого-геофизические, газогеохимические и океанографические исследования в Японском море и Татарском проливе» на НИС «Академик Опарин», «Академик М.А. Лаврентьев» в 2017–2020 гг.

Работа выполнена в рамках Федеральных программ: «Изучение аномальных геофизических полей, как основы для исследования структуры, физических характеристик, геодинамики глубинных геосфер и прогнозирования сейсмогенных процессов в зоне дальневосточных морей и северо-западном секторе Тихого океана», регистрационный номер: 121021500053-6; «Исследование состояния и изменений природной среды на основе комплексного анализа и моделирования гидрометеорологических, биогеохимических, геологических процессов и ресурсов Дальнего Востока», регистрационный номер: АААА-А19-119122090009-2. «Исследование и мониторинг

климатически активных веществ, явлений и процессов в дальневосточных морях и их прибрежных зонах», регистрационный номер: 122110700009-1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валитов М.Г., Шакиров Р.Б., Яцук А.В., Аксентов К.И., Прошкина З.Н., Белоус О.В., Мишукова Г.И. Комплексная геолого-геофизическая экспедиция на научно-исследовательском судне «Академик Опарин» в Татарском проливе Японского моря (рейс № 54, 2017 г.) // *Океанология*. 2019. Т. 59, № 2. С. 311–314. DOI: 10.31857/S0030-1574592311-314.
2. Валуи Г.А. Петрология гранитоидов и дифференциация расплавов в малоглубинных условиях (Восточно-Сихотэ-Алиньский вулканический пояс). Владивосток: Дальнаука, 2014. 246 с.
3. Веселов О.В. Температурный режим осадочного чехла восточной зоны складчатости Татарского трога (Японское море) // *Геодинамические процессы и природные катастрофы: Тезисы докладов III Всерос. науч. конф. с международным участием* / Отв. ред. Л.М. Богомолов. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2019. С. 58.
4. Вулканические пояса Востока Азии. Геология и металлогения. М.: Наука, 1984. 504 с.
5. Геологическая карта: М-54 (Александровск-Сахалинский). Государственная геологическая карта Российской Федерации. Третье поколение. Дальневосточная серия. Геологическая карта дочетвертичных образований. 1:1 000 000. Серия: Дальневосточная / Сост.: ФГБУ «ВСЕГЕИ»: Ред.: В.Н. Зелепугин. 2016 г.
6. Геология, геодинамика и перспективы нефтегазоносности осадочных бассейнов Татарского пролива / А.Э. Жаров, Г.Л. Кириллова, Л.С. Маргулис, Л.С. Чуйко, В.В. Куделькин, В.Г. Варнавский, В.Н. Гагаев; Отв. ред. Г.Л. Кириллова. Владивосток: ДВО РАН, 2004. 220 с.
7. Глубинное сейсмическое зондирование земной коры Сахалино-Хоккайдо-Приморской зоны / Ред. С.М. Зверев, Ю.В. Тулина. М.: Наука, 1971. 285 с.
8. Карта аномального магнитного поля СССР: М-54, М-55, L-54. 1:1 000 000 / Сост. в Дальневосточном геологическом управлении С.В. Головкин, Т.А. Кондратенко, А.И. Мельниковой; Ред. И.И. Шапочка, 1966 г.
9. Колпашикова Т.Н. Программа моделирования магнитного, гравитационного полей и некоторых их производных / А.с. Российская Федерация № 200761354; заявл. 25.06.07; опубл. 21.08.07 // *Бюлл. Программы для ЭВМ, базы данных* 2007. № 3.
10. Коробов А.Д., Коробова Л.А., Колотухин А.Т., Мухин В.М., Елисеева Л.В. Гидротермальный литогенез и его роль в формировании рифтогенно-осадочного нефтегазоносного комплекса платформ // *Изв. Саратов. ун-та. Сер. Науки о Земле*. 2012. Т. 12, № 1. С. 47–56.
11. Легкодимов А.А., Мишукова О.В., Швалов Д.А., Максимов Д.С., Шакирова М.В., Бакунина М.С., Еськова Е.И. К дискуссии об эмиссии метана с акватории Татарского пролива, Японское море (по результатам 55-го рейса НИС «Академик Опарин») // *Вестн. ДВО РАН*. 2019. № 2. С. 81–87.
12. Логачев А.А., Захаров В.П. Магниторазведка. 5-ое изд., перераб. и доп. Л.: Недра, 1979. 351 с.
13. Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н., Сеначин В.Н. К строению

- Татарского трога (Японское море): новые подходы // Геология и полез. ископаемые мирового океана. 2010. № 3 (21). С. 65–75.
14. Ломтев В.Л., Торгашов К.Ю. Газоносность палеоген-неогеновых отложений западного борта Татарского трога (Японское море) // Геология и полез. ископаемые мирового океана. 2011. № 2 (24). С. 31–41.
 15. Максеев Д.С., Федоров С.А., Аксентов К.И., Шакиров Р.Б. Новые геохимические данные по осадкам Южно-Татарского осадочного бассейна (по результатам 54-го рейса НИС «Академик Опарин») // Вестн. ДВО РАН. 2019. № 4. С. 83–89. DOI: 10.25808/08697698.2019.206.4.009.
 16. Мишукова Г.И., Обжиров А.И., Мишуков В.Ф. Метан в пресных и морских водах и его потоки на границе вода–атмосфера в Дальневосточном регионе. Владивосток: Дальнаука, 2007. 159 с.
 17. Обжиров А.И. Газогеохимические поля придонного слоя морей и океанов. М.: Наука, 1993. 139 с.
 18. Окулов А.К., Обжиров А.И., Щербаков В.А., Мишукова Г.И., Окулов Ал.К. Геологические условия газоносности прибрежно-шельфовой зоны залива Петра Великого (Японское море) // Тихоокеан. геология. 2019. Т. 38, № 3. С. 56–62.
 19. Симаненко В.П., Рассказов С.В., Ясныгина Т.А., Симаненко Л.Ф., Чащин А.А. Меловые комплексы фронтальной зоны Монероно-Самаргинской островной дуги: геохимические данные по базальтам глубокой скважины о-ва Монерон (Японское море) // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 1. С. 30–51.
 20. Сокарев А.Н., Кулинич Р.Г. Палеомагнетизм Япономорского сектора зоны перехода от континента к Тихому океану: справочник палеомагнитных характеристик горных пород. Владивосток: Дальнаука, 2012. 135 с.
 21. Федорова Н.В., Колмогорова В.В. Модели распределения намагниченности и скорости продольных волн в земной коре Тимано-Печорского и Северо-Уральского регионов // Литосфера. 2013. № 5. С. 141–150.
 22. Харахинов В.В. Нефтегазовая геология Сахалинского региона. М.: Науч. мир, 2010. 276 с.
 23. Шакиров Р.Б., Обжиров А.И., Шакирова М.В., Мальцева Е.В. О газогидратах окраинных морей Восточной Азии: закономерности генезиса и распространения (обзор) // Гео-системы переходных зон. 2019. Т. 3, № 1. С. 65–106. DOI: 0.30730/2541-8912.2018.2.4.065-106.
 24. Шакиров Р.Б., Валитов М.Г., Сырбу Н.С., Яцук А.В., Обжиров А.И., Мишуков В.Ф., Лифанский Е.В., Мишукова О.В., Саломатин А.С., Швалов Д.А. Потоки метана на границе вода–атмосфера в южной части Татарского пролива Японского моря: Особенности распределения и изменчивости // Геология и геофизика. 2020. Т. 61, № 9. С. 1215–1230. DOI: 10.15372/GiG2019184.
 25. Шакиров Р.Б., Сорочинская А.В., Яцук А.В., Аксентов К.И., Карабцов А.А., Вовна В.И., Осьмушко И.С., Короченцев В.В. Икаит в зоне метановой аномалии на континентальном склоне Японского моря // Вестн. КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. 2020. № 2 (46). С. 72–84.
 26. Alken P., Thébault E., Beggan C.D. et al. International geomagnetic reference field: the thirteenth generation // Earth, Planets and Space. 2021. V. 73. Art. 49. DOI: 10.1186/s40623-020-01288-x.
 27. Operation report of Sakhalin slope gas hydrate Project 2012, RV Akademik M.A. Lavrentyev Cruise 59 / Y.K. Jin et al. (Eds) // Incheon: Korea Polar Res. Inst., 2013. 163 p.
 28. Operation report of Sakhalin slope gas hydrate Project, 2013, RV Akad. M.A. Lavrentyev Cruise 62 / H. Shoji et al. (Eds) // New Energy Resources Res. Japan, Kitami: Center, Kitami Inst. of Technology, 2014. 111 p.
 29. Operation report of Sakhalin slope gas hydrate Project, 2014, RV Akad. M.A. Lavrentyev Cruise 67 / Y.K. Jin et al. (Eds) // Incheon: Korea Polar Res. Inst., 2015. 121 p.
 30. Sandwell D.T., Müller R.D., Smith W.H.F., Garcia E., Francis R. New global marine gravity model from CryoSat-2 and Jason-1 reveals buried tectonic structure // Sci. 2014. V. 346, N 6205. P. 65–67. DOI: 10.1126/science.1258213.
 31. Shakirov R.B., Valitov M.G., Obzhairov A.I., Mishukov V.F., Yatsuk A.V., Syrbu N.S., Mishukova O.V. Methane anomalies, its flux on the sea–atmosphere interface and their relations to the geological structure of the South-Tatar sedimentary basin (Tatar Strait, the Sea of Japan) // Mar. Geophys. Res. 2019. V. 40, N 4. P. 581–600. DOI: 10.1007/s11001-019-09389-3.
 32. Yatsuk A., Shakirov R., Gresov A., Obzhairov A. Hydrocarbon gases in seafloor sediments of the TATAR strait, the northern sea of Japan // Geo-Mar. Lett. 2019. V. 40, N 2. P. 481–490. DOI: 10.1007/s00367-019-00628-5.

Рекомендована к печати Р.Г. Кулиничем
после доработки 07.11.2022 г.
принята к печати 25.11.2022 г.

Z.N. Proshkina, M.G. Valitov, Yu.A. Telegin, N.S. Lee, T. N. Kolpashchikova, N.M. Tsovbun

Deep crustal structure in the southern part of the Tatar trough and the distribution of gas geochemical anomalies

Deep structural features of the structures in the southern part of the Tatar trough were determined based on structural, density and petromagnetic modeling. It was revealed that the morphostructure has a riftogenic nature. The distribution of anomalous methane concentrations in water and the upper part of the sedimentary cover above these objects was studied. It is shown that the sialic crust in the area adjacent to the rift structures has undergone characteristic changes. Possible ways of delivering thermogenic methane to the upper part of the sedimentary cover and the water column were determined.

Key words: gravimetry, magnetometry, density, magnetization, gas geochemistry, oil and gas potential, methane, Tatar Trough.