

УДК 551.465

ИССЛЕДОВАНИЕ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЙОНЕ АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА КАМЧАТКИ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД В ЭКСПЕДИЦИИ НА НИС “АКАДЕМИК ОПАРИН” (РЕЙС № 65)

© 2024 г. В. Б. Лобанов*, А. Ф. Сергеев, П. Ю. Семкин, Н. Б. Лукьянова,
В. А. Горячев, С. Г. Сагалаев, В. Цой, И. Ф. Алексеев, Ю. А. Барабанщиков,
Д. С. Калюжный, П. Г. Кушнир, А. А. Мазур, И. А. Прушковская,
В. В. Разживин, А. А. Рюмина, Д. Д. Соколов, О. А. Уланова, Е. М. Шкирникова
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

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

Поступила в редакцию 24.11.2023 г.

После доработки 29.11.2023 г.

Принята к публикации 28.12.2023 г.

В экспедиционном рейсе № 65 НИС “Академик Опарин”, выполнявшемся в период 26 ноября – 29 декабря 2022 г., были продолжены исследования в районе Авачинского залива Камчатки для выяснения возможных факторов, обусловивших массовую гибель морских организмов осенью 2020 г., а также выполнены комплексные гидролого-гидрохимические съемки на северо-восточном шельфе о. Сахалин для мониторинга экологической обстановки в районах интенсивной добычи углеводородного сырья и в южной части Охотского моря. По данным двух автономных буйковых станций, установленных в прибрежной зоне Авачинского залива с экспозицией 169 сут., отмечена относительно спокойная динамика вод в заливе на протяжении всего летне-осеннего сезона 2022 г., способствовавшая обогащению вод питательными веществами, необходимыми для развития планктона. Заметного снижения содержания кислорода зарегистрировано не было. Выполнена съемка южной части Восточно-Камчатского течения, прослежена эволюция структуры антициклонического вихря Авачинского залива в момент разделения. Проведены исследования гидрохимического режима прибрежных бухт и рек в период ледостава. Отобраны пробы планктона и донных осадков для проведения специальных анализов в лабораториях ТИБОХ ДВО РАН и ННЦМБ ДВО РАН.

Ключевые слова: Камчатка, Авачинский залив, Охотское море, шельф о. Сахалин, синоптические вихри, гидрология, биогеохимия

DOI: 10.31857/S0030157424050163, **EDN:** OEVPGW

Основными задачами экспедиции рейса № 65 НИС “Академик Опарин”, организованной Тихоокеанским океанологическим институтом им. В.И. Ильичева в период 26.11.2022–29.12.2022 г., являлись продолжение начатых нами летом 2022 г. (рейс № 80 НИС “Профессор Гагаринский”) исследований абиотических факторов среды, которые могли способствовать массовой гибели морских организмов в Авачинском заливе Камчатки в 2020 г., и оценка иных возможных экологических рисков в прибрежных водах Камчатского полуострова, связанных с климатическими изменениями и другими природными факторами. В начале зимнего периода были проведены комплексные гидролого-гидрохимические съемки на прилегающей к юго-восточ-

ной части Камчатки акватории Тихого океана (рис. 1), которые позволят выявить крупномасштабные межгодовые изменения, происходящие в западной субарктике Тихого океана, оценить региональные процессы, связанные с динамикой вод синоптического масштаба, а также локальные воздействия, обусловленные влиянием материкового стока. Исследования биогеохимических процессов в прибрежной зоне моря были повторены в бухте Вилучинская и в Авачинской губе.

Всего в экспедиции выполнено 118 станций с STD-зондированием, из них 89 с отбором проб на растворенный кислород, водородный показатель (рН), щелочность, 83 станции с отбором проб воды на биогенные элементы. Также выполнена 21 станция с отбором проб грунта, 38 стан-

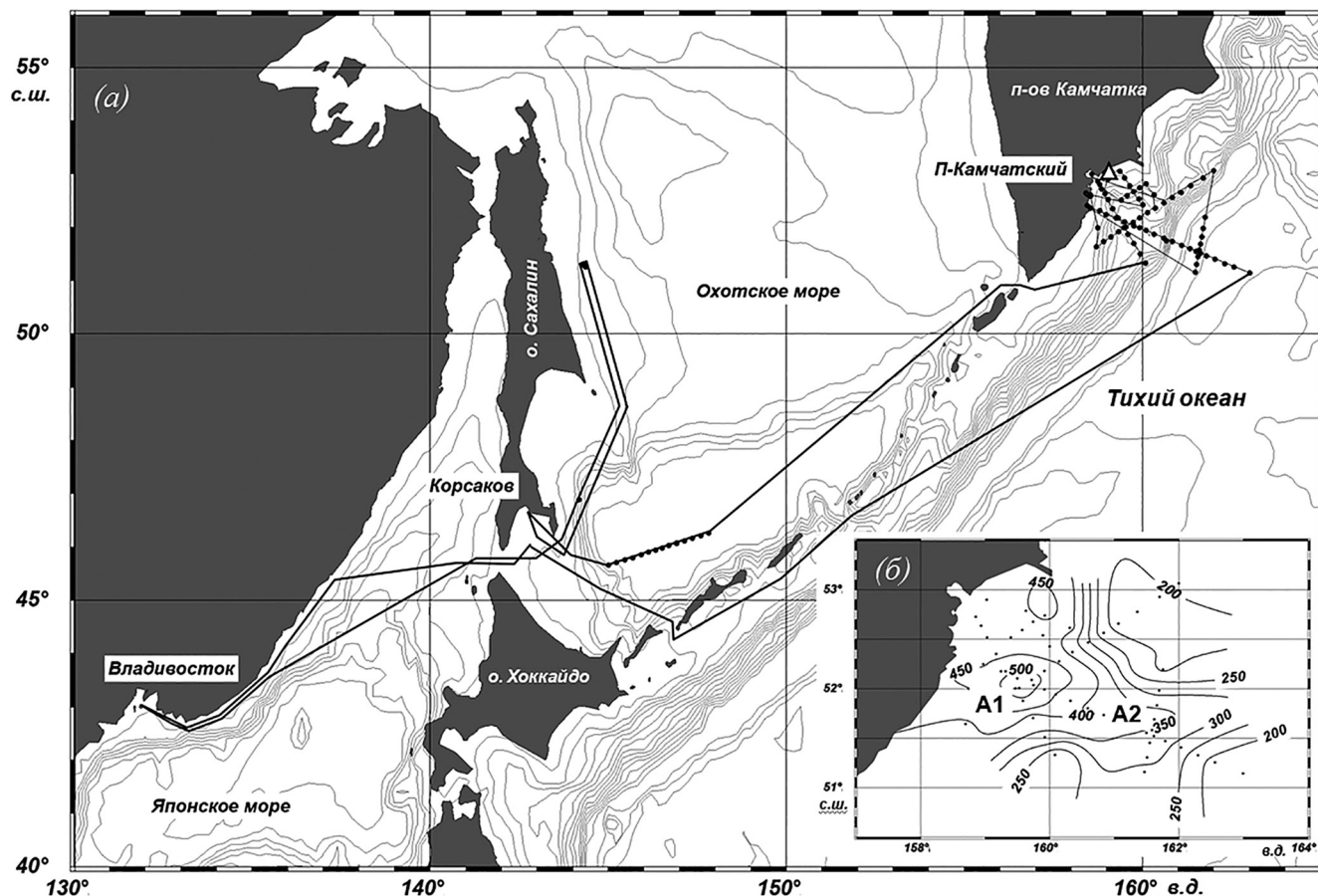


Рис. 1. Схема работ экспедиции ТОИ ДВО РАН на НИС “Академик Опарин» (рейс № 65) 26.11.2022–29.12.2022 г. (а) и распределение глубины изопикнической поверхности 26.8 в районе Авачинского залива Камчатки (б). А1 и А2 – положение ядер разделяющегося антициклонического вихря. Точками показано положение океанографических станций, треугольником – положение АБС в Авачинском заливе.

ций с отбором проб на фитопланктон и 43 – на зоопланктон. Проанализировано по 471 пробе на стандартные гидрохимические параметры: растворенный кислород, щелочность, рН и 439 проб на биогенные вещества (фосфаты, нитраты, нитриты, силикаты).

Проведены радиоизотопные исследования: отобрано 104 пробы воды на ^3H , по 46 проб на ^7Be , ^{226}Ra , ^{228}Ra и ^{137}Cs . Кроме поверхностного слоя океана на 9 станциях проведен отбор проб воды с различных горизонтов до придонного слоя моря. Общий объем отобранной воды составил 6029 л. Кроме того взято по 5 проб снега и донных отложений.

Подняты 2 автономные буйковые станции (АБС), установленные в июне 2022 г. на глубине 22 и 57 м около Халактырского пляжа для изучения короткопериодной изменчивости океанологических характеристик и проработавшие 169 суток.

Предварительные результаты экспедиции следующие:

1. Выполнена съемка Авачинского залива Камчатки и прилегающей акватории Тихого океана в начале зимнего сезона, результаты которой, наряду с результатами выполненной ранее летней съемки (июнь–июль 2022 г.), позволят уточнить особенности гидрологического и гидрохимического режимов этого района, оценить воздействия климатических изменений, региональной динамики вод и материкового стока на биогеохимические процессы в океане, что необходимо для изучения абиотических факторов среды, влияющих на состояние экосистем и динамику вредоносного цветения водорослей (ВЦВ) в прибрежных водах Камчатки и прилегающих акваториях Тихого океана и анализа возможных механизмов экологической катастрофы сентября 2020 г.

2. Проведены долговременные наблюдения за изменчивостью течений и других океанографических параметров (температура, соленость, мутность, содержание кислорода и хлорофилла-а) с помощью придонных АБС, установленных в прибрежной зоне Авачинского залива в р-не

Халактырского пляжа. Анализ полугодового ряда данных показал, что для прибрежной зоны, в целом, характерна относительно спокойная динамика вод, способствующая формированию полей, обогащенных питательными веществами, необходимыми для развития планктона. Резкие изменения океанографических характеристик связаны с адвекцией вод субмезомасштабными вихрями и струями. Значительного снижения содержания кислорода на протяжении всего летне-осеннего сезона 2022 г. зарегистрировано не было.

3. Исследована структура южной части Восточно-Камчатского течения, установлена доминирующая роль вихрей синоптического масштаба в формировании его меандров, отклонении потока от шельфа и выноса прибрежных вод далеко в открытый океан. Проведена детальная съемка долгоживущего антициклонического вихря в районе Авачинского залива, обнаруженного на основе спутниковых альтиметрических данных в мае и прослеженного до конца 2022 г. В моменты как летней, так и зимней съемок происходило разделение вихря. Отделившаяся часть перемещалась на восток, пересекая Курило-Камчатский желоб и переносилась в ядре захваченную прибрежную воду, формируя при этом аномально вытянутый в зональном направлении меандр течения.

4. В период ледостава выполнены исследования биогеохимических процессов в эстуариях рек, впадающих в Авачинский залив — подверженной частичному антропогенному воздействию р. Авачи и практически изолированной от него р. Вилючи. В водах последней обнаружены повышенные концентрации нитрат-ионов около 30 мкмоль/л, а также чрезвычайно высокие концентрации силикатов до 227 мкмоль/л, что можно объяснить влиянием грунтовых и гидротермальных вод. В зоне смешения речных и морских вод в эстуарии р. Вилюча в зимний сезон воды резко недосыщены углекислым газом по отношению к атмосфере, на что указывает повышенная величина рН. Придонные воды в бухтах Вилючинская и Авачинская пересыщены углекислым газом по отношению к атмосфере. В депрессиях рельефа этих бухт как летом, так и зимой обнаружены восстановленные илы с резким запахом сероводорода по всей толще осадка около 1 м. Сравнение химического состава вод Вилючи и Авачи позволит оценить влияние антропогенной и природной эвтрофикации на состояние прибрежно-морских акваторий Камчатки.

5. Результаты измерений трития в отобранных в ходе рейса пробах соответствуют фоновым значениям исследованных акваторий. Концентрация трития в Японском море изменялась от 0.77 до 1.39 ТЕ (1 ТЕ соответствует 0.119 Бк/л), в Охотском море — от 0.65 до 1.9 ТЕ, к востоку от Курильских островов и полуострова Камчатка — от 0.34 до 0.95 ТЕ, составляя в среднем для этих акваторий 1.11, 1.29 и 0.60 ТЕ соответственно. Полученные результаты имеют важное значение для последующих работ, связанных с изучением радиоэкологических последствий сброса загрязненных тритием вод, хранящихся на территории АЭС Фукусима-1, для северо-западной части Тихого океана.

6. Проведены специальные съемки на шельфе о. Сахалин и в южной части Курильской котловины для изучения зимних процессов водообмена в Охотском море. Выполнен комплексный разрез для изучения структуры вод антициклонического вихря Курильской котловины, механизм формирования которого связан с взаимодействием различающихся по термохалинным характеристикам потоков вод течений Соя и Восточно-Сахалинского. Комплексные измерения (гидрология, гидрохимия и планктон) проведены здесь впервые.

7. Отобраны пробы фитопланктона и донных осадков для проведения специальных анализов в лабораториях ТОИ ДВО РАН, ТИБОХ ДВО РАН и ННЦМБ ДВО РАН, необходимых для выполнения планов научных исследований комплексной межведомственной программы “Экологическая безопасность Камчатки: изучение и мониторинг опасных природных явлений и антропогенных воздействий”. В частности более 40 проб отобрано для выделения штаммов морских бактерий и метагеномных исследований ТИБОХ ДВО РАН.

Кроме сотрудников ТОИ ДВО РАН в экспедициях приняли участие представители ТИБОХ ДВО РАН, студенты и магистранты ДВФУ.

Источники финансирования. Экспедиция проводилась за счет средств, предоставленных Минобрнауки России. Исследования выполнялись по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2021–2023 гг., подпрограмма 2 “Фундаментальные и поисковые научные исследования”, направление 1.5.8. “Океанология”, раздел 1.5.8.7. “Комплексные и междисциплинарные исследования океанов и морей”, темы №№ 6 и 11

(рег. №№ 121021700346-7, 121-21500052-9), а также в рамках Комплексной межведомственной программы “Экологическая безопасность Кам-

чатки: изучение и мониторинг опасных природных явлений и антропогенных воздействий” (рег. № 122012700198-9).

STUDY OF OCEANOGRAPHIC CONDITIONS IN THE AREA OF THE AVACHINSKIY BAY OF KAMCHATKA IN WINTER IN THE EXPEDITION ON THE R/V “AKADEMIK OPARIN” (CRUISE NO. 65)

V. B. Lobanov*, A. F. Sergeev, P. Yu. Semkin, N. B. Lukyanova, V. A. Goryachev, S.G. Sagalaev, V. Tsoy, I. F. Alekseev, Yu. A. Barabanshchikov, D. S. Kalyuzhniy, P. G. Kushnir, A. A. Mazur, I. A. Prushkovskaya, V. V. Razzhivin, A. A. Ryumina, D. D. Sokolov, O. A. Ulanova, E. M. Shkirnikova

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

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

During the cruise No. 65 of the R/V “Akademik Oparin”, which was carried out from November 26 to December 29, 2022, research was continued in the area of the Avachinskiy Bay of Kamchatka to study the possible factors that caused the mass mortality of marine organisms in the Fall of 2020, and complex hydrographic and hydrochemical surveys on the northeastern shelf of Sakhalin Island to monitor the environmental situation in areas of oil and gas production and in the southern part of the Sea of Okhotsk. According to data from two autonomous moorings deployed in the coastal zone of Avachinskiy Bay with an exposure of 169 days, relatively calm water dynamics in the bay were noted throughout the entire Summer-Fall season of 2022, which contributed to the enrichment of waters with nutrients necessary for the development of plankton. No noticeable decrease in oxygen content was recorded. A survey of the southern part of the East Kamchatka Current was carried out, the evolution and the structure of the anticyclonic eddy of the Avachinskiy Bay at the moment of its splitting were traced. Hydrochemical characteristics of coastal bays and rivers during the freeze-up period were studied. Samples of plankton and bottom sediments were taken for special analyzes in the laboratories of the Pacific Institute of Bioorganic Chemistry and the National Center for Marine Biology of Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences.

Keywords: Kamchatka Peninsula, Avachinskiy Bay, Sea of Okhotsk, Sakhalin shelf, mesoscale eddies, hydrography, biogeochemistry