

УДК 551.465

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ДИНАМИКА ВОД В ОБЛАСТИ ВОСТОЧНО-КАМЧАТСКОГО ТЕЧЕНИЯ В РЕЙСЕ № 68 НИС “АКАДЕМИК ОПАРИН”

© 2025 г. В. Б. Лобанов^{1,*}, А. Ф. Сергеев¹, П. Ю. Семкин¹, Н. Б. Лукьянова¹,
И. Ф. Алексеев¹, В. А. Горячев¹, С. Г. Сагалаев¹, С. П. Захарков¹, Н. А. Липинская¹,
А. О. Холмогоров¹, К. Р. Байгубеков², Ю. А. Барабанщиков¹, Д. С. Калюжный^{1,3},
А. С. Кузнецова^{1,3}, П. Г. Кушнир¹, Д. С. Максеев¹, Е. А. Мещерякова⁴,
Н. А. Онищенко⁴, И. Е. Осипов³, А. А. Петрова⁵, И. А. Прушковская¹,
В. В. Разживин¹, А. И. Разумов³, Д. Д. Соколов^{1,3}, О. А. Уланова¹,
Ю. В. Федорец¹, М. С. Федоров^{1,6}, М. Г. Швецова¹, Е. М. Шкирникова¹

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

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

³ Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

⁴ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

⁵ Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия

⁶ Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет “Дальрыбвтуз”,
Владивосток, Россия

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

Поступила в редакцию 19.06.2024 г.

После доработки 24.06.2024 г.

Принята к публикации 08.08.2024 г.

В рейсе № 68 НИС “Академик Опарин”, проходившем в августе–сентябре 2023 г., были продолжены начатые в 2022 г. работы к востоку от п-ова Камчатка для выяснения возможных факторов, обусловивших экологическую катастрофу сентября 2020 г., исследования структуры вод Восточно-Камчатского течения, особенностей формирующихся здесь вихрей синоптического масштаба, гидрохимических особенностей вод Камчатского залива, а также исследования газогеохимических процессов и оценка экологического состояния вод в местах разработки углеводородных ресурсов шельфа о. Сахалин, определение содержания радионуклидов в районах работ экспедиции, проведение оптических исследований и гидроакустических экспериментов.

Ключевые слова: Тихий океан, дальневосточные моря, Камчатский залив, Восточно-Камчатское течение, Охотское море, шельф о. Сахалин, синоптические вихри, гидрология, биогеохимия

DOI: 10.31857/S0030157425020156, EDN: DZMBJE

Основными задачами экспедиционного рейса № 68 НИС “Академик Опарин” (8.08–18.09.2023 г.), организованного Тихоокеанским океанологическим институтом им. В.И. Ильичева, являлись выполнение океанографической съемки района Восточно-Камчатского течения, включая вихревые структуры синоптического масштаба, комплексной съемки Камчатского залива, приустьевых участков рек Камчатка и Жупанова, съемки на северо-восточном шельфе о. Сахалин в районе интенсивных газовых выделений, отбор проб фитопланктона, регистрация океанологических, гидрооптических и газо-геохимических параме-

тров поверхностного слоя океана, отбор проб на радиоизотопы из поверхностного слоя вод вдоль всего маршрута судна, а также по вертикали на отдельных станциях, постановка и подъем донных автономных буйковых измерительных станций (АБС) на шельфе о. Сахалин, акустические исследования на протяженной трассе в Японском море.

В экспедиции участвовало 28 человек, из них 4 молодых ученых, 2 аспиранта и 9 студентов. Кроме сотрудников ТОИ ДВО РАН, в работах приняли участие представители ДВФУ, Дальрыбвтуза, МГУ, СПбГУ и ААНИИ.

Всего в экспедиции выполнена 241 станция с СТД-зондированием, из них 193 с отбором проб воды на стандартные гидрохимические параметры. Проведен значительный объем гидробиологических, гидрооптических, радиоэкологических, газогидрохимических и гидроакустических исследований. Поставлено 3 АБС на глубинах 67, 145 и 246 м. Две из них подняты для считывания информации через 30 суток и поставлены снова в тех же точках (рис. 1).

В качестве предварительных результатов экспедиции можно выделить следующие.

1. Выполнена детальная комплексная океанологическая съемка акватории Тихого океана, прилегающей к п-ову Камчатка, для изучения абиотических факторов среды, влияющих на состояние экосистем и динамику вредоносного цветения водорослей в прибрежных водах, и ана-

лиза возможных механизмов экологической катастрофы сентября 2020 г.

2. Подробная съемка района Восточно-Камчатского течения подтвердила присутствие устойчивых интенсивных вихревых образований синоптического масштаба, которые определяют перенос вод основного потока течения, а также интенсивный поперечный водообмен. Впервые показана двухслойная структура вихрей, соответствующая хетонам, когда над основным ядром циклона формируется антициклон, определяющий конвергенцию теплых вод в верхнем слое 0–100 м, и наоборот, в верхней части антициклона формируется циклон, обуславливая подъем вод и дивергенцию на поверхности в центре вихря с образованием пятна вод пониженной (на 2–5°C) температуры и повышенной солёности (рис. 1а).

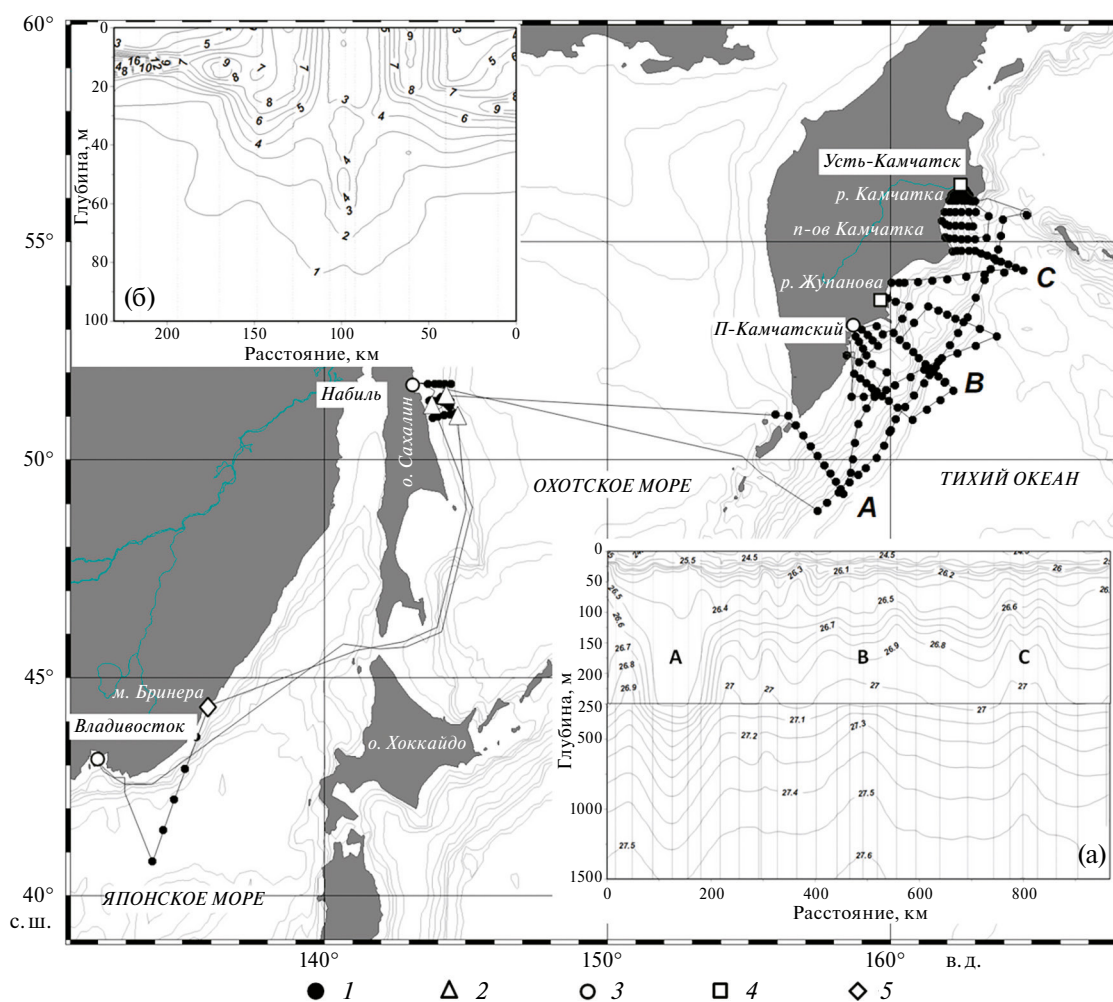


Рис. 1. Картограмма работ экспедиции ТОИ ДВО РАН на НИС “Академик Опарин” (рейс № 68) в августе–сентябре 2023 г.: 1 – положение океанографических станций; 2 – положение АБС; 3 – порты заходов и подходов; 4 – места лодочных работ; 5 – точка излучения акустических сигналов. На врезке (а) показано распределение условной удельной плотности (кг/м^3) на разрезе вдоль Камчатского желоба через антициклонический вихрь А и циклонические вихри В и С. На врезке (б) – распределение флуоресценции хлорофилла *a* (мг/л) на разрезе, перпендикулярном желобу через циклонический вихрь В.

3. Выявленные особенности в строении вихрей оказывают влияние на распределение планктона и продукционные характеристики. В отличие от других районов океана здесь в центральных частях циклонических вихрей содержание хлорофилла *a* низкое в результате конвергенции и даунвеллинга, а в антициклонах, наоборот, отмечается повышенное содержание хлорофилла *a* (рис. 1б).

4. На акватории Камчатского залива зарегистрированы аномально высокие концентрации фосфатов и, соответственно, низкое азот-фосфорное соотношение, что, вероятно, обусловлено влиянием стока р. Камчатки и повышенной активностью вулканов Ключевской группы в течение 2023 г. В то же время, в прибрежной зоне и бухтах, прилегающих к вулканам Кроноцкого и Авачинского заливов, азот-фосфорное соотношение сохраняется на высоком уровне. Это определяет различие видов фитопланктона на исследованных акваториях. Можно заключить, что вулканическая активность и особенности питания рек приводят к широкому видовому разнообразию планктона на прилегающих к Камчатке акваториях океана.

5. В составе фитопланктона Восточно-Камчатского течения было обнаружено 58 видов внутривидовых таксонов микроводорослей. По числу видов преобладал отдел диатомовых (39 видов, 67%), в небольшом количестве был отмечен отдел динофитовых микроводорослей (15 видов, 26%).

6. Отобраны пробы донных осадков в Камчатском заливе, дана оценка распределения отдельных видов бентосных фораминифер и их численности, связи с литологическим составом донных осадков, выполнен сравнительный анализ морфологического облика и химического состава раковин в разных фациальных обстановках.

7. Получены новые данные о структуре вод на шельфе о. Сахалин в период максимального летнего прогрева, которые свидетельствуют о развитии обширной области апвеллинга в прибрежной

полосе шириной 10–20 миль с перепадом температуры вод около 5–7°C. Перенос вод определяется Восточно-Сахалинским течением, положение шельфового фронта может значительно изменяться на протяжении суток за счет прилива.

8. Подтверждены интенсивные участки эмиссии газов на северо-восточном шельфе о. Сахалин с локальным максимумом растворенного метана 198 нМ/л. При этом метан распространяется на восток под нижней границей сезонного пикноклина (10 м). Здесь также обнаружены повышенные концентрации растворенного гелия 11.1 промилле, превышающие фоновые концентрации для Охотского моря в 2.5 раза.

9. Показано, что содержание радионуклидов трития и цезия в Японском и Охотском морях, а также прилегающей к п-ову Камчатка части Тихого океана в настоящее время близко к фоновым значениям. Это позволит оценить степень возможного загрязнения российских морей в результате слива вод с аварийной АЭС “Фукусима-1”.

10. Акустический эксперимент по излучению сложного сигнала с использованием эффекта “оползня” на шельфе показал устойчивый прием на расстоянии 511 км и расчет позиционирования объекта с погрешностью не хуже 50 м.

Финансирование работы. Экспедиция проводилась за счет средств, предоставленных Минобрнауки России. Исследования выполнялись в рамках госбюджетных тем ТОИ ДВО РАН № 2, 5, 6, 7, 10 и 11 (рег. №№ 120031890011-8, 121021500054-3, 121021700346-7, 121021700341-2, 119122090009-2, 12121500052-9), а также Комплексной межведомственной программы “Экологическая безопасность Камчатки: изучение и мониторинг опасных природных явлений и антропогенных воздействий” (рег. № 122012700198-9).

Конфликт интересов. Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

**ASSESSMENT OF ECOLOGICAL STATE AND DYNAMICS
OF WATERS OF THE EAST KAMCHATKA CURRENT AREA
AND OTHER LOCATIONS OF THE FAR EASTERN SEAS
IN THE CRUISE NO. 68 OF R/V “AKADEMIK OPARIN”**

**V. B. Lobanov^{a, *}, A. F. Sergeev^a, P. Yu. Semkin^a, N. B. Lukyanova^a, I. F. Alekseev^a,
V. A. Goryachev^a, S. G. Sagalaev^a, S. P. Zakharkov^a, N. A. Lipinskaya^a, A. O. Kholmogorov^a,
K. R. Baigubekov^b, Yu. A. Barabanshchikov^a, D. S. Kalyuzhnyi^{a, c}, A. S. Kuznetsova^{a, c},
P. G. Kushnir^a, D. S. Makseev^a, E. A. Meshcheryakova^d, N. A. Onishchenko^d, I. E. Osipov^c,
A. A. Petrova^c, I. A. Prushkovskaya^a, V. V. Razzhivin^a, A. I. Razumov^c, D. D. Sokolov^{a, c},
O. A. Ulanova^a, Yu. V. Fedorets^a, M. S. Fedorov^{a, f}, M. G. Shvetsova^a, E. M. Shkirnikova^a**

^a*V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia*

^b*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*

^c*Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia*

^d*M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

^e*Arctic and Antarctic Research Institute, Saint Petersburg, Russia*

^f*Far Eastern State Technical Fishery University “Dalrybvtuz”, Vladivostok, Russia*

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

During the cruise No. 68 of the R/V “Akademik Oparin”, which was carried out from August 8 to September 18, 2023, research was continued in the area to the east of Kamchatka Peninsula to study the possible factors that caused the mass mortality of marine organisms in the Fall of 2020, study the structure of East Kamchatka Current, features of mesoscale eddies formed here, hydrochemical features of the Kamchatka Bay, as well as a research of gas-geochemical processes and assessment of environmental conditions in the area of oil and gas exploration on the shelf of Sakhalin Island, assessment of radionuclide content in the area of the cruise, marine optics research and hydro acoustic experiments.

Keywords: Pacific Ocean, Far Eastern Seas, Kamchatka Bay, East Kamchatka Current, Sea of Okhotsk, Sakhalin shelf, mesoscale eddies, hydrography, biogeochemistry