

ХРОНИКА

DOI: 10.30911/0207-4028-2020-39-3-104-109

УДК 550.83:550.84:551.465 (265.54)

**КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ, ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ И  
ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЯПОНСКОМ МОРЕ И ТАТАРСКОМ  
ПРОЛИВЕ В 85-ОМ РЕЙСЕ НИС «АКАДЕМИК М.А. ЛАВРЕНТЬЕВ»**

*М.Г. Валитов, Н.С. Ли, А.В. Яцук, З.Н. Прошкина, А.Л. Пономарева, В.В. Калинин,  
С.П. Плетнев, Е.Н. Марьина, А.И. Обжиров, Р.Б. Шакиров, Д.А. Швалов, М.А. Бовсун*

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

Поступила в редакцию 30 декабря 2019 г.

В работе приведены краткие результаты комплексных исследований в южной части Татарского пролива и северной части Японского моря, полученные в 85-ом рейсе НИС «Академик М.А. Лаврентьев», 2019 г. Дана характеристика батиметрических, гравиметрических, магнитометрических, гидрологических, литологических, микробиологических и газогеохимических исследований. Уточнен рельеф дна, получены новые распределения геофизических полей, уточнен газогеохимический фон, определены виды фораминифер в донных отложениях, выявлены биоиндикаторные (бактериальные) виды и описано распределение основных экологотрофических групп, обнаружено аномальное распределение вод в южной части Татарского пролива, выполнен большой объем гидрологических, метеорологических и атмосферических наблюдений на акватории исследуемого района.

**Ключевые слова:** морские исследования, гравиметрия, магнитометрия, газогеохимия, микробиология, парниковые газы, литология, гидрология, Татарский пролив, Японское море.

**ВВЕДЕНИЕ**

Экспедиция 85-го рейса НИС «Академик М.А. Лаврентьев» организована Тихоокеанским океанологическим институтом им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук (ТОИ ДВО РАН) для выполнения комплексных геолого-геофизических, газогеохимических и океанографических исследований на северном замыкании Центральной котловины Японского моря и в Татарском проливе с целью реконструкции условий и определения механизмов формирования морфоструктур этих регионов, изучения глубинного строения земной коры исследуемой акватории, корреляции распространения газо-флюидных потоков с сетью тектонических разломов, изучения условий формирования залежей газогидратов, исследования состояния геосфер (фоновое и аномальное), а также для оценки современной активности геологических процессов.

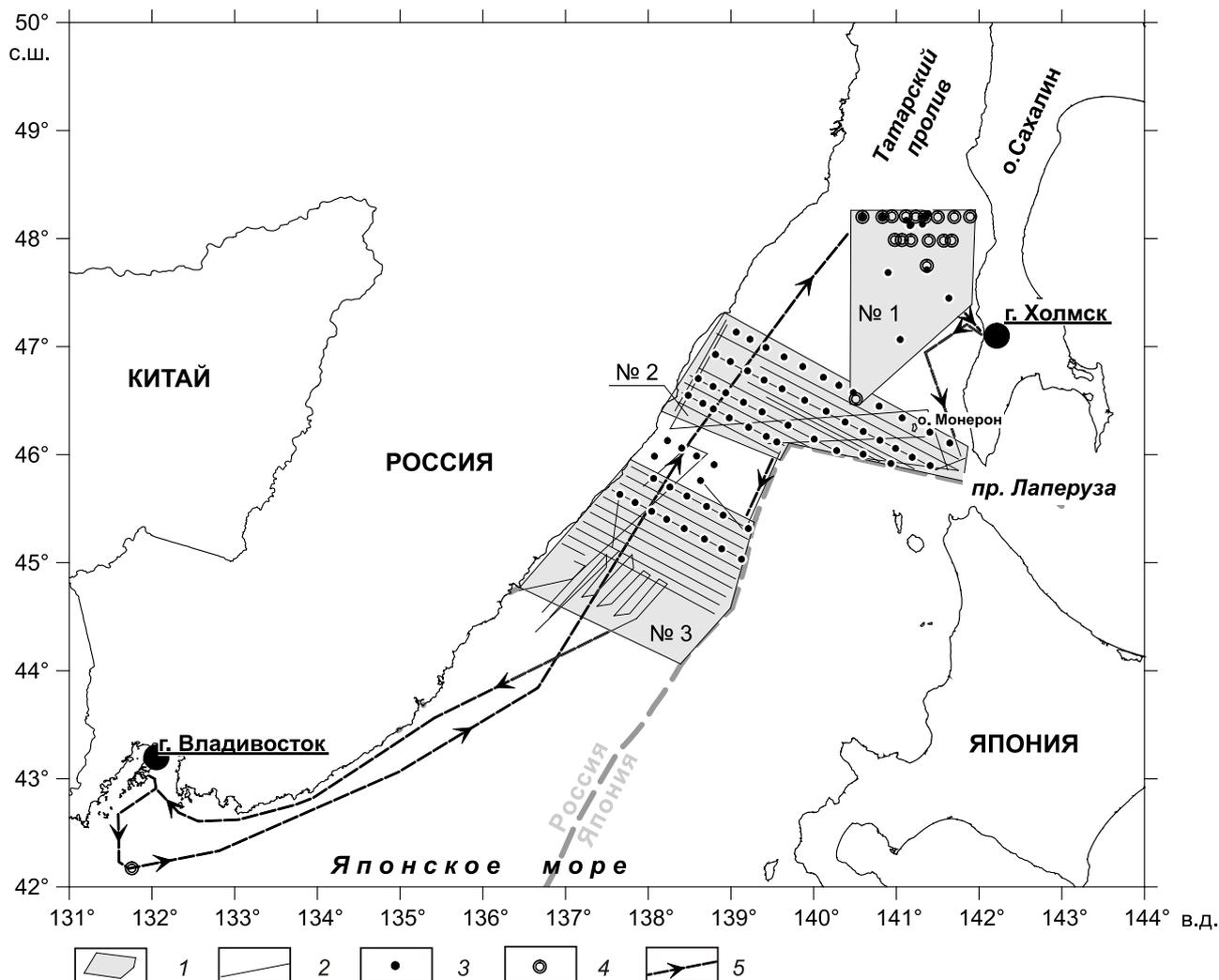
Исследования выполнялись в период с 18 мая по 24 июня 2019 г. и проходили в два этапа. На пер-

вом этапе научный состав экспедиции состоял из 21 сотрудника ТОИ ДВО РАН, 2 студентов ДВФУ и 7 японских исследователей из Лаборатории газовых гидратов Университета Мэйдзи (г. Токио, Япония). Во втором этапе приняли участие 12 сотрудников ТОИ ДВО РАН и 2 студента ДВФУ.

Данная экспедиция стала завершающей в цикле 3-х летних геолого-геофизических исследований ТОИ ДВО РАН, выполнявшихся на судах Минобрнауки РФ: НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (рейс № 81) и «Академик Опарин» (рейсы №№ 54, 55), и позволила объединить предыдущие исследования 2017–2018 гг. в единый полигон [1–3].

**МЕТОДИКА РАБОТ**

Экспедиционные исследования проводились на 3-х полигонах в два этапа. Географически район работ охватывал акваторию от 43°03' до 48°16' с.ш., которая с запада ограничена берегом Приморья, а с востока – о. Сахалин и границей экономической зоны России. Первый полигон находился в центральной части Та-



**Рис. 1.** Карта-схема маршрута исследования и расположения полигонов работ в рейсе № 85 НИС «Ак. М.А. Лаврентьев», 18 мая–24 июня 2019 г.

1 – полигоны работ, 2 – профили геофизической съемки, 3 – станции геологического опробования, 4 – гидрологические станции, 5 – маршрут движения судна.

тарского пролива на западном склоне острова Сахалин, второй – в южной части Татарского пролива от широты о. Монерон до траверза пролива Лаперуза, третий – в северной части Японского моря. Расположение района работ и маршрута плавания представлено на рисунке 1.

На первом этапе было выполнено геологическое и гидрологическое опробование с целью выполнения газогеохимических, гидрологических, литологических и микробиологических исследований. Во втором этапе работы начинались с батиметрической и геофизической съемки (гравиметрические и магнитометрические измерения) вдоль заранее намеченных профилей. После завершения этих работ и оперативного анализа батиметрических и геофизических данных

выбиралось положение и количество станций геологического опробования. На станциях выполнялось: отбор проб и литологическое описание осадков, извлечение газа из проб керна донных осадков, напорный газохроматографический анализ и микробиологические исследования.

Попутно на ходу судна выполнялись гидрологические и газогеохимические исследования поверхностного слоя воды; непрерывные метеорологические наблюдения; атмосферические измерения содержания атомарной ртути, метана, углекислого газа и паров воды в приводном слое атмосферы с помощью лазерных газовых анализаторов Picarro G2311-f и атомно-абсорбционных анализаторов Pa-915+. Задействованный в экспедиции комплекс методов позволил иссле-

довать содержание парниковых газов ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ) сразу в трех геосферах: литосфере, гидросфере и атмосфере.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На первом полигоне, в центральной части Татарского пролива, было выполнено 13 отборов керн из верхней части осадочного чехла, 2 драгирования участков выхода газовых факелов и 20 гидрологических станций с отбором воды на газогеохимические и радиологические исследования. Места океанологических станций выбирались на уже опробованных ранее участках с целью изучения изменчивости океанологических и геохимических процессов. Все работы сопровождались эхолотным промером, определением температуры и солености приповерхностного слоя воды и атмосферическими наблюдениями.

В результате получен новый сравнительный материал по особенностям строения осадочной толщи на предмет влияния метановых эманаций и расщиповки процессов образования газовых гидратов, времени проявления метановых сипов. Подтверждена стабильность существования газогидратных проявлений в Татарском проливе в течение длительного периода времени с момента их обнаружения в 2012 г. на конкретных участках морского дна, однако интенсивность газовой разгрузки изменилась. Гидрологическими исследованиями установлено наличие в толще вод Татарского пролива линз аномально теплой воды, являющихся апофизами теплого Цусимского течения. Этот вывод подтверждает обнаружение тепловодных планктонных фораминифер в субарктических водах Татарского пролива и объясняется их переносом в летний сезон из Корейского пролива мощным теплым Цусимским течением. Наличие раковин экваториально – тропического вида *Globigerinoides ruber* и субтропической формы *Globorotalia inflata* в осадочных разрезах и степень их участия в ископаемом комплексе фораминифер с позиций актуализма может быть хорошим индикатором проникновения Цусимского палеотечения в исследуемый район.

Полученные данные распределения газогеохимических полей в водной толще Татарского пролива хорошо коррелируются с аномалиями в донных осадках и с зонами активной флюидной разгрузки. Доминирующее значение на возникновение придонных газогеохимических аномалий углеводородных газов имеют плотность распределения и активность подводных геологических источников (разломы, газовые факелы, выходы грунтовых вод, газогидраты, газонасыщенные осадки и др.)

Во втором этапе экспедиции исследования проводились в южной части Татарского пролива и Татарском троге. Здесь, на втором и третьем полигонах,

выполнялись геофизические, газогеохимические и микробиологические исследования по сети профилей преимущественно северо-западного и юго-восточного направлений. Выполнено более 3604 миль гравиметрической и магнитометрической съемок, отобрано 50 кернов осадка. Все работы сопровождались определением температуры и солености приповерхностного слоя воды и атмосферическими наблюдениями. Эхолотный промер прекратился на третьем полигоне по причине поломки штатного научно-исследовательского эхолота.

Анализ геофизических полей показывает сложную картину глубинного строения исследуемой акватории в сравнении с относительно простым строением рельефа дна. На обоих полигонах, как в магнитном, так и гравитационном поле отчетливо выделяется граница распространения под акваторию Японского моря и Татарского пролива структур Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса (ВСАВП) [4, 5]. Эту границу контролирует мощная разломная зона, протягивающаяся практически параллельно побережью. В центральной части Татарского трога развиты прогибы фундамента, заполненные осадочными и, судя по положительным аномалиям магнитного поля, вулканогенно-осадочными отложениями. В восточной части акватории в аномалиях геофизических полей отчетливо выделяются структуры Сахалино-Хоккайдского борденленда, Монеронское поднятие и Ребуно-Монеронская разломная зона (рис. 2, а–в). Полученный геофизический материал позволит качественно провести моделирование глубинного строения земной коры акватории, выделить области распространения деструктивных процессов, приведших к образованию Татарского трога и предложить уточненную модель тектонического строения исследуемой акватории. На юго-востоке третьего полигона обнаружена новая положительная морфоструктура, вероятнее всего вулканическая постройка. Поломка эхолота не дала возможности детально закартировать этот объект. Необходимо продолжить исследования в этом районе, провести детальную съемку и выполнить серию драгирований.

Во втором этапе экспедиции был выполнен большой объем геолого-газогеохимического и микробиологического опробования верхней части осадочного чехла. Максимальная глубина отбора осадков на станциях составила 350 см ниже поверхности дна. На судне сделано 2156 газохроматографических определений газов осадков, создана рейсовая коллекция кернов осадка общей длиной 185.5 м. Получено пространственное распределение метана, этана, этилена, пропана, пропилена, бутана и углекислого газа. Установлена корреляция повышенного содержания газовой составляющей в осадках с областями разви-

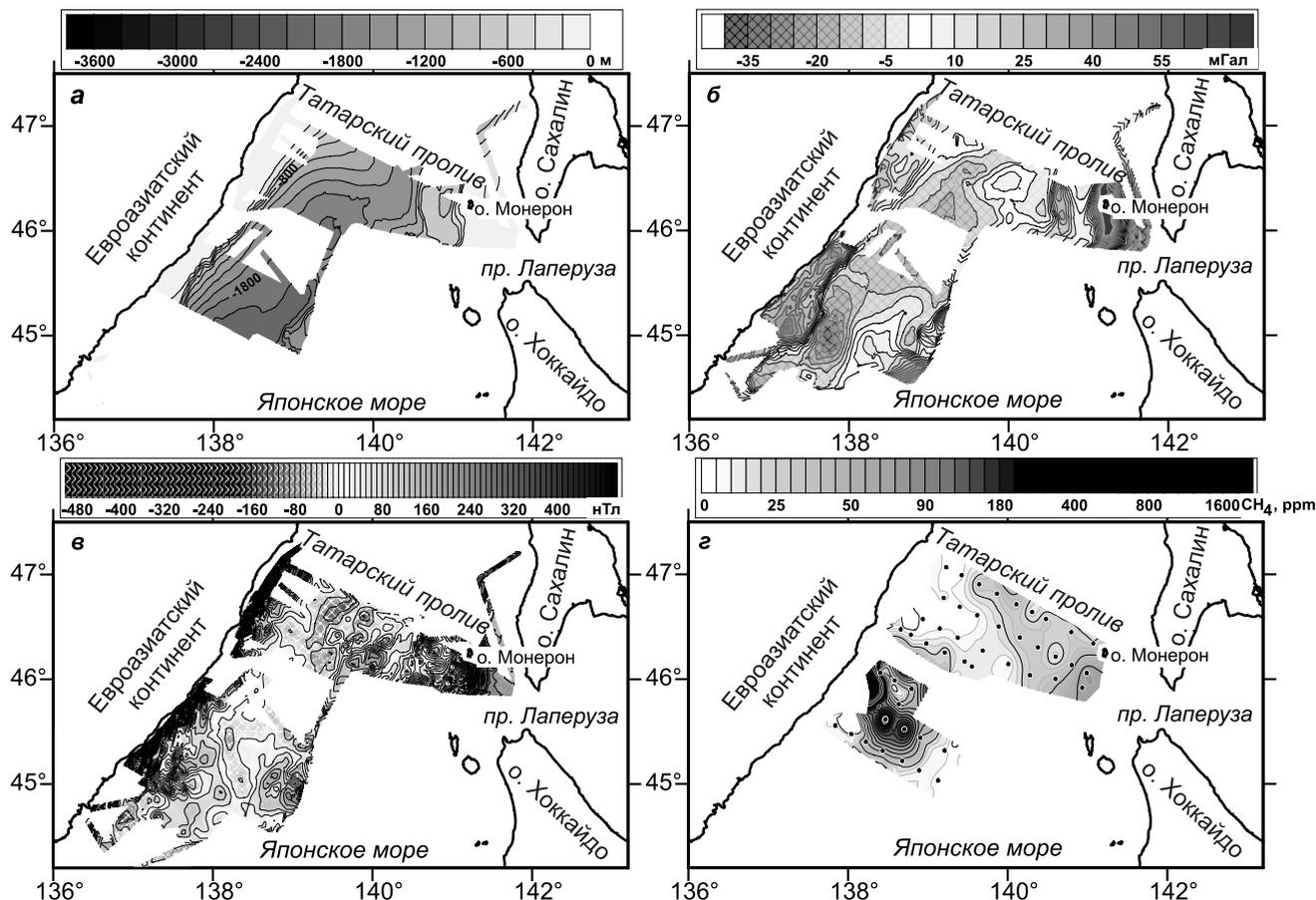


Рис. 2. Результаты геолого-геофизических исследований в 85 рейсе НИС «Академик М.А. Лаврентьев».

*а* – батиметрия, *б* – гравиметрия, *в* – магнитометрия, *г* – распределение метана на горизонте 1 метр ниже уровня дна, точками показаны места отбора осадка.

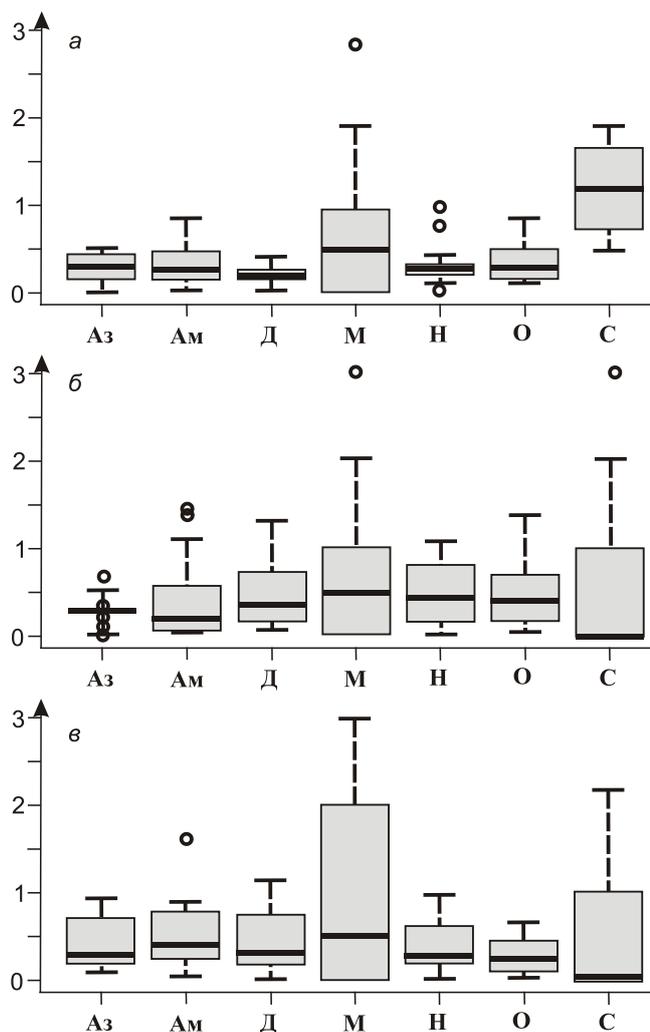
тия разрывных нарушений, в том числе, выделяемых по геофизическим данным, поднятий в крыльевых частях осадочных прогибов. На полигоне № 3 выделена масштабная кольцеобразная структура южнее Самаргинской перспективной нефтегазоносной площади (рис. 2, *г*), возможно, что здесь обнаружена новая метанопродуктивная зона, авторы предлагают назвать ее «Кузнецовской перспективной зоной газонакопления». Данный район характеризуется активными геологическими процессами и газогеохимическими аномалиями. В пределах данной площади рекомендуется проведение детализационных работ со сгущением сети опробования донных осадков и верификации с данными сейсмической съемки.

Полученные данные позволяют говорить о том, что в пределах исследуемой акватории существуют активные флюидопроводящие зоны, формирующие локальные аномалии в верхнем слое осадков. Это значит, что существуют определенные газоматеринские источники этих аномалий, детализация и дальнейшее

исследования которых представляет высокую важность для дальнейшего развития нефтегазового потенциала региона.

Собран представительный массив данных по распределению температуры, солености и распределению метана в приповерхностном водном слое. Выполнен большой объем измерений распределения атомарной ртути, метана, углекислого газа и паров воды в атмосфере. Таким образом, можно отметить, что в рейсе LV85 были успешно проведены комплексные газогеохимические исследования в системе «осадок-вода-атмосфера».

Оценка источников поступления ртути показала, что в основном повышенные концентрации связаны с переносом воздушных масс из региона Желтого моря и Северного Китая. В экспедиции зафиксированы аномалии ртути в то время, когда воздушные массы приходили из малонаселенных территорий, также источником этих аномалий могут быть геологические объекты на дне.



**Рис. 3.** Численность эколого-трофических групп микроорганизмов на 1 (а), 2 (б) и 3 (в) полигоне в районе исследования.

Аз – азотфиксаторы, Ам – аммонификаторы, Д – денитрификаторы, М – метанотрофы, Н – нефтеокисляющие бактерии, О – органотрофы, С – сульфатредукторы.

На всех геологических станциях были отобраны образцы осадка для микробиологических исследований (рис. 3). Количество станций, на которых преобладают морские органотрофные бактерии, увеличивается по мере удаления от шельфа о. Сахалин. Метанотрофные и углеводородокисляющие бактерии и относительно высокая скорость биологического окисления метана были обнаружены на станциях, в основном расположенных в середине Татарского пролива и Японского моря. При анализе распределения исследуемых функциональных групп в окисленном слое донных осадков на всех полигонах было выявлено, что с увеличением глубины отбора проб происходит снижение численности органотрофных и нефтеокисляющих бактерий. При этом снижение чи-

сленности микроорганизмов начинается на глубинах от 1500 до 2000 м.

Большой объем выполненных исследований в экспедиции 85 рейса НИС «Академик М.А. Лаврентьев» показывает эффективность организации комплексных экспедиций, позволяющих более рационально использовать судовое время по сравнению с узкоспециализированными исследованиями, что соответствует задачам национального проекта «Наука». Полученные данные позволяют провести геолого-геофизическое моделирование строения земной коры региона, выполнить тектонические построения, уточнить, а для некоторых районов региона впервые оценить углеводородный потенциал, уточнить сезонную, межгодовую изменчивость и особенности циркуляции вод, оценить антропогенную нагрузку на экосистему исследованных акваторий. Необходимо продолжить исследования в этом регионе. Детально изучить геофизические поля и топографию вулканических гор и возвышенностей северного замыкания Япономорской котловины, выполнить представительный отбор образцов с различных глубинных интервалов. В геофизический комплекс необходимо ввести многолучевое эхолотирование, сейсмические исследования методом преломленных волн и глубинное зондирование земной коры донными сейсмическими станциями.

Руководящий состав экспедиции и администрация ТОИ ДВО РАН благодарят сотрудников Департамента науки и технологий Минобрнауки России и ТБФ ИО РАН за содействие в решении вопросов организации экспедиции.

Научный состав экспедиции благодарит капитана дальнего плавания В.Б. Птушкина и экипаж НИС «Академик М.А. Лаврентьев» за помощь в успешном выполнении запланированных в экспедиции исследований.

Экспедиционные работы проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Госзадания ТОИ ДВО РАН: № АААА-А17-117030110032-3, № АААА-А17-117030110033-0, № АААА-А17-117030110035-4, № АААА-А17-117030110042-2, № АААА-А19-119122090009-2 и грантов РФФИ 18-05-00153А, 18-35-00047мол\_а.

#### 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.
2. Валитов М.Г., Шакиров Р.Б., Яцук А.В., Прошкина З.Н., Ли Н.С., Аксентов К.И., Обжиров А.И., Съедин В.Т., Пономарева А.Л., Карнаух В.Н. Комплексные геолого-геофизи-

- ческие, газогеохимические и океанографические исследования в Японском море и Татарском проливе в 81-ом рейсе НИС «Академик М.А. Лаврентьев» // Тихоокеан. геология. 2019. Т. 38, № 4. С. 97–105.
3. Валитов М.Г., Ли Н.С., Сергеев А.Ф., Сагалаев С.Г., Легкодимов А.А., Захарков С.П., Пермяков П.А., Рязанов С.Д., Лобанов В.Б., Шакиров Р.Б., Салюк П.А., Колпащикова Т.Н. Комплексные геолого-геофизические, газогеохимические, океанографические и биологические исследования в Японском и Охотском морях в 55-ом рейсе научно-исследовательского судна «Академик Опарин» // Океанология. 2020. Т. 60. № 1.
4. Геологическая карта дна Японского моря. 1: 2 500 000 / Ред. И.И. Берснев, Л.И. Красный. Л.: Мингео СССР, 1984.
5. Геологическая карта Приморского края. 1:1 000 000 / Л.Ф. Назаренко. М.: Мингео СССР, 1986.

*Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой*  
после доработки 15.01. 2020 г.  
принята к печати 22.01.2020 г.

***M.G. Valitov, N.S. Lee, A.V. Yatsuk, Z.N. Proshkina, A.L. Ponomareva, V.V. Kalinchuk, S.P. Pletnev, E.N. Marina, A.I. Obzhirov, R.B. Shakirov, D.A. Shvalov, M.A. Bovsun***

### **Integrated geological-geophysical, gas-geochemical and oceanographic researches in the Sea of Japan and the Tatar Strait in the 85 cruise of the R/V «Akademik M.A. Lavrentiev»**

The paper gives brief results of integrated researches in the southern part of the Tatar Strait and the northern part of the Sea of Japan, obtained in the 85th cruise of the R/V «Akademik M.A. Lavrentiev», 2019. Characteristics of bathymetric, gravimetric, magnetometric, hydrological, lithological, microbiological and gas-geochemical studies are given. The bottom topography was refined, new distributions of geophysical fields were obtained, the gas geochemical background was refined, foraminifera species in bottom sediments were identified, bioindicator (bacterial) species were identified and the distribution of the main ecotrophic groups was described, an abnormal water distribution was found in the southern part of the Tatar Strait, a large amount of hydrological, meteorological and atmochemical observations in the water area of the study area are execute.

***Key words:* marine research, gravimetry, magnetometry, gasogeochemistry, microbiology, greenhouse gases, lithology, hydrolo, Tatar Strait, Japan Sea.**