

ХРОНИКА

УДК 550.83: (26) + 550.42 + 551.35] (265.54)

**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В
ЯПОНСКОМ МОРЕ В РЕЙСЕ № 45 НИС «ПРОФЕССОР ГАГАРИНСКИЙ»
(ОКТАБРЬ–НОЯБРЬ 2009 Г.)**

***А.С. Астахов, К.И. Аксентов, О.В. Белоус, Т.А. Гуленко, А.Ю. Жуковин,
В.Н. Карнаух, О.С. Яновская***

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

Поступила в редакцию 27 марта 2010 г.

Приведены предварительные результаты работ в заливе Петра Великого Японского моря, выполненные в 45 рейсе НИС «Профессор Гагаринский» в октябре–ноябре 2009 г. Проведена геофизическая съемка (эхологирование, непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСП), магнитометрия) на внешнем шельфе с детализацией в двух районах (Гамовский каньон, каньон Елиашевича). При помощи STD-зонда проведено измерение гидрохимических и гидрофизических параметров водной толщи, отобраны пробы воды на стандартных гидрологических горизонтах и изучены их основные гидрохимические параметры, определено содержание ртути в нижнем слое атмосферного воздуха, отобраны пробы донных осадков.

Ключевые слова: Залив Петра Великого, Японское море, Гамовский каньон, шельф, геологическое строение, водные массы, радионуклиды, ртуть, метан.

Экспедиция 45 рейса НИС «Профессор Гагаринский» проводилась в соответствии с планом научных исследований ДВО РАН и Государственным планом морских экспедиций на 2009 г. Целью экспедиции являлась оценка влияния современных геологических процессов и антропогенной деятельности, в том числе проведенных в КНДР в мае 2009 г. ядерных испытаний, на природную среду шельфа и континентального склона Японского моря. Для выполнения рейса было получено разрешение Федерального Агентства по науке и инновациям РФ на проведение морских научных исследований в исключительной экономической зоне и внутренних водах Российской Федерации № 43 от 9 апреля 2009 г. с перенесением сроков экспедиции (письмо № 01-885 от 04.09.2009 г.). Финансирование экспедиции осуществлялось за счет целевой поддержки Президиума ДВО РАН и РФФИ (грант 09-05-02114-э_к).

Задачи экспедиции:

- выполнение гидрологических, гидрохимических, газогеохимических и геолого-геофизических исследований в продолжение геоэкологического мониторинга залива Петра Великого;

- выяснение особенностей морфологии и геологического строения морского дна и его деформаций в рай-

онах активных геологических структур, выраженных в рельефе (Гамовский каньон, каньон Елиашевича);

- изучение содержания ртути в нижнем слое атмосферного воздуха для оценки ее трансграничного атмосферного переноса и эмиссии с водной поверхности;

- мониторинг потоков метана и его аномальных полей;

- отбор проб донных осадков и изучение содержания в них токсичных и радиоактивных веществ.

МЕТОДИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ

Рейс проводился в два этапа. В первом этапе выполнялась геофизическая съемка акватории, сопровождающаяся эхолотным промером и измерением содержания ртути в нижнем слое атмосферного воздуха. Во втором этапе были выполнены гидрологические, гидрохимические, газогеохимические и геологические исследования на станциях, а также промерные работы на отдельных участках, сопровождавшиеся измерением физико-химических характеристик поверхностных вод и ртутнометрическими измерениями в воздухе (рис. 1).

Батиметрические измерения проводились с использованием штатного глубоководного эхолота ГЭЛ-3 и эхолота Furuno FCV 292. Навигационная система ра-

ботала независимо от штатных судовых средств определения местоположения в непрерывном режиме в течение всего рейса. Точное время, координаты, курс и скорость судна каждые 2 секунды передавались на базовый компьютер. Данные от спутниковых навигационных приемников и эхолотного промера синхронизировались и регистрировались специально разработанной программой для персонального компьютера.

Непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСП) выполнялось буксируемым высокочастотным профилографом с пьезоэлектрическими источниками “GeoPulse Subbottom Profiler”, предназначенного для изучения строения верхней части осадочного чехла, на глубину до 50 м. Заявленная производителем детальность исследования может достигать 8 см. Для формирования сигнала использовался блок излучения “GeoPulse Transmitter, Модель 5430A”. Частота излучаемого сигнала может выбираться в диапазоне 2–12 КГц, длительность сигнала составляет от 1 до 32 циклов выбранной частоты, а его энергия равна 10 кВт при 0.75% наполнения циклов. При проведении работ использовался сигнал с частотой 3.5 КГц. Длина сигнала равна 2 циклам выбранной частоты. Выходная энергия сигнала подбиралась в зависимости от глубины моря и строения донных осадков и изменялась в диапазоне от 30% до 50%. Частота посылок подбиралась в зависимости от

глубины моря и изменялась от 1 до 10 излучений в секунду.

Магнитометрические исследования выполнялись морским протонным магнитометром МБМ-1 (НПО “Рудгеофизика”). Измерительное устройство магнитометра буксировалась на кабеле длиной 150 метров с кормы судна. Полученные данные вводились в ПК по протоколу RS-232 устройством ввода, разработанным и изготовленным в лаборатории магнитометрии ТОИ ДВО РАН. Отфильтрованные данные сглаживались и совмещались по времени с координатами. По координатам и времени, используя международную модель IGRF 2010 года, вычислялось нормальное магнитное поле Земли. Аномалии магнитного поля вычислялись путем вычитания из измеренных данных нормального магнитного поля.

Пробы донных осадков отбирались дночерпателем “Океан”.

Гидрофизические и гидрохимические исследования (рН, общая щелочность, карбонатная щелочность, растворенный кислород, силикаты, фосфаты, хлорофилл) проводились с отбором проб воды с разных глубин на гидрологических станциях, и путем регистрации температуры, солёности, концентрации хлорофилла и параметра щёлочности по ходу следования судна с использованием стационарной системы прокачки заборной

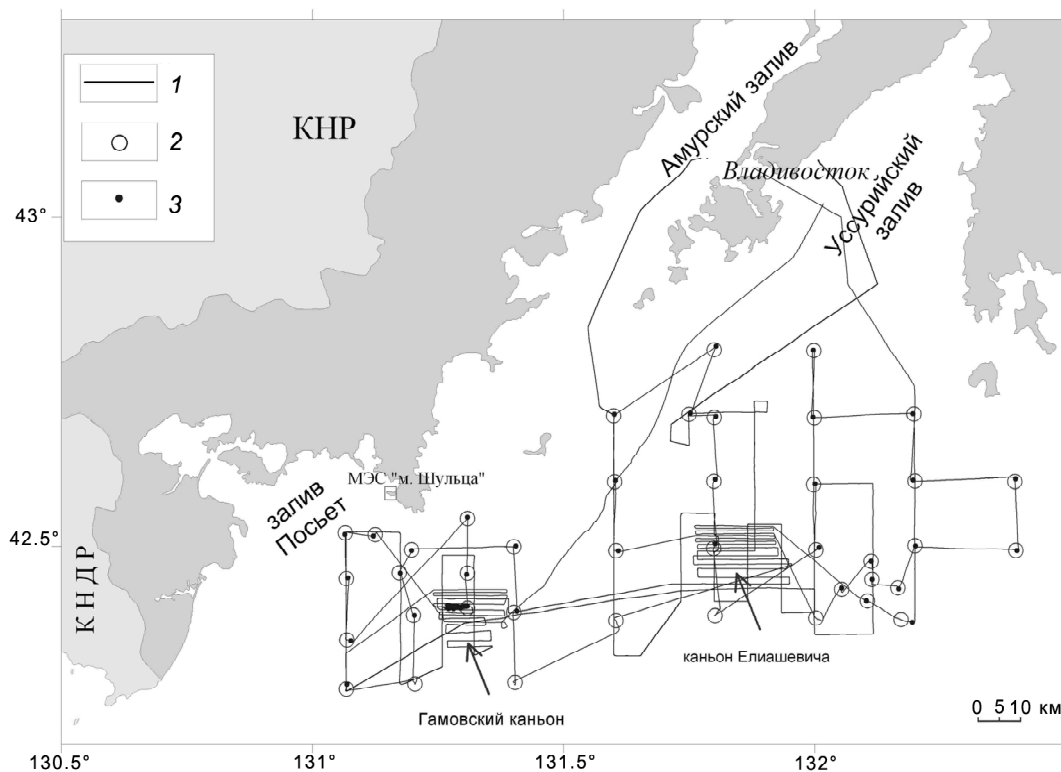


Рис. 1. Схема маршрута плавания 45 рейса НИС “Профессор Гагаринский” (27 октября–10 ноября 2009 г.).

1 – галсы геофизических и гидрохимических измерений; 2 – гидрологические станции; 3 – станции отбора проб донных осадков.

воды с глубины 4 м от поверхности. Было задействовано следующее оборудование: пробоотборное устройство SBE 55 ECO Water Sampler, с шестью 4-х литровыми батометрами Нискина, CTD профилограф SBE 19plusV2 SEACAT PROFILER, термосолеграф SBE 45 для непрерывных измерений температуры и солёности воды по ходу движения судна с одновременной регистрацией текущих координат от GPS Garmin128, оптический флюорометр 10-AU-005-CE для измерений содержания хлорофилла-А в воде, комплекс аппаратуры для определения щелочности, растворенного кислорода, биогенных элементов (фосфаты, силикаты, хлорофилл-А), солёности и растворенных газов в пробах воды на борту судна.

Определение содержания ртути в воздухе выполнялось с помощью ртутного анализатора РА-915+ (ЛЮ-МЕКС, СПб) основанного на дифференциальной атомно-абсорбционной спектроскопии с зеемановской коррекцией неселективного поглощения. При компьютерной регистрации данная система осуществляет непрерывные измерения с дискретностью 1 сек, что позволяет путем осреднения данных (300 сек.) получить предел обнаружения 0.3 нг/м^3 . Содержание ртути в воздухе измерялось по маршруту следования судна на двух горизонтах: в приводном слое (1.5 м от поверхности воды) и на высоте 9 м от поверхности моря.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕДИЦИИ

Выполнен большой объем геофизического профилирования (480 км НСП, 520 км магнитометрии) и эхолотирования на шельфе и материковом склоне залива Петра Великого, в том числе ранее здесь не выполнявшееся геоакустическое зондирование с высокой разрешающей способностью. Дополнена цифровая карта рельефа дна залива, составлены детальные цифровые карты двух участков с наиболее активными геодинамическими процессами: Гамовский каньон (рис. 2) и серии подводных долин на склоне центральной части (разлом Елиашевича).

Установлено, что перенос осадков в центральной и восточной частях залива контролируется эрозионным каналом, который начинается в Уссурийском заливе и прослеживается в южном направлении. В западной части залива (зал. Посьет) подтвержден факт интенсивного поступления осадочного материала со стороны суши в голоцене. На это указывает существование фации косолоистого бокового наращивания, широко распространенной в осадках в районе бровки шельфа. Изучено строение осадков в ряде подводных долин и каньонов. Установлено, что молодые осадки в вершинной части каньона Елиашевича облекают нижележащий рельеф, что указывает на седиментацию в спокойной обстановке. На склонах Гамовского каньона, наоборот, широко развиты оползни. На его восточном борту и на участках

материкового склона рядом с ним, обнаружены следы современной тектонической активности, результатом чего является постседиментационное оползание части осадочного чехла (рис. 3).

Пополнена база данных по геомагнитному полю верхней части материкового склона. В восточной части исследуемого района знакопеременное геомагнитное поле характеризуется высокоградиентными аномалиями субпараллельными простиранию основных морфоструктур, отражающими не только тектонические нарушения, но и локальные участки в фундаменте и осадочной толще, насыщенные вулканогенным материалом, предположительно эффузивами. В восточной части исследуемого района локальные аномалии малоамплитудные, имеют мозаичную структуру. Определение их природы затруднено так как в этом районе развиты немагнитные осадки, сглаживающие аномальный эффект от кристаллического фундамента.

В пробах донных осадков изучено содержание ртути и радиоактивных изотопов свинца и цезия (рис. 4А – 4В). Подавляющее большинство проб отобрано на внешнем шельфе, где повсеместно на поверхность дна выходят реликтовые пески. Вследствие того, что исследуемый район является зоной транзита и современное осадконакопление практически не происходит, а данные элементы накапливаются в современных осадках, концентрации их в изученных пробах минимальны. Лишь самые глубоководные осадки, представленные современными илами, имеют повышенные содержания всех трех указанных элементов. В поверхностном слое реликтовых песков восточной части исследуемого района несколько повышено содержание искусственного изотопа ^{137}Cs , что, вероятно, связано с выносами из загрязненных районов залива Стрелок и восточного побережья Уссурийского залива.

Выполнена крупномасштабная гидрофизическая и гидрохимическая съемка водной массы внешнего шельфа залива Петра Великого в период смены муссона и начала формирования на внешнем шельфе холодной поверхностной водной массы. В результате выявлено проникновение холодных соленых морских вод на шельф в центральной части залива, формирование резко различных по термосолевному режиму водных масс в западной и центральной частях залива, дана их характеристика по ряду физико-химических показателей (рН, общая щелочность, карбонатная щелочность, растворенный кислород, силикаты, фосфаты, хлорофилл, растворенный метан).

Обнаружено относительно устойчивое аномальное поле метана в придонном слое вод западной части залива к западу от мыса Гамова и верховьев Гамовского каньона (рис. 4Г), с концентрациями, превышающими фоновые значения в 5 раз (430 нл/л). В поверхностном слое морской воды содержания метана значительно

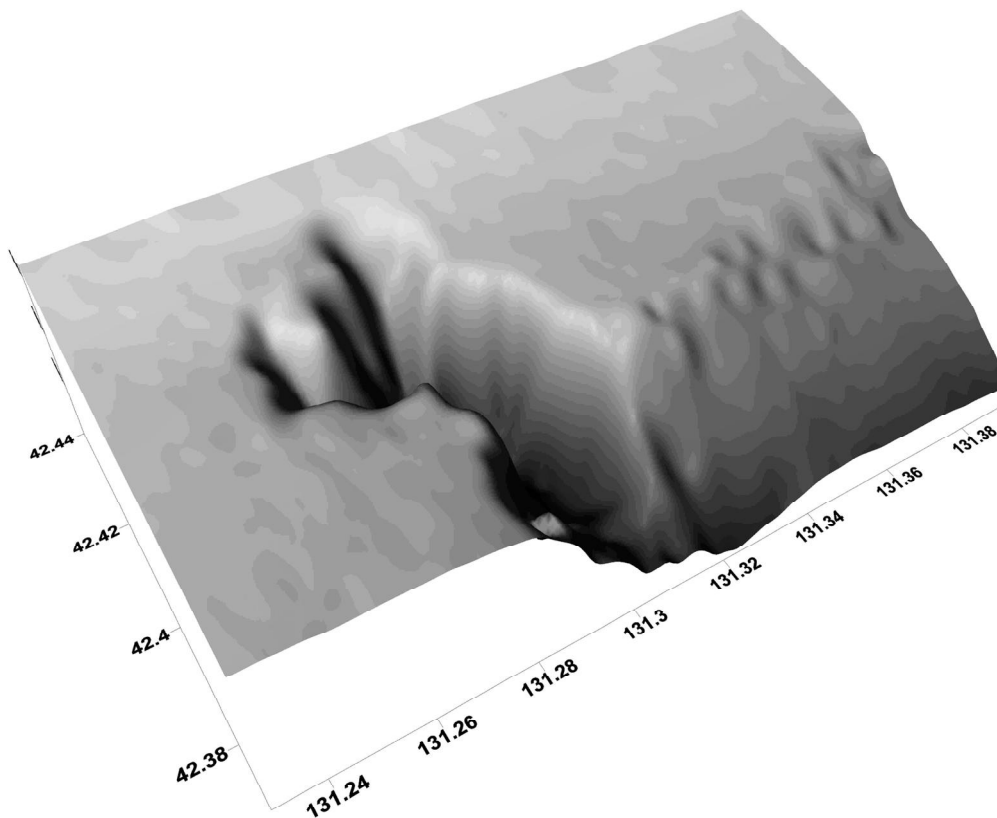


Рис. 2. Трехмерное изображение рельефа Гамовского каньона. Вид с юго-запада.

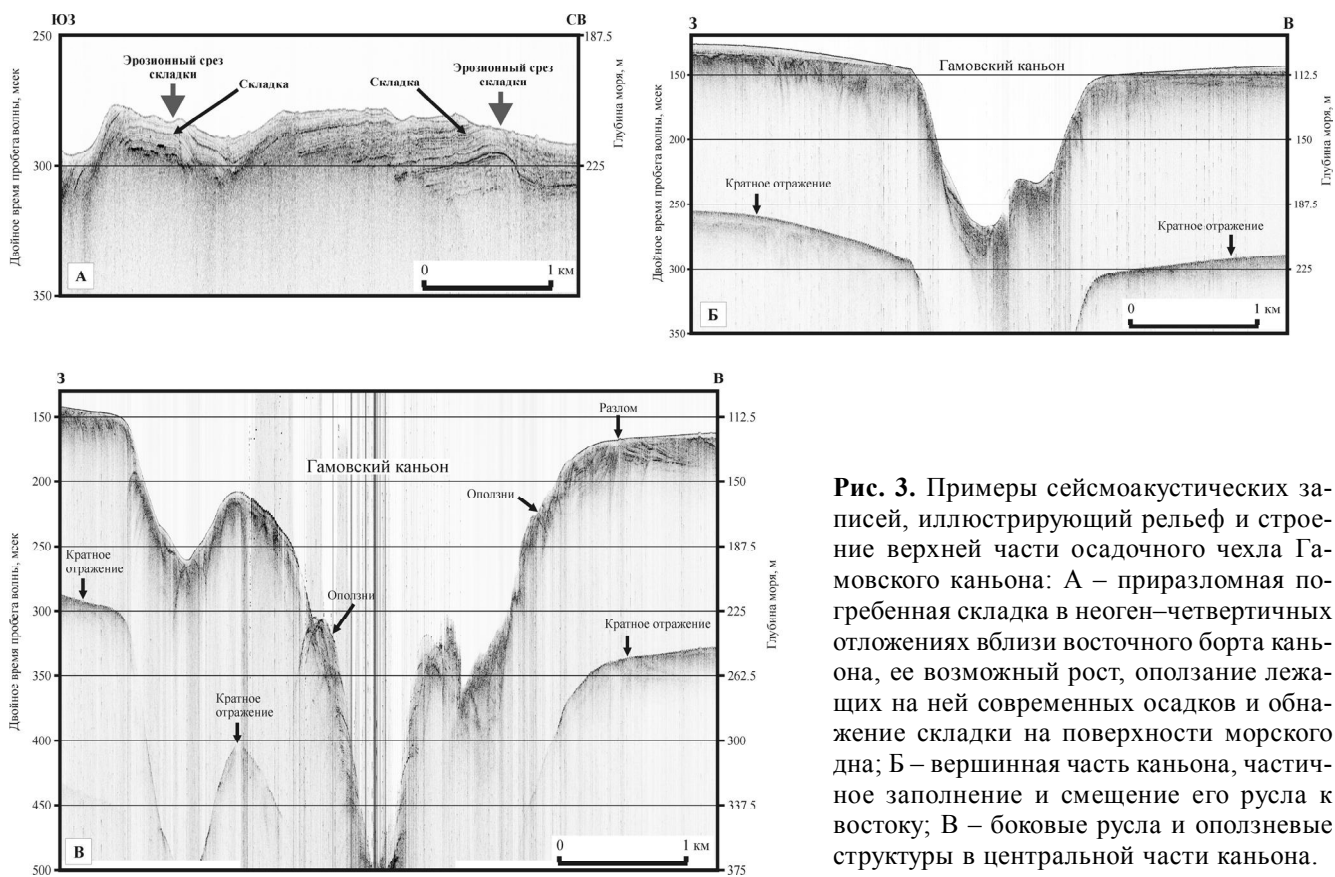


Рис. 3. Примеры сейсмоакустических записей, иллюстрирующий рельеф и строение верхней части осадочного чехла Гамовского каньона: А – приразломная погребенная складка в неоген–четвертичных отложениях вблизи восточного борта каньона, ее возможный рост, оползание лежащих на ней современных осадков и обнажение складки на поверхности морского дна; Б – вершинная часть каньона, частичное заполнение и смещение его русла к востоку; В – боковые русла и оползневые структуры в центральной части каньона.

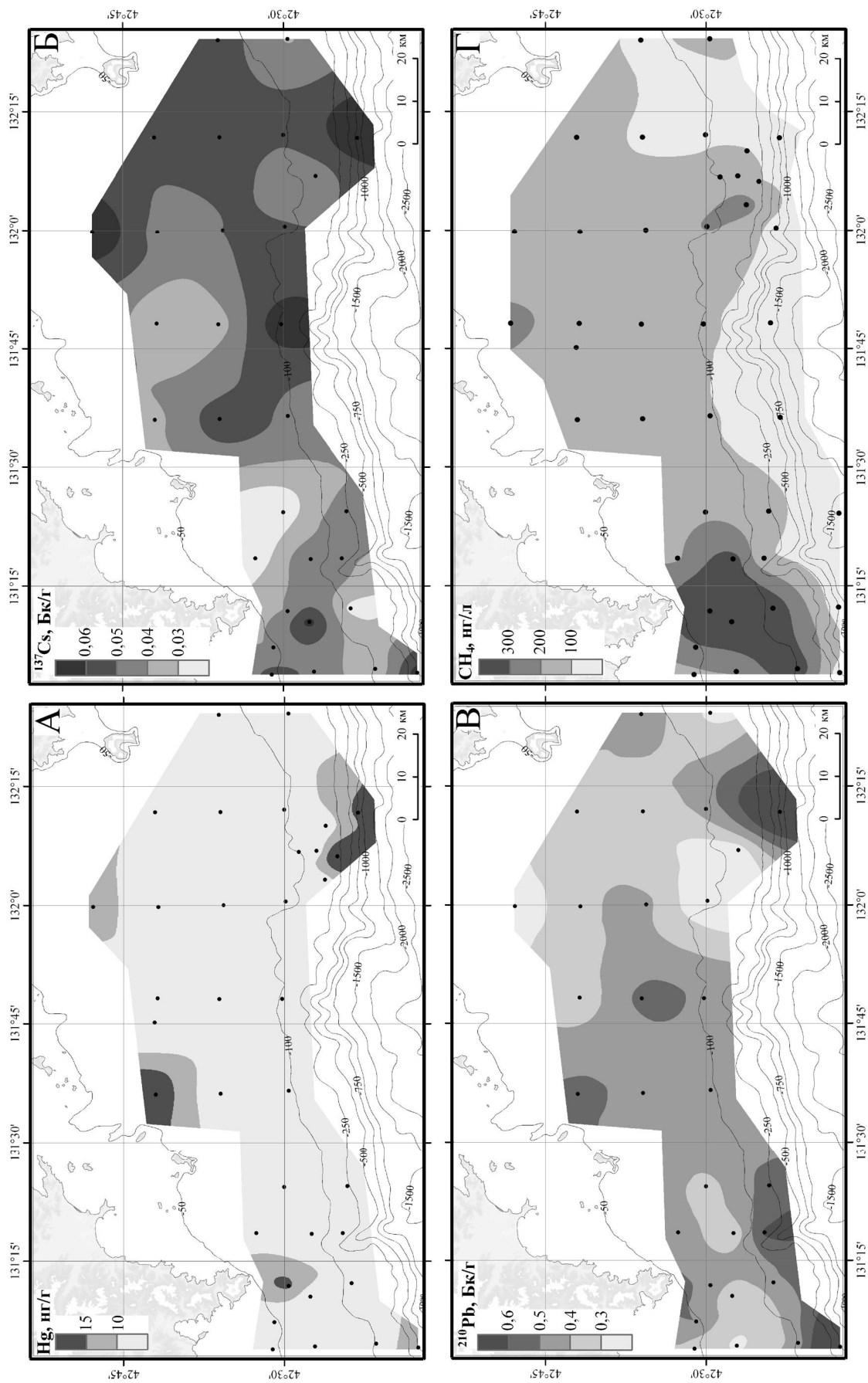


Рис. 4. Распределение токсичных элементов (А–В) в поверхностном слое донных осадков и метана в придонном слое воды (Г) и залива Петра Великого: А – ртуть, нг/г; Б – искусственный радиоактивный изотоп цезия (¹³⁷Cs), Бк/г; В – природный радиоактивный изотоп свинца (²¹⁰Pb), Бк/г; Г – метан, нл/л.

меньше, чем в придонном, и зоны повышенных концентраций несколько смещены относительно придонных максимумов.

Установлено высокое среднее содержание ртути в верхнем горизонте нижнего слоя атмосферного воздуха ($2.5\text{--}3.5\text{ нг/м}^3$) в западной части залива, что в 1.5–2 раза выше среднего в незагрязненных районах дальневосточных морей. Это подтверждает данные моделирования и прежних натуральных наблюдений о трансграничном атмосферном переносе антропогенной ртути из урбанизированных районов Кореи и Северного Китая на восток. Выявлено резкое увеличение содержания ртути в воздухе (до 6.5 нг/м^3) и установлен ее восходящий поток от поверхности моря в периоды понижения атмосферного давления. Возможно, это связано с переходом части растворенных в морской воде газов в газообразное состояние, с выходом пузырьков, выносящих также и ртуть, в воздух при понижении атмосферного давления.

По результатам экспедиции следует отметить выявленные специфические геоэкологические условия в районе Гамовского каньона. Здесь установлены многочисленные признаки современной геологической активности: разломы и складки в молодых отложениях, оползни и скопления переотложенных осадочных масс на восточном склоне, повышенные содержания метана в придонных водах. Некоторые из этих явлений отмечались и ранее, например активные склоновые процессы на восточном борту Гамовского каньона [1] или повышенное содержание метана в придонных водах залива Посъет, недалеко от каньона [2]. Однако в октябре–ноябре 2009 г. они оказались намного масштабнее, и их удалось увязать с конкретными геологическими структурами. Кроме того, установлено заиливание днища каньона, вероятно перекрытого оползнем, а из русла бокового притока подняты отложения, составленные из комков осадков и обломков

осадочных пород, оползших со склона. Указанное свидетельствует об активизации геодинамических процессов в данном районе в последние время, возможно, даже, в 2009 году. Восточнее, в изучавшемся в экспедиции каньоне Елиашевича эти процессы не были установлены, поэтому появляется основание увязывать активизацию геологических и геоморфологических процессов в Гамовском каньоне с деформациями земной коры, возможным при ядерном подземном взрыве, произведенном КНДР 25 мая 2009 г. Он был произведен в 150 км к западу от Гамовского каньона и зафиксирован комплексом геофизических приборов на МЭС “м. Шульца”. Имеющиеся данные пока не позволяют однозначно сопоставить эти явления, но могут служить основанием для постановки дальнейших наблюдений.

После камеральной обработки полученных в экспедиции материалов будет дана характеристика водных масс залива Петра Великого в период смены муссона и начала формирования на внешнем шельфе холодной поверхностной водной массы, детализировано геологическое строение отдельных участков и определены преобладающие современные геологические процессы, дана оценка геоэкологических условий на большой акватории. Полученные результаты позволят пополнить базы данных и после изучения полученных проб неоген–четвертичных отложений, построить детальные разрезы верхней части осадочного чехла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астахов А.С., Васильев Б.И. Динамика современного осадконакопления и история развития Большого Гамовского каньона (Японское море) по результатам подводных наблюдений // Тихоокеан. геология. 1985. № 4. С. 13–18
2. Мишукова Г.И., Мишуков В.Ф., Обжиров А.И. Особенности проявления метана в придонных водах на территории Приморского края России // Вестник ДВО РАН. 2009. № 6. С. 50–54

A.S. Astakhov, K.I. Aksentov, O.V. Belous, T.A. Gulenko, A.Yu. Zhukovin, V.N. Karnaukh, O.S. Yanovskaya

Geological and geocological research in the Sea of Japan in Cruise 45 of the R/V “Professor Gagarinskiy” (October–November 2009)

The paper presents preliminary results of work in Peter-the-Great Bay (sea of Japan), executed in Cruise 45 of the R/V “Professor Gagarinskiy” in October–November 2009. Geophysical survey (echo-sounding, single-channel profiling, and magnetometry) at the outer shelf with detailing in two areas (Gamov Canyon, Yeliashevich Canyon) were carried out. CTD probing of the water column was executed, the water samples on standard hydrological horizons were taken, their main geochemical parameters were studied, and mercury content in the overwater layer of ambient air was determined; samples of bottom sediments were taken.

Key words: Peter-the-Great Bay, Sea of Japan, Gamov Canyon, shelf, geological structure, water masses, radionuclides, mercury, methane.