

УДК 551.465

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ И ИЗМЕНЧИВОСТИ ВОД ЯПОНСКОГО И ОХОТСКОГО МОРЕЙ В 77-м РЕЙСЕ НИС “ПРОФЕССОР ГАГАРИНСКИЙ” И 97-м РЕЙСЕ НИС “АКАДЕМИК М. А. ЛАВРЕНТЬЕВ”

© 2023 г. В. Б. Лобанов¹ *, А. Ф. Сергеев¹, В. А. Горячев¹, П. П. Тищенко¹, В. Цой¹,
Ю. А. Барабанщиков¹, Д. С. Калужный¹, В. А. Красиков¹, С. П. Кукла¹, П. Г. Кушнир¹,
А. А. Легкодимов¹, А. Э. Леусов¹, Н. Б. Лукьянова¹, Д. С. Максеев¹, Е. Н. Марьина¹,
И. А. Прушковская¹, Я. Н. Рудых¹, С. Г. Сагалаев¹, П. Ю. Семкин¹, Д. Д. Соколов¹,
О. А. Уланова¹, М. Г. Швецова¹, Е. М. Шкирникова¹, К. П. Щербакова¹, А. Ю. Юрцев¹

¹Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

*e-mail: lobanov@poi.dvo.ru

Поступила в редакцию 21.06.2022 г.

После доработки 27.11.2022 г.

Принята к публикации 16.12.2022 г.

В экспедиционных рейсах № 77 НИС “Профессор Гагаринский” и № 97 НИС “Академик М.А. Лаврентьев” в осенне-зимний период 2021 г. были продолжены исследования межгодовой и коротко-периодной изменчивости характеристик вод Японского и Охотского морей и их экологического состояния. Выполнен комплекс STD-зондирований и отбора проб воды для гидрохимических анализов, включая определение содержания метана и радиоизотопов, а также постановка автономной донной станции (АДС) на 2.5 месяца. Установлено продолжение многолетнего тренда потепления донных вод, эвтрофикации и ацидификации Японского моря. Показаны особенности осенне-зимней перестройки поля течений северной части Японского моря, многофронтальность структуры сахалинского апвеллинга, бимодальности Приморского течения.

Ключевые слова: Японское море, Охотское море, межгодовые изменения, сезонная изменчивость, эвтрофикация, ацидификация, радиоизотопы, метан

DOI: 10.31857/S0030157423030097, **EDN:** QDAFAN

Экспедиционные рейсы № 77 на НИС “Профессор Гагаринский” и № 97 на НИС “Академик М.А. Лаврентьев” были организованы Тихоокеанским океанологическим институтом им. В.И. Ильичева ДВО РАН для исследования межгодовой и короткопериодной изменчивости характеристик вод Японского и Охотского морей в связи с изменениями климата и растущей антропогенной нагрузкой, а также для изучения процессов продукции и деструкции органического вещества, распределения биогенных элементов, планктона, естественных и искусственных изотопов, метана и других химических параметров в период осенне-зимней перестройки циркуляции и структуры вод. Первая экспедиция выполнялась в Охотском и Японском морях в два этапа 1.10–1.11 и 2–10.11.2021 г. заходом в п. Корсаков (рис. 1). Вторая экспедиция выполнялась в период 7–28.12.2021 г. в Японском море (рис. 2). Руководитель обеих экспедиций – с.н.с. А. Ф. Сергеев.

Общее количество выполненных в экспедициях гидрологических станций с STD-зондированиями с определением температуры, солености, кислорода, хлорофилла-*a* и мутности составило 192 (298 зондирований), при этом на 40 станциях выполнено 83 серии с отбором проб воды, из которых 12 глубоководных (до глубин 1000–3522 м) с отбором со стандартных горизонтов на стандартный гидрохимический анализ, содержание метана и других углеводородов. Гидрохимические анализы включали определение на борту содержания растворенного кислорода, pH, щелочности и биогенных элементов (по 340 определений), а также консервацию проб на метан (237 пробы). Выполнено 4 станции с отбором 22 проб воды большого объема (по 100 л) по вертикали на содержание изотопов ⁷Be; ²²⁶Ra; ²²⁸Ra; ¹³⁷Cs с последующим выделением на сорбенте на основе акриломарганцевого волокна. На 20 станциях с поверхности были отобраны пробы на ²²³Ra и ²²⁴Ra и на борту судна измерено их содержание. Количе-

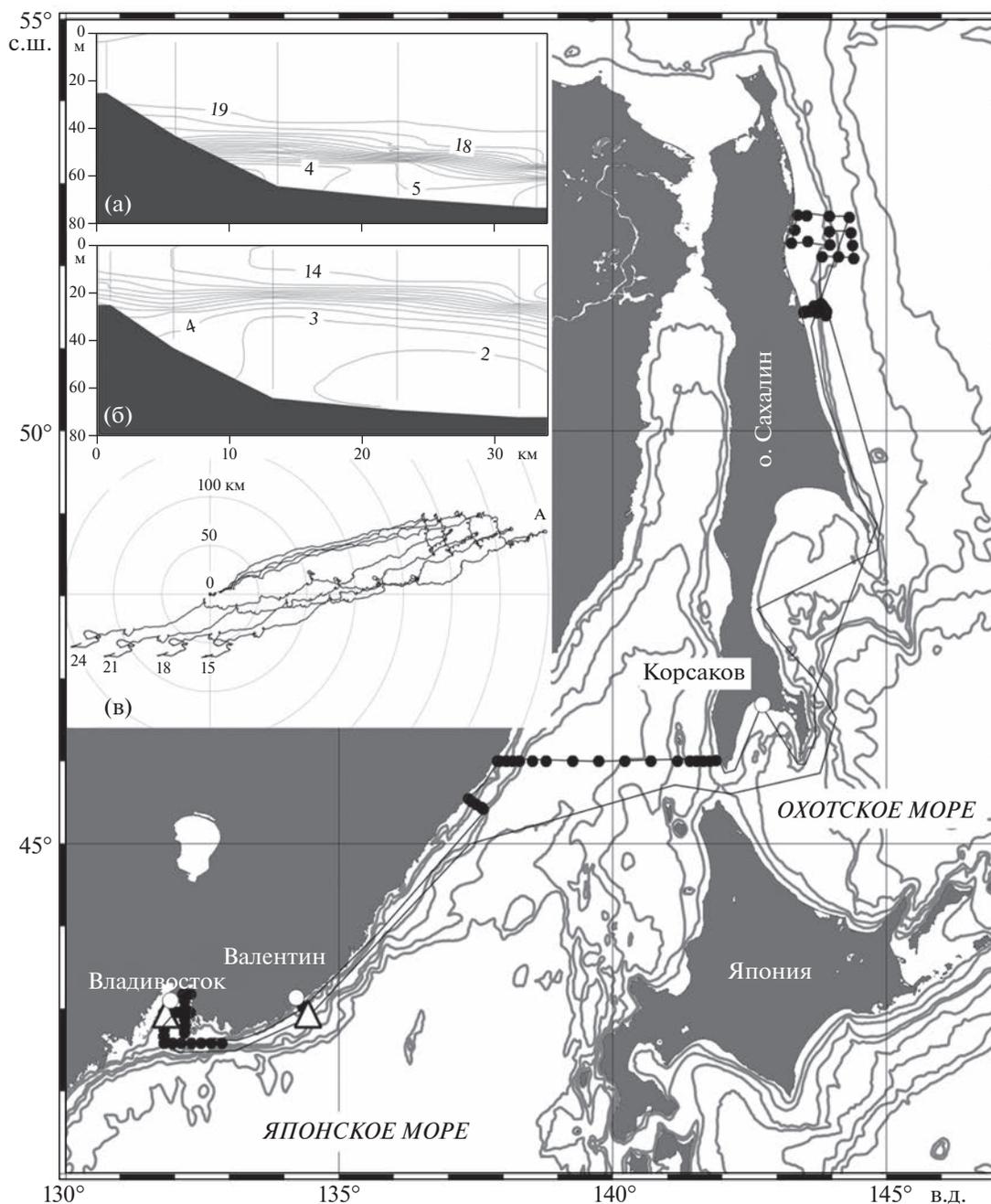


Рис. 1. Схема работ экспедиции ТОИ ДВО РАН на НИС «Профессор Гагаринский» (рейс № 77). Точками показано положение океанографических станций, треугольниками – положение АДС. На врезке: распределение температуры вод ($^{\circ}\text{C}$) на мониторинговом разрезе в заливе Петра Великого 2 октября (а) и 6 ноября (б); (в) – спагетти-диаграмма течений на АДС у юго-восточного побережья Приморья в период 6 октября – 19 декабря 2021 г. на горизонтах 15, 18, 21 и 24 м (указаны). А – момент разворота течения 1 ноября.

ство проб на тритий составило 30 (21 глубинная). Поставлена и поднята АДС с экспозицией на глубине 83 м в течение 75 суток с акустическим профилографом течений, логгером СТД-параметров и датчиком содержания кислорода. Проводились наблюдения за морскими животными и птицами. На 35 станциях было отобрано 105 проб для мик-

робиологических и метагеномных исследований ТИБОХ ДВО РАН.

В качестве основных предварительных результатов можно отметить следующее:

1. По данным глубоководных измерений на мониторинговых разрезах показан продолжающийся рост температуры придонных вод Централь-

5. Важным результатом экспедиции стали первые измерения короткоживущего изотопа ^7Be (период полураспада 53.2 сут.). Уровни содержания данного изотопа на поверхности составили от 2 до 8 Бк/м³. Установлено, что на характер его распределения с глубиной существенно влияет взвешенное вещество.

6. Выполненный впервые подробный отбор проб метана от поверхности до дна на разрезе по 134° в.д. показал его повышенное содержание как в подповерхностных водах, поступающих с юга из Восточно-Китайского моря, так и в субарктических водах северной части моря, погружающихся на фронте и распространяющихся на юг как промежуточная водная масса пониженной солености.

7. Показана многофронтальная структура сахалинского апвеллинга, развивающегося в осенний период и приводящего к резкой смене термохалинных характеристик вод.

8. Обнаружена аномалия в развитии осеннего ветрового апвеллинга у побережья Приморья. Апвеллинг, обычно наблюдающийся продолжительное время в районе между 133° и 134° в.д., в этом году практически не был выражен. В то же время интенсивный апвеллинг наблюдался в заливе Петра Великого, что определяло резкую изменчивость гидрологических условий, обусловленную заходом на шельф холодных морских вод

с температурой ниже 2°C и подъемом сезонного термоклина на 30 м (рис. 1а, 1б).

9. Измерения на АБС показали бимодальность и быструю перестройку Приморского течения от осени к зиме. На протяжении октября отмечался поток, направленный на восток-северо-восток, соответствующий осенней реверсивной моде течения (рис. 1в), но с 1 ноября течение поменяло свое направление на противоположное, и до конца наблюдений (19 декабря) сохранялся поток западно-юго-западного направления. На фоне доминирующего потока зарегистрированы короткопериодные изменения течений (6.5 и 12.5 сут.), связанные с формированием над кромкой шельфа вихрей синоптического масштаба.

10. Обнаружена ранее не наблюдавшаяся высокая численность китообразных в западной части Охотского моря в конце октября.

Источники финансирования. Экспедиция проводилась за счет средств, предоставленных Минобрнауки России. Исследования выполнялись в рамках госзадания ТОИ ДВО РАН на 2021 г. по темам №№ 4, 6, 9 и 11 (рег. №№ 121021500055-0, 121021700346-7, АААА-А20-120011090005-7 и 12121500052-9), а также международных программ “Исследование окраинных морей Азии КРИМС/ПАЙСИС (CREAMS/PICES)” Северотихоокеанской организации по морским наукам (PICES) и “Глобальная система наблюдения океана для региона северо-восточной Азии (NEAR-GOOS)” ВЕСТПАК МОК-ЮНЕСКО.

Study of State and Variability of the Japan and Okhotsk Seas in the 77th Cruise of the R/V *Professor Gagarinskiy* and 97th Cruise of the R/V *Akademik M.A. Lavrentyev*

V. B. Lobanov^{a, #}, A. F. Sergeev^a, V. A. Goryachev^a, P. P. Tishchenko^a, V. Tsoy^a, Yu. A. Barabanshchikov^a, D. S. Kalyuzhnyi^a, V. A. Krasikov^a, S. P. Kukla^a, P. G. Kushnir^a, A. A. Legkodimov^a, A. E. Leusov^a, N. B. Lukyanova^a, D. S. Makseev^a, E. N. Maryina^a, I. A. Prushkovskaya^a, Y. N. Rudykh^a, S. G. Sagalaev^a, P. Yu. Semkin^a, D. D. Sokolov^a, O. A. Ulanova^a, M. G. Shvetsova^a, E. M. Shkirnikova^a, K. P. Shcherbakova^a, A. Yu. Yurtsev^a

^a*V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

[#]*e-mail: lobanov@poi.dvo.ru*

Investigation of interannual and short-term variability of the water parameters in the Japan and Okhotsk seas and their ecological state were continued in the cruises No. 77 of the R/V *Professor Gagarinskiy* and No. 97 of the R/V *Akademik M.A. Lavrentyev* in fall-winter season of 2021. CTD profiling and water sampling for chemical analyses including methane and radioisotopes were implemented. A mooring of bottom autonomous station was deployed for 2.5 month. The long-term trend of the bottom water warming, eutrophication and acidification of the Japan Sea have been confirmed. The features of the fall-winter restructuring of the field of currents of the northern part of the Sea of Japan, the multifrontality of the Sakhalin upwelling structure, and the bimodality of the Primorye Current are shown.

Keywords: the Japan Sea, the Okhotsk Sea, interannual variability, seasonal changes, eutrophication, acidification, radioisotopes, methane