

**КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ, ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ И
ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЯПОНСКОМ МОРЕ И ТАТАРСКОМ
ПРОЛИВЕ В 81-ОМ РЕЙСЕ НИС «АКАДЕМИК М.А. ЛАВРЕНТЬЕВ»**

**М.Г. Валитов¹, Р.Б. Шакиров¹, А.В. Яцук^{1,3}, З.Н. Прошкина¹, Н.С. Лу¹, К.И. Аksenтов¹,
А.И. Обжиров¹, В.Т. Съедин¹, А.Л. Пономарева^{1,2}, В.Н. Карнаух¹**

¹ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, ул. Балтийская 43,
г. Владивосток, 690041; e-mail: valitov@poi.dvo.ru

²ФГБУН Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Г. П. Сомова, ул. Сельская 1,
г. Владивосток, 690087

³ФГАОУВО Дальневосточный федеральный университет, ул. Суханова 8, г. Владивосток, 690090

Поступила в редакцию 4 сентября 2018 г.

В работе приведены первичные результаты комплексных геолого-геофизических исследований в Японском море, в районе северного замыкания Центральной котловины, полученные в 81-ом рейсе НИС «Академик М.А. Лаврентьев». Дана характеристика батиметрических, гравиметрических, магнитометрических, литологических, микробиологических и газогеохимических исследований. Уточнен рельеф и строение возвышенностей Витязя, Алпатова и вулканических гор абиссали. По геофизическим данным обособлена от континента новая морфоструктура – возвышенность Лаврентьева.

Ключевые слова: морские исследования, геофизика, геология, микробиология, газогеохимия, литология, Японское море.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно принятому Плану морских экспедиционных исследований, поддержанному Советом по Гидросфере Земли Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (ранее – ФАНО), в северную часть Японского моря организована вторая геолого-геофизическая экспедиция, направленная на изучение глубинного строения земной коры, выявление закономерностей размещения полезных ископаемых, в том числе условий формирования залежей газогидратов, исследования состояния геосфер (фонового и аномального), а также для оценки современной активности геологических процессов.

В период с 04 по 27 мая 2018 г. на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (рейс № 81) выполнялись экспедиционные исследования ТОИ ДВО РАН по теме «Комплексные геолого-геофизические, газогеохимические и океанографические исследования в Японском море и Татарском проливе».

Экспедиционные исследования выполнялись с целью изучения условий и механизмов формирования Японского моря, Татарского пролива, выявления но-

вых перспективных участков развития газогидратов и изучения корреляции распространения газо-флюидных потоков с сетью тектонических разломов в южной части Татарского пролива и северном замыкании глубоководной котловины Японского моря.

МЕТОДИКА РАБОТ

Выполненные нами исследования включали в себя изучение рельефа дна, регистрацию гравитационного и магнитного полей акватории, непрерывное сейсмическое профилирование для изучения структуры верхней части осадочного чехла, отбор пластичного осадка для определения его вещественного, газогеохимического и бактериального состава и отбор скальных пород для определения возраста и вещественного состава кристаллического фундамента. Новым направлением стало исследование содержания метана, углекислого газа, аммиака, паров воды и оксида азота в приводном слое атмосферы с помощью лазерных газовых анализаторов Picarro. Эти измерения выполнены по всему маршруту судна одновременно с уже традиционным измерением содержания атомарной ртути и оценкой потока метана из воды в ат-

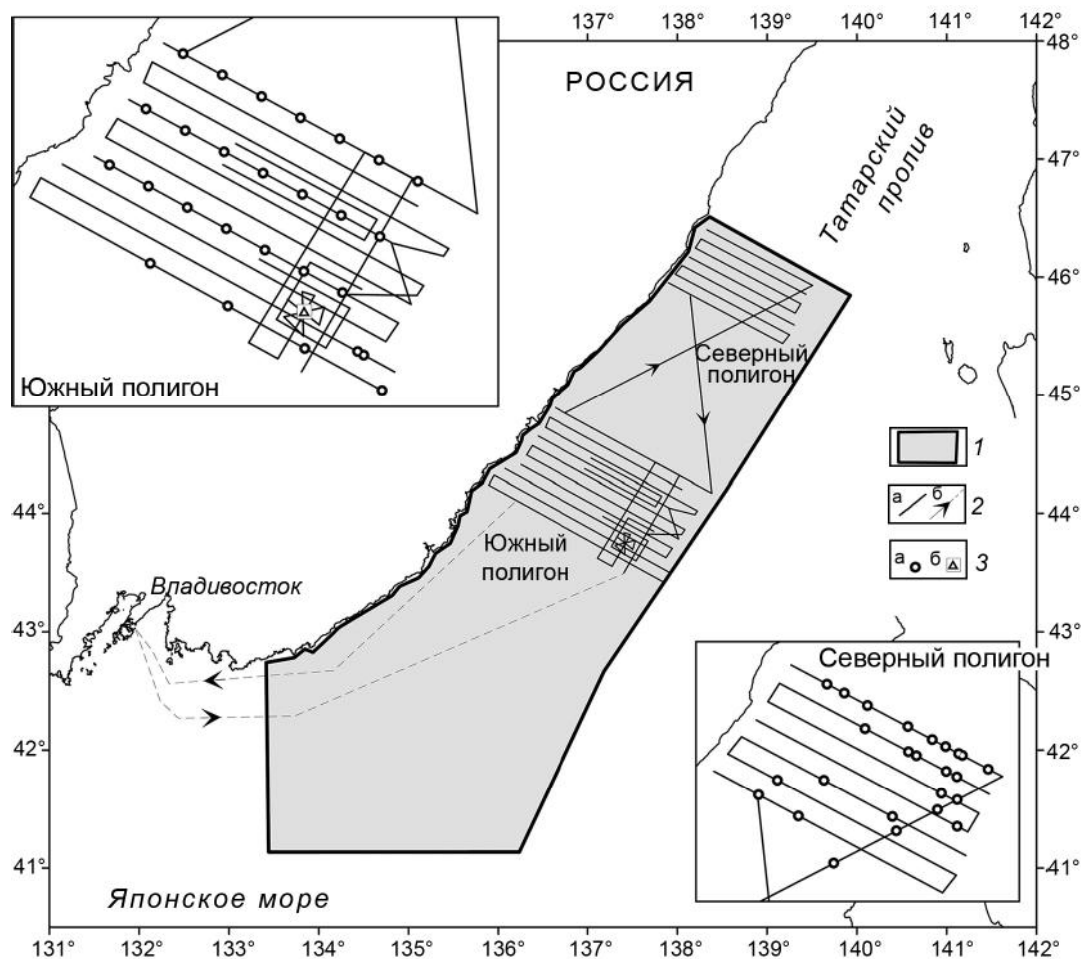


Рис. 1. Карта-схема маршрута плавания и расположение полигонов работ в рейсе № 81 НИС «Академик М.А. Лаврентьев», 4–27 мая 2018 г.

1 – район работ; 2 – профили геофизической съемки (а), маршрут движения судна (б); 3 – комплексные океанологические станции (а), станция драгирования (б).

мосферу. Впервые получен представительный массив данных по концентрациям парниковых компонентов с высоким разрешением в северной части Японского моря, который позволит построить объемную модель и оценить закономерности их распределения. Эти исследования будут продолжены согласно совместному долговременному плану мониторинга концентраций парниковых газов в прибрежной полосе Приморского края, дальневосточных морях и других районах.

Научный состав экспедиции состоял из 17 сотрудников ТОИ ДВО РАН, по одному специалисту из ИМГиГ ДВО РАН и ФГБУН «ТИНРО-Центр», трех студентов ДВФУ и семи японских исследователей из Лаборатории газовых гидратов Университета Мэйдзи (г. Токио, Япония).

Из-за недостатка времени нам не удалось исследовать всю запланированную акваторию, поэтому экспедиционные исследования были сосредоточены

на двух полигонах. Южный полигон: район сочленения Центральной котловины с Татарским проливом, Северный полигон: южная часть Татарского пролива на траверзе пролива Лаперуза (рис. 1). В пределах каждого полигона работы начинались с батиметрической и геофизической съемок (гидроакустическое зондирование, гравиметрические и магнитометрические измерения, непрерывное сейсмопрофилирование) вдоль заранее намеченных профилей. Попутно на ходу судна выполнялись гидрофизические и атмосферические измерения. После завершения этих работ и оперативного анализа полученных батиметрических и геофизических данных выбиралось положение и количество станций геологического опробования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

За время экспедиции пройдено 3508 миль. Выполнено более 3000 погонных миль эхолотного про-

мера, 2159 миль гравиметрической съемки, 2357 миль магнитометрической съемки. В течение всего рейса проводились профильные наблюдения приводного слоя атмосферного воздуха (определение содержания ртути, парниковых газов и гидрометеорологические измерения).

Анализ распределения геофизических полей и батиметрии (рис. 2) указывает на сложное глубинное строение зоны сочленения южной части Татарского пролива с Центральной глубоководной котловиной Японского моря. Это один из интереснейших районов Японского моря, который во многих работах [1, 2 и др.] называется зоной северного замыкания Центральной котловины. Здесь, на относительно небольшой площади, происходит резкое изменение морфологического облика дна: от абиссальной равнины глубоководной котловины до шельфа. В рельефе дна южная часть трога Татарского пролива на границе с Центральной котловиной образует отчетливый уступ (или порог) высотой порядка 1500 м. Этот уступ в экономической зоне России представлен 3-мя крупными возвышенностями с субконтинентальным типом земной коры, вытянутыми в широтном направлении практически вдоль параллели 44°00' с.ш. С востока на запад это возвышенности Витязя, Алпатова и Лаврентьева. Первые две возвышенности давно известны и достаточно хорошо изучены [1–3, 7 и др.]. Последняя, самая западная возвышенность выделяется нами впервые. Морфологически возвышенность Лаврентьева практически примыкает к материковому склону Приморья, как бы образуя его восточный выступ. Она плохо обособляется в рельефе дна с западной и северной сторон, однако довольно хорошо выражена в геофизических полях. Мы предлагаем назвать эту структуру возвышенностью Лаврентьева по названию судна (НИС «Академик М.А. Лаврентьев»), на котором проводились наши исследования. Абиссальная равнина северного замыкания Центральной котловины осложнена 4-мя подводными горами вулканического происхождения, которые образуют цепочку, вытянутую в широтном направлении в зоне 43°30'–44°00' с.ш. Эти горы имеют различную высоту и размеры (до 30 км по длинной оси и превышение не более 1500 м над абиссальной частью котловины). Все 4 горы, независимо от размеров, вытянуты в субмеридиональном направлении. Две наиболее крупные из этих подводных гор, расположенные в западной части цепочки (горы западного звена), были изучены в 37-ом рейсе НИС «Первенец» (начальник экспедиции И.И. Берсенев, 1981 г). С них были подняты образования, характерные для вулканических построек Центральной котловины. При драгировании самой западной постройки нами было поднято небольшое

количество обломков пород, представленных слабо-литифицированными алевритистыми песчаниками лепешковидной формы. Аналитические исследования нескольких образцов (аналитик К.И. Аксентов, рентгенофлуоресцентный метод, прибор OLIPUS-Delta) показали, что эти породы характеризуются высокими содержаниями железа (Fe – 6.3–9.3 %), а также марганца (Mn – 0.43–3.46 %) и фосфора (P – 0.15–1.42 %).

Все перечисленные основные структуры зоны сочленения Центральной котловины и трога Татарского пролива (материковый склон, крупные возвышенности, абиссальная котловина и вулканические постройки) находят свое отражение в поле силы тяжести и в аномальном магнитном поле. В геофизических полях контрастно выделилось подводное продолжение Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса [4] в виде знакопеременных аномалий магнитного поля и протяженных положительных аномалий в поле силы тяжести.

Возвышенность Витязя в геофизических полях выделяется областью положительных аномалий северо-восточного простирания. К сожалению, из-за ограничения площади исследования границей экономической зоны России, полностью проследить данную структуру в геофизических полях не удалось.

Возвышенность Алпатова в магнитном поле проявлена слабо, тем не менее, в поле силы тяжести наблюдаются хорошо выраженные изометричные аномалии повышенной амплитуды. Анализ гравитационного поля над возвышенностью Алпатова показал, что это не единый массив, как считалось ранее, а два отдельных блока, северный склон которых перекрыт мощным осадочным чехлом, поэтому в рельефе дна северная граница структуры была прослежена нечетко. Западный и восточный блоки возвышенности отделены друг от друга узким линейным гравитационным минимумом, который хорошо совпадает с каньоном субмеридионального направления, отчетливо выраженным в рельефе дна. Каньон и сопровождающий его гравитационный минимум приурочены к разлому субмеридионального простирания [3].

Другие обособленные максимумы гравитационного и магнитного полей, расположенные южнее возвышенности Алпатова в глубоководной части полигона (глубина моря более 3500 м), связаны с двумя безымянными вулканическими постройками, которые представляют собой западное звено вышеописанной цепочки подводных гор широтного простирания. На батиметрической карте обе постройки отчетливо выделяются в рельефе дна, тогда как в поле силы тяжести западной постройке соответствует менее выраженный гравитационный максимум, чем восточной, что свидетельствует о том, что основная масса маг-

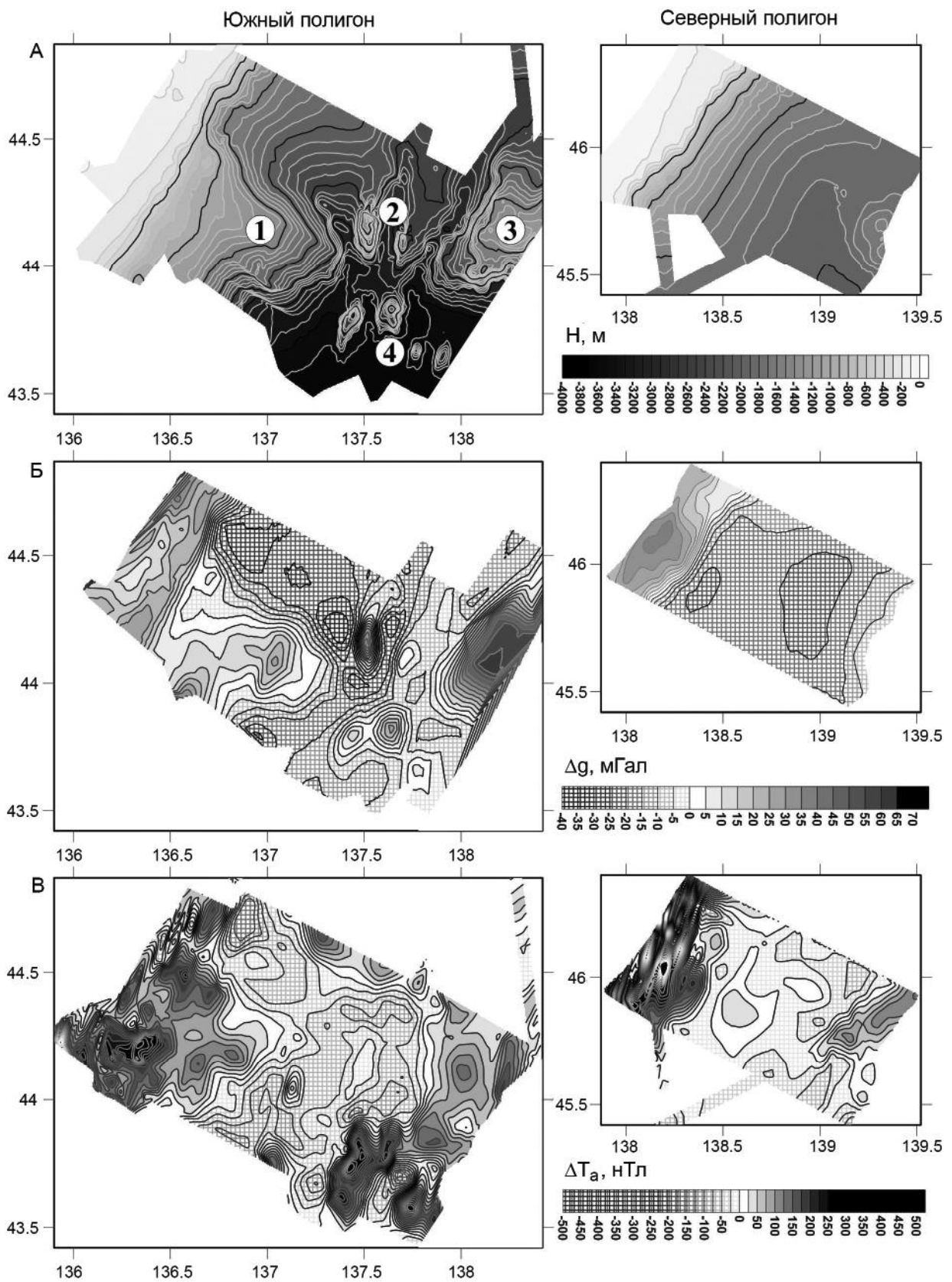


Рис. 2. Результаты площадных геофизических исследований: батиметрия (А), гравиметрия (Б), магнитометрия (В). Цифрами обозначены: возвышенности: 1 – Лаврентьева, 2 – Алпатова, 3 – Витязя, 4 – горы Алпатова.

матического вещества сосредоточена под восточной горой. При этом, судя по аномальным геофизическим полям, обе постройки имеют общее основание. К юго-востоку от вышеописанных вулканических гор располагаются две невысокие (высота около 500 м) округлые горки, длинная ось которых вытянута в субмеридиональном направлении. Эти горки слабо выражены в гравитационном поле, однако в магнитном поле они выделяются интенсивными положительными аномалиями, которые, соединяясь с группой аномалий от западного звена гор, образуют кольцевую зональность, где положительные аномалии (до 350 нТл) окаймляют по окружности участок отрицательного поля (-200 нТл). Ранее эти структуры, как вулканические постройки, были отмечены в работе [6], но их детальное описание не представлено. Расположение всех описанных вулканических построек в протяженной линейной зоне широтного направления свидетельствует об их приуроченности к разломной зоне широтного простирания. Такой разлом, вытянутый вдоль 44°00' с.ш., под названием Северо-Японморский выделяется здесь в работах В.Л. Безверхнего и И.И. Берсенева с соавторами [1, 2]. В совокупности всю широтную систему вышеописанных вулканических построек предлагается назвать горами Алпатова в честь М.Г. Алпатова, который был первым директором Тихоокеанского отделения Института океанологии им. В.П. Ширшова (ТО ИОАН СССР, ныне ТОИ ДВО РАН).

В экспедиции впервые для данного района был выполнен большой объем геолого-газогеохимического и микробиологического опробования пластичного осадка. Всего было выполнено 52 станции отбора донных отложений до глубины 350 см ниже поверхности дна, сделано на борту 3600 газохроматографических определений газов осадков, создана рейсовая коллекция кернов осадка общей длиной 80 метров, проведен набортный анализ осадков методами рентгенофлуоресцентной спектрометрии, микроскопии, капнометрии и др. На всех геологических станциях были отобраны образцы осадка для микробиологических и литодинамических исследований.

Выполнены высокоразрешающие измерения (свыше 50 000 дискретных замеров) распределения метана, углекислого газа, паров воды, аммиака, оксида азота и ртути в приводном слое атмосферы в районе работ, намечена корреляция атмосферных аномалий метана и углекислого газа с активизированными по газовой миграции участками морского дна.

Метан установлен во всех пробах донных отложений в концентрациях от 0.07 ppm (0.00003 мл/л) до 15.78 % (147 мл/л), наименьшие его концентрации были установлены в верхнем интервале кернов

0–50 см, в районах глубоководной котловины Японского моря и Южного полигона. В среднем в большинстве кернов обоих полигонов концентрации метана не превышали 0.035 мл/л, и только на отдельных станциях фиксировались локальные аномалии, превышающие 0.1 мл/л в нижних горизонтах колонок. Максимальные содержания метана от 2.2–7 ppm (0.0024–0.0066 мл/л) до 11.54–15.78 % (97–147 мл/л) были установлены на континентальном склоне Северного полигона: скачок концентраций (на 1–2 порядка) по обоим кернам наблюдался с горизонта 100 см ниже дна (глубины моря 851 и 1381 м, соответственно). Полученные значения хорошо сопоставимы с данными по колонкам, в которых ранее авторы обнаруживали газогидраты. Вместе с обнаруженными вертикальными зонами газонасыщенных осадков (сейсмические аномалии типа «chimney») эти данные позволяют прогнозировать газогидраты на Северном полигоне. Общей тенденцией по всем отобраным кернам является четкая закономерность увеличения концентраций метана с глубиной опробования ($r = 0.5$). Различным был только градиент возрастания, который был больше в колонках Северного полигона. Концентрации углекислого газа, обнаруженного во всех пробах донных отложений, варьировали от 3 ppm до 0.79 % (0.0035–6.71 мл/л). Максимальные его содержания приурочены к верхнему горизонту опробования 10–30 см (окисленному слою) и на некоторых станциях к нижнему горизонту 100–200 см. В целом по району работ выявлена слабая положительная корреляция распределения углекислого газа и предельных углеводородных газов, которая, возможно, указывает на их миграционную природу. Этилен присутствовал в составе газа донных отложений в 89 % отобранных проб, этан – в 83 %, пропилен – всего в 4.2 % анализируемых проб, пропан – в 39.5 %, а бутан, представленный двумя изоформами *i*-бутаном и *n*-бутаном, – в 11 и 12 % проб, соответственно.

Впервые в районе исследований выявлены многочисленные субвертикальные зоны газонасыщенных осадков (chimney), а также другие сейсмоакустические аномалии в осадочной толще южной части Татарского трога. В исследованных районах впервые подняты колонки донных отложений, являющихся потенциально газогидратоносными, в связи с аномальным газосодержанием ($\text{CH}_4 > 16$ об. %), увеличенным градиентом роста концентраций метана по глубине керна и термобарическими условиями, благоприятными для образования и накопления газогидратов (0–2 °C). В отдельных колонках обнаружены повышенные содержания гомологов метана (этана до 90 ppm, пропана до 1 ppm), что может говорить о наличии газоматеринских источников в пределах сочле-

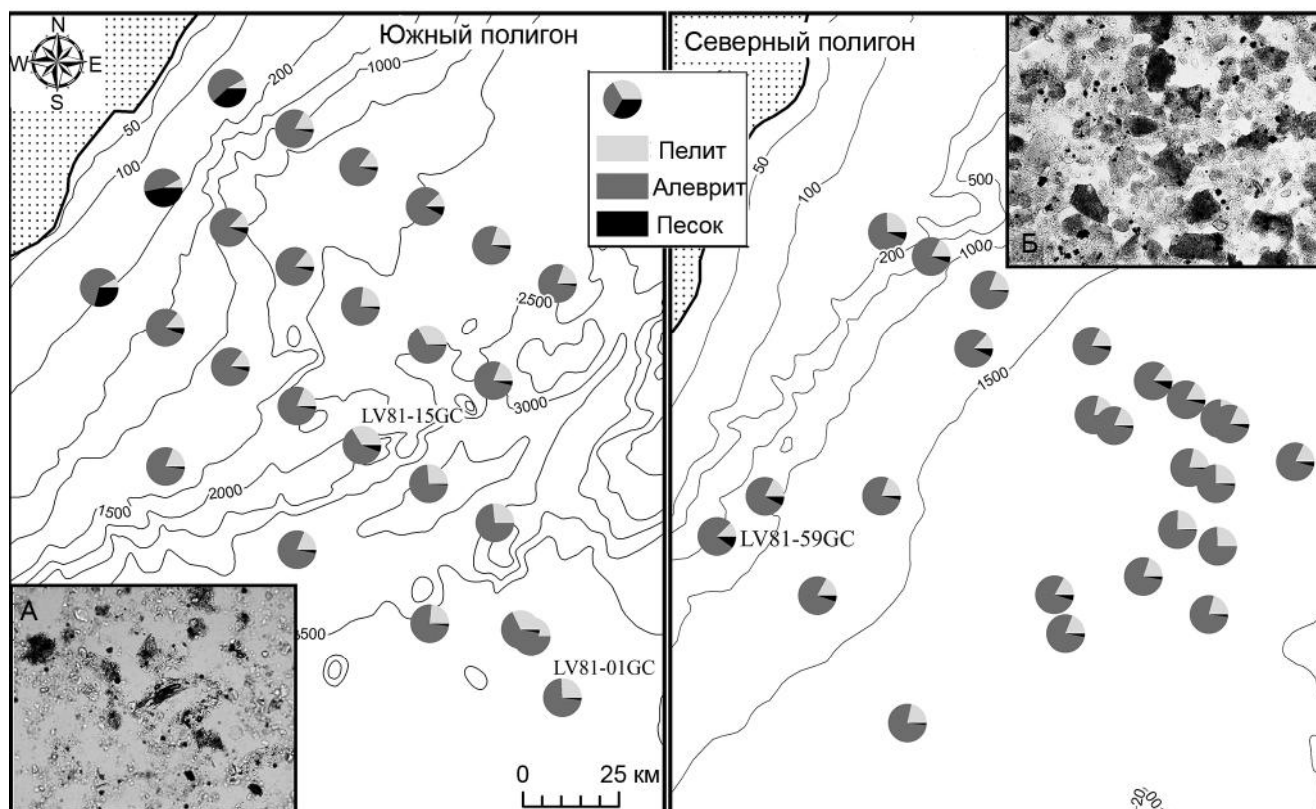


Рис. 3. Гранулометрические характеристики поверхностного слоя донных отложений. На врезках: А – снимок прослая тефры керн LV81-01GC, Б – снимок металлоносного осадка в забое керн LV81-15GC.

нения глубоководной Центральной котловины и трога Татарского пролива Японского моря. Возможный генезис этих аномалий в настоящее время изучается с помощью масс-спектрометрического анализа ^{13}C (CH_4 и CO_2), исследования газогенетических коэффициентов (этановые коэффициенты, коэффициент «влажности», диаграммы Бернарда и др.) [8]. В результате экспедиции уточнен газогеохимический фон и закартированы новые аномальные газогеохимические поля, перспективные на наличие глубинных газоматеринских источников и скоплений газогидратов.

Получены новые данные, касающиеся комплексных лито-геохимических характеристик осадочных отложений района исследований. По гранулометрическим показателям подавляющее большинство проб поверхностного слоя (0–2 см) относится к типу чистых алевритов, несколько проб – к алевриту пелитовому. Они имеют в основном мономодальное распределение с плохой сортировкой. Три станции, расположенные ближе к берегу, характеризуются наличием песчанистой фракции до 20 % и более, с обломками пород гравийной размерности (рис. 3). По разрезам донных отложений гранулометрический состав разнообразен. В основном это пелитовые и алеврито-

вые разновидности. В некоторых кернах обнаружены турбидитные прослойки, сложенные частицами песчанистой фракции. В керне LV81-01GC на горизонте 160 сантиметров обнаружен слой тефры мощностью 1–2 мм. Частицы тефры прозрачные, преимущественно продолговатые с рваными концами, внутри – черные точки пирита. Размерность составляет 4–12 мкм.

Распределение плотности и влажности по длине кернов соответствует типичным закономерностям, к поверхности дна влажность увеличивается. Однако в некоторых кернах были слои обводненные и с малой плотностью, а также турбидитные слои, которые содержали всего 25 % влаги и имеют плотность 2.03 г/см^3 .

В полевых условиях было проведено сканирование кернов портативным рентгенофлуоресцентным спектрометром. В зависимости от цвета и структуры горизонтов донных отложений наблюдались различные геохимические аномалии. Турбидитные слои, толщиной более 0.5 мм, характеризовались пиками по цирконю. Коричневые слои содержат повышенные слои марганца, однако максимальные его концентрации обнаружены в нижних горизонтах серого цвета керн LV81-01GC. Пики мышьяка и серы в опреде-

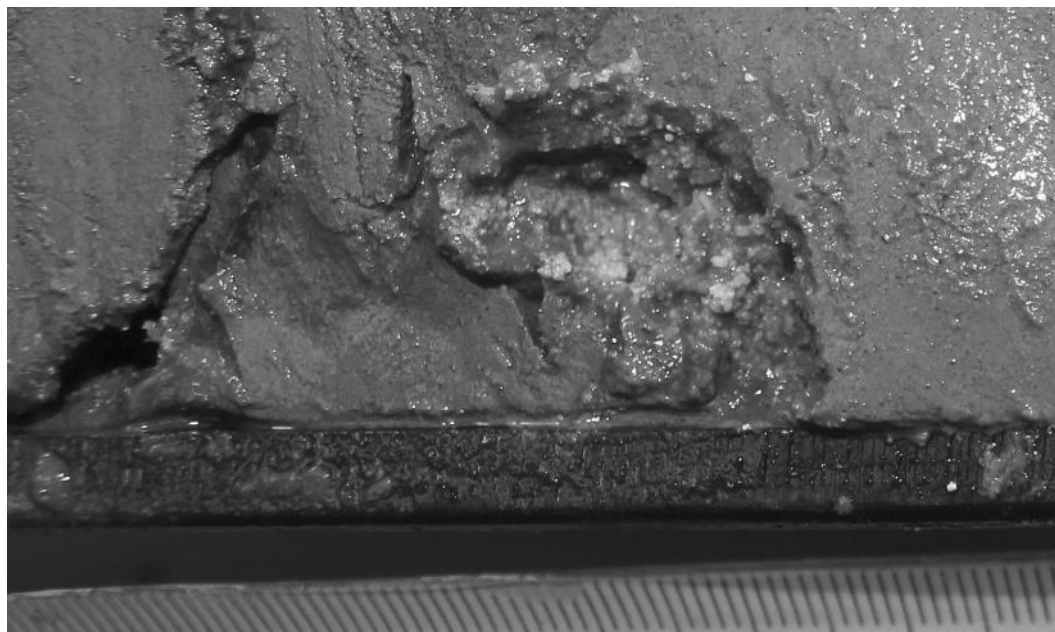


Рис. 4. Проявление аутигенной карбонатной минерализации (скопление белых зерен на фотографии) в керне донных отложений на Северном полигоне (станция LV81-59GC, положение – см. рис.3).

ленных горизонтах совпадают, что связано, скорее всего, с раннедиагенетическими процессами. В целом переход между пачками (горизонтами) осадков по цвету фиксируется в изменчивости целого ряда химических элементов. В керне LV81-15GC в забое обнаружен массивный слой тёмно-зелёного цвета, который содержит высокие концентрации железа более 10 %. Значение модуля $(Fe+Mn)/Ti$ составляет 45, что позволяет отнести осадки данного горизонта к металлоносным [5].

Пробы поверхностного горизонта (0–2 см) подготовлены и проанализированы по стандартной методике рентгенофлуоресцентного анализа. Результаты химического анализа представлены в таблице. В распределении элементов наблюдаются характерные закономерности, связанные с гранулометрическими характеристиками донных осадков и, вследствие этого, батиметрическим контролем. Железо, марганец и алюминий концентрируются преимущественно в илистых отложениях глубоких районов. Цирконий, наоборот, – в песчаных отложениях прибрежной зоны, хотя максимум обнаружен в глинистых отложениях самой глубоководной станции. Также наблюдаются положительные корреляционные зависимости с пелитовой фракцией алюминия, меди, цинка, мышьяка и иттрия; алевритами – серы, меди, цинка, свинца, бария, ртути; песком – кремния, калия, кальция, стронция, циркония. Эти корреляции объясняются вещественным составом донных осадков. Тонкие фракции, как правило, состоят из глинистых минералов,

грубообломочные – кварца, полевых шпатов, обломков горных пород и ракушечного детрита.

Обнаружена аутигенная минерализация в виде скопления желтовато-беловатых зерен (рис. 4) на континентальном склоне в районе Северного полигона. По результатам визуального осмотра, минеральное образование имеет схожие признаки с образцами икита, которые обнаруживались ранее в Японском или Охотском морях, но не имеет облика бипирамидального кристалла. Образец в настоящее время хранится в морозильной камере и подготавливается серия необходимых анализов (рентгеноструктурный и др.).

В донных осадках также исследованы нефтеокисляющие, метанотрофные и метаногенные микроорганизмы в двух районах до глубин 3600 м: северном замыкании Центральной котловины Японского моря и южном окончании Татарского трога. Обнаруженные абиссальные бактериальные сообщества за короткое время в условиях судовой лаборатории оказались способны переработать природную нефть. На основании проведенных микробиологических исследований показано: 1) 100 % изученных проб осадков содержат жизнеспособную микробиоту; рост метанотрофных бактерий наблюдался как на шельфовых, так и на глубоководных станциях (до 2800 м); 2) на ряде станций метанотрофы обнаружены не только в окисленном слое донных отложений, но и по всей длине керна (из 117 проб донных отложений в 38 был зафиксирован рост метанотрофов, что составляет 32.4 %); 3) в пробах, в которых были выявлены метанотрофные бакте-

Таблица. Статистические показатели концентраций химических элементов в поверхностном слое (0–2 см) донных отложений.

Элемент	Кол-во проб	Минимум	Максимум	Медиана	Среднее	Стандартное отклонение
Al, %	50	6.2	7.9	6.6	6.8	0.5
Si, %	50	24	31	28	28	2
S, %	50	0.178	0.695	0.496	0.493	0.116
K, %	50	1.6	2.4	1.8	1.9	0.2
Ca, %	50	0.38	3.16	0.65	0.79	0.47
Ti, %	50	0.24	0.40	0.29	0.30	0.04
Fe, %	50	2.4	5.4	3.5	3.5	0.4
Mn, %	50	0.02	1.73	0.41	0.39	0.37
Ni, мг/кг	50	19	100	47	50	19
Cu, мг/кг	50	6	57	34	33	12
Zn, мг/кг	50	60	122	100	98	14
As, мг/кг	50	6	57	13	14	7
Rb, мг/кг	50	91	133	100	101	7
Sr, мг/кг	50	133	360	168	173	43
Y, мг/кг	50	13	35	18	19	4
Zr, мг/кг	50	100	296	119	127	32
Nb, мг/кг	50	11	64	23	24	7
Pb, мг/кг	50	16	67	48	45	10
Ba, мг/кг	50	306	745	580	582	113
Hg, мкг/кг	50	10	52	27	27	10

Примечание. Рентгенофлуоресцентный метод; лаборатория геохимии осадочных процессов ТОИ ДВО РАН; аналитик К.И. Аксентов.

рии, увеличиваются численность органотрофных бактерий и интенсивность процессов денитрификации, сульфатредукции и деструкции $C_{орг.}$; 4) с увеличением глубины отбора проб ниже дна состав исследуемых экологотрофических групп имел тенденцию к снижению. В итоге экспедиции создан депозитарий микробиологических образцов и живых штаммов бактерий для исследования процессов газоокисления, нефтеокисления и газогенерации в осадочных отложениях и верхнем стометровом слое воды. Отобраны пробы для исследований поверхностноактивных веществ и их взаимосвязи с газовыми потоками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следует отметить, что в настоящее время морские геолого-геофизические исследования ориентированы в значительной степени на исследования Арктики. В таких условиях изучение Дальневосточных морей становится менее приоритетным, хотя в настоящее время существует объективная необходимость подтверждения экономических и геополитических интересов России в данном регионе, для чего необходимо проведение комплексных научных исследований в Японском, Охотском и Беринговом морях. В настоящее время глубоководные исследования становятся особенно актуальными в связи с необходимостью исследования их минерального и климатического потенциала. Поэтому в последующие годы ТОИ ДВО РАН

продолжит системные комплексные геолого-геофизические исследования дальневосточных морей.

Полученные результаты убедительно показывают, что некоторые районы Японского моря до сих пор изучены недостаточно в геолого-геофизическом и геохимическом отношении. Результаты проведенных экспедиционных исследований показывают, что вопросы тектогенеза, глубинного строения, вулканизма и газоносности в зонах сочленения геоструктур Японского моря нуждаются в существенном уточнении. Полученные данные имеют важное значение для исследования глубинного строения Японского моря, истории его развития и для прогноза распространения газогидратов на российском континентальном склоне.

Авторы благодарны заведующей кафедрой почвоведения школы естественных наук ДВФУ, к.б.н., доценту Ольге Владимировне Нестеровой за предоставленное газоаналитическое оборудование PicaGo G2311-f, PicaGo G2508 для анализа содержащихся в атмосфере парниковых газов. Эти данные будут представлены в отдельной статье.

Экспедиционные работы проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России (ранее ФАНО) в рамках Госзадания ТОИ ДВО РАН: Тема 3 (№ АААА-А17-117030110032-3); Тема 7 (№ АААА-А17-117030110033-0); Тема 8 (№ АААА-А17-117030110035-4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безверхний В.Л., Берсенев И.И., Ващенко Н.Г., Горювая М.Т., Леликов Е.П., Цой И.Б. Геологическое строение северного замыкания Центральной глубоководной котловины Японского моря // Тихоокеан. геология. 1988. Т. 7, № 4. С. 15–22.
2. Берсенев И.И., Леликов Е.П., Безверхний В.Л., Ващенко Н.Г., Съедин В.Т., Терехов Е.П., Цой И.Б. Геология дна Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 140 с.
3. Геологическая карта дна Японского моря. 1:2 500 000 / И.И. Берсенев, Л.И. Красный. М.: Мингео СССР, 1988.
4. Геологическая карта Приморского края. 1:1 000 000 / Л.Ф. Назаренко. М.: Мингео СССР, 1986.
5. Гуревич Е.Г. Металлоносные осадки Мирового океана. М.: Науч. мир, 1998. 338 с.
6. Карнаух В.Н. Рельеф дна северо-западной части Японского моря // Геоморфология. 2010. № 1. С. 42–51.
7. Леликов Е.П., Терехов Е.П. Палеозойские породы складчатого фундамента северной части Японского моря // Океанология. 1988. Т. 28, Вып. 2. С. 271–279.
8. Шакиров Р.Б. Газогеохимические поля окраинных морей Дальневосточного региона: распределение, генезис, связь с геологическими структурами, газогидратами и сейсмотектоникой: Дис. ... д-ра геол.-минер. наук. Владивосток, 2015. 277 с.

Рекомендована к печати И.Б. Цой

после доработки 4.02.2019 г.

принята к печати 13.03.2019 г.

M.G. Valitov, R.B. Shakirov, A.V. Yatsuk, Z.N. Proshkina, N.S. Lee, K.I. Aksentov, A.I. Obzhirov, V.T. S'edin, A.L. Ponomareva, V.N. Karnaukh

Integrated geological-geophysical, gas-geochemical and oceanographic researches in the Sea of Japan and the Tatar Strait in the 81 cruise of the r/v «Akademik M.A. Lavrentiev»

The paper presents the primary results of integrated geological and geophysical studies in the Sea of Japan, in the area of the northern closure of the Central Basin, obtained in the 81-st cruise of the R/V «Akademik M.A. Lavrentiev». Characteristics of bathymetric, gravimetric, magnetometric, lithological, microbiological and gas-geochemical studies are given. The relief and structure of the Vityaz and Alpatov Rises and volcanic abyssal mountains have been improved. A new morphostructure, the Lavrentiev Elevatio, was separated from the continent from geophysical evidence.

***Key words:* marine research, geophysics, geology, microbiology, gasochemisrty, lithology, the Sea of Japan.**