УДК 550.8.05(265.54)

М.Г. ВАЛИТОВ, В.Г. ПРОКУДИН, Н.М. ЦОВБУН

Природа аномального магнитного поля залива Петра Великого (Японское море)

Аномальное магнитное поле (АМП) отражает сложное геологическое строение дна акватории зал. Петра Великого. Основным источником положительных аномалий являются магматические породы базитового состава. Общий отрицательный уровень АМП обусловлен наличием мощной толщи мезозой-кайнозойских осадочных пород, заполняющих депрессии кристаллического фундамента.

Ключевые слова: аномальное магнитное поле, залив Петра Великого.

The nature of anomalous magnetic field of Peter the Great Gulf (Japan Sea). M.G. VALITOV, V.G. PROKUDIN, N.M. TSOVBUN (V.I. II'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok).

Anomalous magnetic field (AMF) marks the complex geological bottom structure of the Peter the Great Gulf. The main sources of positive anomalies are igneous rocks of basic composition. The overall negative level of AMF is conditioned by the presence of the thickness of Mesozoic-Cenozoic sedimentary rocks, filling the depression of the crystalline basement.

Key words: anomalous magnetic field, Peter the Great Gulf.

Зал. Петра Великого расположен у берегов южного Приморья в зоне перехода Сихотэ-Алинской и Лаоелин-Гродековской [2] складчатых систем к глубоководной котловине Японского моря. Геологическое изучение этого непростого в структурно-тектоническом плане района началось в конце XIX в. в процессе освоения Россией дальневосточных территорий. В советское время планомерные исследования акватории зал. Петра Великого и прилегающих территорий выполнялись производственными и научными организациями. На континентальном обрамлении залива проведена геологическая съемка масштаба 1: 200 000 и крупнее (Отчет Славянской партии о результатах геологического доизучения масштаба 1 : 200 000 листов К-52-XI, XVII, К-52- XII, XVIII; К-53-VII за 1994–2002 гг. / ФГУГП Приморская ПСЭ; исполн.: Т.К. Кутуб-Заде, А.А. Сясько, А.В. Олейников и др. Владивосток, 2002). Рассматриваемая территория вошла в зону покрытия аэромагнитной съемки (А.В. Жуковская, 1988 г.). Выполнены работы методом глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) вдоль профиля Зарубино-Кировский [1], расположенного западнее зал. Петра Великого. В пределах акватории южнее зал. Посьета ГСЗ было осуществлено на двух профилях вдоль простирания континентального склона – у его основания (глубина моря 2200-2700 м) и в верхней части (глубина 600-1500 м) [10].

Геолого-геофизические исследования на акватории зал. Петра Великого проводились в основном Тихоокеанским океанологическим институтом ДВО РАН, ОАО «Дальморгеология» и ОАО «Дальморнефтегеофизика». В 1969–1974 гг. в разных объемах были выполнены гравиметрия, магнитометрия, одноканальное непрерывное сейсмическое

^{*} ВАЛИТОВ Максим Георгиевич – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, ПРОКУДИН Владимир Германович – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ЦОВБУН Николай Моисеевич – ведущий инженер (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток). *E-mail: valitov@poi.dvo.ru



Рис. 1. Схема геолого-геофизической изученности акватории зал. Петра Великого. На врезке показано расположение скважин и профилей сейсмической съемки 1997 и 2014 гг. (G21 и F2014 соответственно). 1 – профильная геофизическая съемка: а – магнитометрия, гравиметрия, НСП и батиметрия, б – батиметрия и НСП; 2 – отдельно изучаемые профили: а – профиль МОВ-ОГТ, б – профили НСП; 3 – скважина и ее номер; 4 – места драгирования: а – гранитов, б – андезитов, базальтов; 5 – границы материкового склона

профилирование (НСП), драгирование, изучение донных осадков трубками и черпаками, эхолотирование [3, 12, 15]. В постсоветское время эти работы были продолжены в рейсах НИС «Профессор Гагаринский», «Академик Лаврентьев» и с использованием маломерного флота ДВО РАН. Геофизической съемкой была покрыта практически вся акватория залива (рис. 1), за исключением мелководных участков и закрытых для плавания районов [6, 9]. В комплекс исследований вошли гравиметрия (гравиметры ГМН-К), магнитометрия (магнитометр МБМ-1), НСП (в качестве источников сигналов электроискровых разрядников использовались спаркеры мощностью 1-2 кДж и пневмопушки с рабочей камерой объемом 2,5-3,0 дм³), а также эхолотный промер. Кроме того, в ноябре 2003 г. ОАО «Дальморнефтегеофизика» на шельфе и склоне зал. Петра Великого были выполнены сейсмические исследования методом общей глубинной точки (ОГТ) на 9 профилях суммарной длиной 503 км с использованием 360-канальной сейсмокосы длиной 4500 м и группового пневмоисточника объемом 48 дм³ (Изучение геологического строения и оценка перспектив нефтегазоносности недр залива Петра Великого и прилегающих акваторий в Японском море: отчет о работах по государственному контракту № ВК-02-06/380 / А.Э. Жаров, Е.В. Степанова, В.П. Казазаев и др. Территориальный фонд геологической информации по Дальневосточному федеральному округу. Владивосток, 2004).

В последние годы осуществлен значительный объем работ с профилографом (3,5 кГц) [9], определены скоростные параметры верхней части разреза в зал. Посьета [14], проведены измерения магнитного поля на островах и прилегающих акваториях [4, 5]. Одновременно с этим изучалось геологическое и структурно-тектоническое строение акватории, островов и прилегающего континентального обрамления, в результате чего получены новые данные по составу, физическим свойствам горных пород района исследований, построено несколько тектонических схем, геологических карт и моделей глубинного строения земной коры [6, 7, 11, 16–18].

Описание магнитного поля

Карта аномальных значений полного вектора магнитного поля (ΔT) зал. Петра Великого и ближайшего континентального обрамления представлена на рис. 2 (см. вклейку). Для акватории карта построена сотрудниками ТОИ ДВО РАН по данным съемки в 36-м рейсе НИС «Профессор Гагаринский» (2003 г.). Для континентальной части привлекались результаты магнитных съемок, включенных в отчет Приморской поисково-съемочной экспедиции (Отчет Славянской партии о результатах геологического доизучения масштаба 1 : 200 000 листов К-52-XI, XVII, К-52-XII, XVIII; К-53-VII за 1994-2002 гг. / ФГУГП Приморская ПСЭ; исполн.: Т.К. Кутуб-Заде, А.А. Сясько, А.В. Олейников и др. Владивосток, 2002). Некоторая схематичность приведенного аномального магнитного поля (АМП) континентального обрамления обусловлена тем, что авторам не известны ни эпоха вычисления нормального поля, ни местоположение контрольного пункта, к которому привязан его уровень. Сопоставление полей производилось простым вычитанием регионального фона из магнитного поля континента до тех пор, пока оно не оказалось на одном уровне с аномальным магнитным полем акватории. Обработка магнитного поля акватории выполнена по стандартной методике: из наблюденного магнитного поля вычиталась региональная составляющая, рассчитанная по модели IGRF [19] на эпоху 2000 г. с учетом коэффициентов векового хода.

АМП зал. Петра Великого контрастно и отражает сложное геологическое строение рассматриваемого района. Величины аномалий варьируют от -1000 до 1400 нТл, но преобладают отрицательные значения в интервале -200...-100 нТл (рис. 2, гистограмма, см. вклейку).

В Амурском заливе фиксируется отрицательная аномалия, интенсивность которой плавно увеличивается с запада на восток, достигая экстремальных значений (-460 нТл) в восточной его части, на траверзе о-ва Попова. Генеральное направление изолиний рассматриваемой аномалии совпадает с направлением береговой черты залива. В работах [4, 5] представлены крупномасштабные карты АМП Амурского залива и обрамляющих его с юго-востока островов Попова, Рикорда, Рейнеке и др. Из этих материалов следует, что описываемая нами отрицательная аномалия сменяется в прибрежной части интенсивной положительной аномалией, приуроченной к выходам интрузивных пород среднего и основного состава, а также зонам контакта пород, сопровождающимся магнетитовой минерализацией. Следует отметить хорошее соответствие уровня и структуры аномального магнитного поля публикуемой карты с результатами независимых детальных наблюдений [4].

В северной части Уссурийского залива магнитное поле спокойное, слабо отрицательное, изменяется от -200 до -100 нТл. На траверзе бухты Андреева фиксируется локальная широтная аномалия с отметкой -50 нТл. Источником этой локальной аномалии, вероятно, являются интрузивные тела синанчинского комплекса (δπ₂K₂s), многочисленные выходы которых установлены на восточном берегу Уссурийского залива (Отчет Славянской партии о результатах геологического доизучения масштаба 1 : 200 000 листов K-52-XI, XVII, K-52-XII, XVIII; K-53-VII за 1994–2002 гг. / ФГУГП Приморская ПСЭ; исполн.: Т.К. Кутуб-Заде, А.А. Сясько, А.В. Олейников и др. Владивосток, 2002).

Южнее на линии мыс Вятлина (о-в Русский)-мыс Веселкина (юго-восточный берег Уссурийского залива) картина поля резко меняется. В западной части залива, со стороны о-ва Русский, появляется интенсивная положительная аномалия, достигающая значения 200 нТл. Эта аномалия является частью знакопеременной области АМП, охватывающей острова Русский, Попова, Рейнеке, Рикорда и прочие малые острова архипелага Императрицы Евгении. Здесь, по нашему мнению, АМП отражает положение цоколя островов, существовавших ранее как единая сложнопостроенная структура, состоящая в основном из магматических массивов (муравьёвский и седанкинский комплексы) и метаморфизованных вулканогенно-осадочных пород палеозоя, подвергшаяся в мезозое-кайнозое процессам деструкции. Относительно повышенные значения ΔT фиксируются к востоку от рассматриваемой аномалии, соединяя ее с материком в районе п-ова Дунай, где имеются выходы силурийских ультраосновных пород владимиро-александровского комплекса (vS₁va).

К югу от Уссурийского залива наблюдаются многочисленные положительные аномалии магнитного поля. Одна из них, интенсивностью 50–100 нТл и локальным максимумом 1100 нТл, расположенная западнее о-ва Аскольд, вытянута в меридиональном направлении. Расположенная южнее обширная изометричная положительная аномалия (интенсивность до 50 нТл) осложнена максимумами по периферии (180–210 нТл) и локальным минимумом в середине (-10 нТл). Морфологически эта аномалия сходна с аномалией, примыкающей к о-ву Аскольд с юго-запада и отличается от нее лишь пониженным общим фоном. Можно предположить, что обе аномалии картируют положение Дунайского разлома, контролирующего распространение диоритов ($\mu\delta_1K_2k$) первой фазы пород мелового, монцонит-гранитного криничного комплекса.

Западнее о-ва Аскольд в районе банки Зубр фиксируется интенсивная субширотная знакопеременная АМП, характеризующаяся отрицательными (до -750 нГл) значения ми на севере и положительными (до 450 нГл) в южной части. Экстремальные значения поля отмечаются в западной части аномалии, расположенной непосредственно над банкой Зубр. Интенсивность аномалии ослабевает в восточном направлении; восточнее меридиана 132° ее ось смещается на юг, сохраняя широтное простирание. Южнее банки Зубр находится еще одна знакопеременная аномалия, также имеющая северо-восточное простирание, но менее интенсивная (от -250 до 250 нГл). По результатам геологического опробования установлено [13], что банка Зубр сложена позднемеловыми гранитоидами, аналогами которых, на наш взгляд, могут быть породы приморского комплекса ($\gamma \pi_4 K_2 p$). Отметим, что простирание рассматриваемой аномалии совпадает с простиранием Пиданского массива, сложенного породами этого комплекса (Отчет Славянской партии о результатах геологического доизучения масштаба 1 : 200 000 листов К-52-XI, XVII, K-52-XII, XVIII; К-53-VII за 1994–2002 гг. / ФГУГП Приморская ПСЭ; исполн.: Т.К. Кутуб-Заде, А.А. Сясько, А.В. Олейников и др. Владивосток, 2002).

Еще один аномальный участок магнитного поля расположен в районе архипелага Римского-Корсакова и его подводного обрамления. Группа локальных максимумов интенсивностью от 100 до 200 нТл объединена изодинамой -50 нТл в меридиональную аномальную зону, которая на фоне спокойного отрицательного поля (-200...-100 нТл) протягивается от о-ва Большой Пелис на юг до широты о-ва Фуругельма.

Магнитное поле акватории между архипелагом Римского-Корсакова и п-вом Гамова спокойное, слабоотрицательное, изменяется в пределах -100...-200 нТл, плавно ослабевая на юг. Западнее меридиана мыса Гамова характер поля усложняется: в магнитном поле появляется слабовыраженная меридиональная зона повышенных значений, расположенная восточнее о-ва Фуругельма и вплоть до вершины Гамовского каньона, где фиксируется локальная знакопеременная аномалия (-350–50 нТл). Из-за недостаточной частоты съемки нам не удалось качественно районировать магнитное поле в юго-западной части залива, этот район требует детального изучения.

Самая крупная аномальная зона магнитного поля зал. Петра Великого – «аномалия материкового склона», расположенная между внешней границей шельфа и подошвой континентального склона (рис. 2, см. вклейку). Она начинается от меридиана 131° в.д. и протягивается в восток-северо-восточном направлении до траверза о-ва Аскольд, где как бы срезается слабо аномальным отрицательным полем с преимущественно меридиональным простиранием изолиний. Источником этой аномалии может служить интрузивное тело базитового состава в средней части материкового склона (рис. 3). Геологическое опробование в его пределах не проводилось, однако на расположенной южнее горе Петра Великого наряду с мезозойскими песчаниками драгированы базальты позднемиоценового возраста [8].



Рис. 3. Временной разрез НСП и графики аномалий магнитного и гравитационного (в редукции Фая, условный уровень) полей по профилю G23_28. Места драгирования: 1 – гранитов, 2 – базальтов. Шкала глубин (Z) относится к водному слою с принятой скоростью 1500 м/с. Положение профиля показано на рис. 1

В восточной части зал. Петра Великого АМП спокойное, изменяется в пределах -200...-150 нТл, осложнено двумя изометричными интенсивными положительными аномалиями.

Первая аномалия интенсивностью 600 нТл маркирует распространение под воды залива анненских габброидов (δ-υPZ₁a), выходы которых закартированы в непосредственной близости на мысе Анна (Отчет Славянской партии о результатах геологического доизучения масштаба 1 : 200 000 листов К-52-XI, XVII, К-52-XII, XVIII; К-53-VII за 1994–2002 гг. / ФГУГП Приморская ПСЭ; исполн.: Т.К. Кутуб-Заде, А.А. Сясько, А.В. Олейников и др. Владивосток, 2002). Максимальные значения аномалии приурочены, по аналогии с береговыми определениями, к контакту анненских габброидов с прорывающими их породами приморского гранодиорит-сиенитового комплекса (γπ₄K₅p).

Вторая аномалия интенсивностью 150 нТл при средних значениях поля -100 нТл расположена на юго-востоке рассматриваемой области в пределах шельфа. Аномалии такого типа характерны для вертикально вытянутых тел с глубокозалегающей нижней кромкой. Источником этой аномалии может быть подводящий канал, по которому в миоцене изливались базальтовые лавы (аналогичные неогеновым платобазальтам Приморья), образцы которых были драгированы в непосредственной близости на континентальном склоне, к югу от рассматриваемой аномалии [3].

Многочисленные разрывные нарушения уверенно прослеживаются в магнитном поле зал. Петра Великого.

В Амурском заливе вдоль восточного берега п-ова Муравьёв-Амурский прослеживается Муравьёвский разлом [11], ограничивающий с запада муравьёвский горст-антиклинорий. Южнее разлом «срезается» широкой зоной отрицательных аномалий северо-западного простирания, разделяющей архипелаги Римского-Корсакова и Императрицы Евгении.

В северной части Уссурийского залива, судя по господствующему направлению изолиний, разрывные нарушения имеют субширотное простирание. Широтные аномалии продолжаются на акваторию залива в основном с континента. Артемовский разлом [11] прослеживается южнее о-ва Русский. Здесь он ограничивает общий «цоколь» о-вов Императрицы Евгении и «срезается» зоной знакопеременных аномалий северо-восточного направления, контролирующей (в континентальной части) простирание Пиданского массива. Рассматриваемая зона в свою очередь разбита меридиональными разломами. Самый крупный из них, Дунайский [7], протягивается вдоль восточного берега Уссурийского залива, западного берега о-ва Аскольд и далее на континентальный склон. Южнее острова Дунайский разлом ограничивает распространение на восток области знакопеременных аномалий магнитного поля субширотного простирания, а на склоне – «аномалии материкового склона».

Западно-Приморский разлом [2], выделяющийся на континенте субмеридиональными линейными аномалиями магнитного поля, прослеживается и на акватории по выдержанному субмеридиональному направлению изолиний. В западной части зал. Петра Великого (на долготе п-ова Гамова) этот разлом ограничивает распространение «аномалии материкового склона».

Обсуждение результатов

Корректная интерпретация данных магнитометрии невозможна без учета всей совокупности геолого-геофизических материалов. Анализ сейсмических и буровых данных (с учетом материалов бурения Артемо-Тавричанской впадины) свидетельствует о наличии в разрезе зал. Петра Великого осадочных пород разной степени литификации. Изученная часть разреза представлена рыхлыми и слабо литифицированными кайнозойскими породами, разновозрастные толщи которых уверенно выделяются по характеру слоистости и отчетливым угловым несогласиям (рис. 4, 5). Мощность кайнозойских осадочных



Рис. 4. Временные разрезы по профилям НСП F2014_33 (А) и G21A_9 (Б). Пунктирной стрелкой отмечено положение скв. 2В. Структура верхней части разреза на профиле G21A_9 закамуфлирована прямой водной волной. Положение профилей показано на рис. 1 (врезка)



Рис. 5. Временные разрезы по профилям НСП F2014_17 (А) и F2014_84 (Б). Положение профилей показано на рис. 1 (врезка)

отложений в зал. Петра Великого варьирует от первых сотен метров на большей части шельфа, увеличиваясь в направлении склона, до 800–1300 м в пределах локальных депрессий Амурского залива и внешнего шельфа. Породы докайнозойского фундамента, судя по материалам исследования методом ОГТ (рис. 6), имеют неясно слоистую структуру, что может свидетельствовать о наличии в составе фундамента литифицированных позднепалеозойских и мезозойских осадочных отложений. Основные поверхности несогласия фиксируются в подошве кайнозойских и кровле неогеновых отложений (рис. 4, 5). В некоторых случаях по материалам высокочастотной сейсмической съемки устанавливается и наличие разломов: зоны трещиноватости пород служат каналами, по которым метан из угленосных горизонтов мигрирует в верхнюю часть разреза, где формируются газонасыщенные тела, ответственные за аномальные участки записи на профилях НСП (рис. 5А).

По материалам бурения и отбора проб прямоточными трубками установлено, что кайнозойские отложения формировались в основном в континентальных условиях; лишь голоцен представлен морскими осадками. Морские отложения накапливались в закрытых бухтах и внутренних заливах. Максимальная их мощность, зафиксированная в северной части Амурского залива, достигает 20–35 м (рис. 4А, 5А). В бухтах открытого типа и во внешней части зал. Петра Великого четвертичные отложения маломощны, а голоценовые осадки ниже изобаты 60 м на шельфе отсутствуют. В пределах горст-антиклинория п-ова Муравьёв-Амурский и о-ва Русский пермские терригенные породы поспеловской свиты, представленные песчаниками и алевролитами прибрежно-морского типа, прорваны позднепермскими интрузиями основного состава муравьёвского и гранитоидами седанкинского комплекса. Позднепалеозойские породы несогласно перекрыты морскими терригенными образованиями нижнего–среднего триаса и угленосными континентальными образованиями нижнего мела (Отчет Славянской партии о результатах геологического доизучения



масштаба 1:200 000 листов K-52-XI, XVII, K-52-XII, XVIII; K-53-VII за 1994-2002 гг. / ФГУГП Приморская ПСЭ; исполн.: Т.К. Кутуб-Заде, А.А. Сясько, А.В. Олейников и др. Владивосток, 2002). Суммарная мошность палеозой-мезозойских осалочных отложений может достигать 1,5-2,0 км.

В пределах акватории зал. Петра Великого нижнемеловые осалочные отложения вскрыты скв. 9 (рис. 1) на глубине 27 м от поверхности моря (Н.Г. Мельник, 1964 г.). Гранитоиды мелового возраста были драгированы на континентальном склоне и подняты водолазом на банке Зубр. Поскольку осадочные породы и кислые разности магматических пород характеризуются низкими значениями остаточной намагниченности [11, 17, 18], положительные магнитные аномалии могут быть связаны только с породами муравьёвского комплекса. Эти породы широко представлены на о-вах Римского-Корсакова, архипелага Императрицы Евгении и, вероятно, отсутствуют в Амурском, Уссурийском заливах и на большей части внешнего шельфа зал. Петра Великого.

Что касается отрицательных аномалий магнитного поля, то нужно учитывать следующие обстоятельства. Во-первых, рассматриваемый район находится в зоне трансформации земной коры [6], где под воздействием деструктивных процессов (сжатие, растяжение, магматическая деятельность)



Рис. 7. Аномалии высот геоида. Прямоугольником обозначен исследуемый район

произошло частичное разрушение ферромагнитных минералов, что сказалось на общем уровне напряженности АМП. Во-вторых, кристаллический фундамент зал. Петра Великого перекрыт мощным (1 км и более) слоем мезозой-кайнозойских слабомагнитных осадочных отложений, значительно ослабляющих аномальный эффект. Кроме того, рассматриваемая акватория находится в пределах положительной аномалии высот геоида [20] (рис. 7), что, вероятно, является одной из причин образования здесь отрицательной региональной аномалии магнитного поля. В-третьих, график ΔT над контактом намагниченного тела с немагнитной вмещающей средой является знакопеременным из-за значительного широтного наклонения вектора T: в случае прямой полярности магнитного поля значения ΔT отрицательны севернее контакта, а в случае обратной полярности – южнее него. Из публикуемой карты аномалий магнитного поля (рис. 2) следует, что все знакопеременные аномалии обусловлены телами с прямым намагничением. Таким образом, привлечение для объяснения интенсивной отрицательной аномалии магнитного поля севернее о-ва Попова неглубоко залегающего тела с обратной намагниченностью (как это сделано в работе [4]) излишне.

Заключение

В магнитном поле зал. Петра Великого хорошо прослеживается сеть разноранговых разрывных нарушений. К разрывным нарушениям первого порядка можно отнести меридиональные разломы – Западно-Приморский и Дунайский, разделяющие различные складчатые системы. Разломы второго порядка, Артёмовский и Муравьёвский, являются сместителями Муравьёвского горст-антиклинория. Зоной отрицательных аномалий северо-западного простирания, разделяющей аномальные участки, приуроченные к архипелагам Императрицы Евгении и Римского-Корсакова, фиксируется, на наш взгляд, одна из многочисленных депрессий фундамента, заложившихся в мезозое-кайнозое южнее п-ова Муравьёв-Амурский.

Рельеф дна в пределах современного континентального склона обусловлен активными тектоническими и эрозионными процессами. Многочисленными продольными и поперечными дизъюнктивными дислокациями породы фундамента и чехла разбиты на блоки;

происходит сползание отдельных блоков вниз по склону с частичным либо полным разрушением их первичной структуры, а также размыв пород мутьевыми потоками и формирование эрозионных трогов (каньонов).

Выделяемое нами в нижней части материкового склона зал. Петра Великого базитовое тело внедрилось в ослабленную процессами деструкции зону на стыке континентальной и океанической коры.

Представленную нами карту аномального магнитного поля можно использовать для построения тектонических и геодинамических схем; а также при проведении поисковосъемочных работ на акватории зал. Петра Великого.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аргентов В.В., Гнибиденко Г.С., Попов А.А., Потапьев С.В. Глубинное строение Приморья (по данным ГСЗ). М.: Наука, 1976. 90 с.

 Бажанов В.А., Назаренко Л.Ф. Геология Приморского края. Ч. 3. Основные черты тектоники и истории развития. Препр. / ДВГИ АН СССР. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1989. 60 с.

3. Берсенев И.И., Леликов Е.П., Безверхний В.Л. и др. Геология дна Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН ССР, 1987. 140 с.

4. Бессонова Е.А., Никифоров В.М., Зверев С.А., Коптев А.А., Залищак В.Б. Аномальное магнитное поле северо-западной части залива Петра Великого (Японское море) // Вестн. ДВО РАН. 2013. № 6. С. 213–220.

5. Бессонова Е.А., Никифоров В.М., Залищак В.Б., Зверев С.А., Емельянова Т.А. Природа магнитных аномалий островов Попова, Рикорда, Рейнике (залив Петра Великого, Японское море) по результатам детальных исследований // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря / отв. ред. А.С. Астахов, В.Б. Лобанов. М.: ГЕОС, 2008. С. 340–355.

6. Валитов М.Г. Структурно-плотностная трансформация земной коры в зоне сочленения центральной котловины Японского моря с континентом: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Владивосток, 2009. 26 с.

 Изосов Л.А., Съедин В.Т., Емельянова Т.А., Кононец С.Н., Валитов М.Г., Крамчанин К.Ю. Новые данные по магматическим комплексам острова Попова и некоторые проблемы геологии залива Петра Великого // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря / отв. ред. А.С. Астахов, В.Б. Лобанов. М.: ГЕОС, 2008. С. 355–378.

8. Карнаух В.Н., Цой И.Б., Леликов Е.П., Емельянова Т.А., Ващенкова Н.Г., Терехов Е.П. Геологическое строение подводной горы Петра Великого (Японское море) // Вестн. ДВО РАН. 2013. № 6. С. 189–197.

 Карнаух В.Н., Карп Б.Я., Цой И.Б. и др. Строение шельфа и материкового склона залива Петра Великого (Японское море) по сейсмическим и геологическим данным // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря / отв. ред. А.С. Астахов, В.Б. Лобанов. М.: ГЕОС, 2008. С. 292–307.

10. Ковылин В.М., Шаяхметов Р.Б., Моуравова Е.А. Строение осадочной толщи и подстилающего фундамента в области сочленения континентальной коры Кореи с океанической корой Япономорской впадины // Изв. АН СССР. 1971. № 5. С. 125–128.

11. Кононец С.Н., Съедин В.Т., Харченко Т.А., Валитов М.Г., Изосов Л.А. Типы и физические свойства магматических пород о. Попова (залив Петра Великого, Японское море) // Тихоокеан. геология. 2014. Т. 33, № 2. С. 39–52.

12. Кулинич Р.Г., Васильев Б.И., Строев П.А., Шевалдин Ю.В. Геолого-геофизические данные о строении шельфа и континентального склона залива Петра Великого (Японское море) // Вопросы геологии и геофизики окраинных морей северо-западной части Тихого океана. Владивосток, 1974. С. 134–144.

13. Леликов Е.П., Маляренко А.Н. Гранитоидный магматизм окраинных морей Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 1994. 268 с.

14. Медведев С.Н., Прокудин В.Г. Реализация метода отраженных волн при сейсмоакустических исследованиях в мелком море // Шестой Всероссийский симпозиум «Физика геосфер»: материалы докл. Владивосток: Дальнаука, 2009. С. 98–101.

 Прокудин В.Г., Филатьев В.П. Особенности временных разрезов НСП в заливе Петра Великого // Геофизические исследования переходной зоны от континента к океану в области Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 66–76.

16. Рассказов С.В., Ясныгина Т.А., Саранина Е.В., Масловская М.Н., Фефелов Н.Н., Брандт И.С., Брандт С.Б., Коваленко С.В., Мартынов Ю.А., Попов В.К. Кайнозойский магматизм юго-западного Приморья: импульсное плавление мантии и коры // Тихоокеан. геология. 2004. Т. 23, № 6. С. 3–31.

17. Свининников А.И. Петрофизика западной части Тихого океана и окраинных морей востока Азии. Владивосток: Дальнаука, 2004. 279 с.

18. Сокарев А.Н., Кулинич Р.Г., Прошкина З.Н. Петрофизика Япономорского сектора зоны перехода от континента к океану: Справочник физических свойств горных пород. Владивосток: Дальнаука, 2010. 216 с.

19. Finlay C.C., Maus S., Beggan C.D. et al. International Geomagnetic Reference Field: the eleventh generation / International Association of Geomagnetism and Aeronomy, Working Group V-MOD // Geophys. J. Int. 2010. Vol. 183, N 3. P. 1216–1230.

20. Nikolaos K.P., Simon A.H., Steve C.K., John K.F. The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008) // J. Geophys. Res.: Solid Earth (1978–2012). 2012. Vol. 117, N B4. Apr.

К статье М.Г. Валитова, В.Г. Прокудина, Н.М. Цовбуна. «Природа аномального магнитного поля залива Петра Великого (Японское море)»



Рис. 2. Аномальное магнитное поле в районе зал. Петра Великого

К статье С.П. Плетнёва, М.Е. Мельникова «Палеогеографические этапы развития гайотов Магеллановых гор (Тихий океан)»



Рис. З. Возраст слоев рудного разреза корок Магеллановых гор: R – поздний кампан – маастрихт; I-1 – поздний палеоцен – первая половина раннего эоцена; I-2 – средний эоцен – первая половина позднего эоцена; II – поздний миоцен и III – плейстоцен [4]