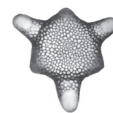


Научная статья / Original article

УДК 581.526.325.3(265.52)

doi:10.15853/2072-8212.2024.73.42-52

EDN: NVDQSS



РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ВРЕДНОСНОГО «ЦВЕТЕНИЯ» И УСЛОВИЙ СРЕДЫ ИХ ОБИТАНИЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА (КАМЧАТКА, ТИХИЙ ОКЕАН) В 2023 Г.

Лепская Екатерина Викторовна[✉], Тепнин Олег Борисович,
Походина Мария Александровна, Морозов Тарас Борисович, Васильев Артем Олегович

Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства
и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, Россия, lepskaya@list.ru[✉]

Аннотация. Приведены результаты исследований микроводорослей комплекса вредоносного «цветения» в прибрежной акватории Авачинского залива в 2023 г., а также данные по гидрологии и биогенному фону в той же акватории.

Ключевые слова: микроводоросли комплекса вредоносного «цветения», температура воды, соленость воды, биогенный фон, Авачинский залив, Камчатка

Финансирование работы. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Лепская Е.В., Тепнин О.Б., Походина М.А., Морозов Т.Б., Васильев А.О. Результаты исследований микроводорослей вредоносного «цветения» и условий среды их обитания в прибрежной зоне Авачинского залива (Камчатка, Тихий океан) в 2023 г. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2024. № 73. С. 42–52. EDN: NVDQSS. doi:10.15853/2072-8212.2024.73.42-52

RESULTS OF STUDIES OF HARMFUL BLOOM MICROALGAE AND THEIR HABITAT CONDITIONS IN THE COASTAL ZONE OF THE AVACHINSKY GULF (KAMCHATKA, PACIFIC OCEAN) IN 2023

Ekaterina V. Lepskaya[✉], Oleg B. Tepnin, Mariya A. Pokhodina, Taras B. Morozov,
Artyom O. Vasilyev

Kamchatka Branch Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO),
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, lepskaya@list.ru[✉]

Abstract. Results of studies of microalgae representing harmful bloom complex in the coastal aquatic zone of the Avachinsky Gulf in 2023 and data on hydrology and biogenic background in mentioned area are demonstrated.

Keywords: harmful bloom complex microalgae, water temperature, water salinity, biogenic background, Avachinsky Gulf, Kamchatka

Funding. The study was not sponsored.

For citation: Lepskaya E.V., Tepnin O.B., Pokhodina M.A., Morozov T.B., Vasilyev A.O. Results of studies of harmful bloom microalgae and their habitat conditions in the coastal zone of the Avachinsky Gulf (Kamchatka, Pacific Ocean) in 2023 // The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean. 2024. Vol. 73. P. 42–52. (In Russ.) EDN: NVDQSS. doi:10.15853/2072-8212.2024.73.42-52

Изучение микроводорослей комплекса вредоносного «цветения» (ВЦВ) в локальных прибрежных акваториях Авачинского залива (тихоокеанское побережье Камчатки) проводится КамчатНИРО с 2021 г. В результате показано, что в Авачинском заливе обитают 22 таксона микроводорослей комплекса ВЦВ, численность и распределение которых имеет выраженную сезонную динамику, а концен-

трация половины из найденных таксонов может превышать критическую, установленную для морских акваторий стран с развитой марикультурой (Лепская, 2022; Лепская и др., 2023).

Соответственно, продолжение изучения феномена ВЦВ в акватории, омывающей берега, где сосредоточено основное население полуострова, актуально.

Цель настоящей работы — представить результаты изучения ВЦВ и среды обитания микроводорослей этого комплекса в прибрежной зоне Авачинского залива в 2023 г.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для выполнения работ послужили данные по таксономическому составу и численности микроводорослей комплекса ВЦВ, полученные при обработке проб из поверхностного водного слоя, отобранных ведром с борта судна. Работы велись на стандартном полигоне из 15 станций. По техническим причинам на судах КамчатНИРО проведено две съемки из запланированных четырех. В июле во время донной траловой съемки выполнено 7 станций; в августе при плановой съемке по мониторингу ВЦВ — 15 станций (рис. 1). Описание станций разреза в Авачинском заливе приведено в таблице 1.

Дополнительно для выявления вертикального распределения микроводорослей собраны пробы на станциях 2, 3, 10 из горизонтов 0, 14 и 26 м планктоботометром. При выборе станций и горизонтов ориентировались на схему вертикального сбора фитопланктона, принятую в сентябре 2020 г. (Лепская, Коломейцев, 2021).

Камеральную обработку проб провели с помощью микроскопа “Olympus” BX43F при 100-, 200- и 1000-кратном увеличении. Обработка включала в себя определение видового состава и подсчет численности микроводорослей каждого таксона комплекса ВЦВ в камере Седжвика–Рафтера (объем 1 мл). Для определения таксономического состава микроводорослей комплекса ВЦВ использовали атласы и определители (Identifying of marine phytoplankton, 1997; Коновалова, 1998; Коновалова, Селина, 2010), а также консультации с коллегами из Национального научного центра морской биологии ДВО РАН. При выделении комплекса ВЦВ ориентировались на Протисты... (2011) и обзор иностранных коллег о вредоносных видах диатомовых микроводорослей (Bates et al., 2019). Видовые названия приведены в соответствии с международной базой AlgaeBase.

Температуру и соленость воды, а также содержание хлорофилла- α на каждой станции в Авачинском заливе измеряли гидрологическим зондирующим комплексом ASTD-102 RINKO-Profiler (JFEAdvatech Co.LTD., Япония) в диапазоне глубин от 0 до 535 м с вертикальным шагом в 1 м.

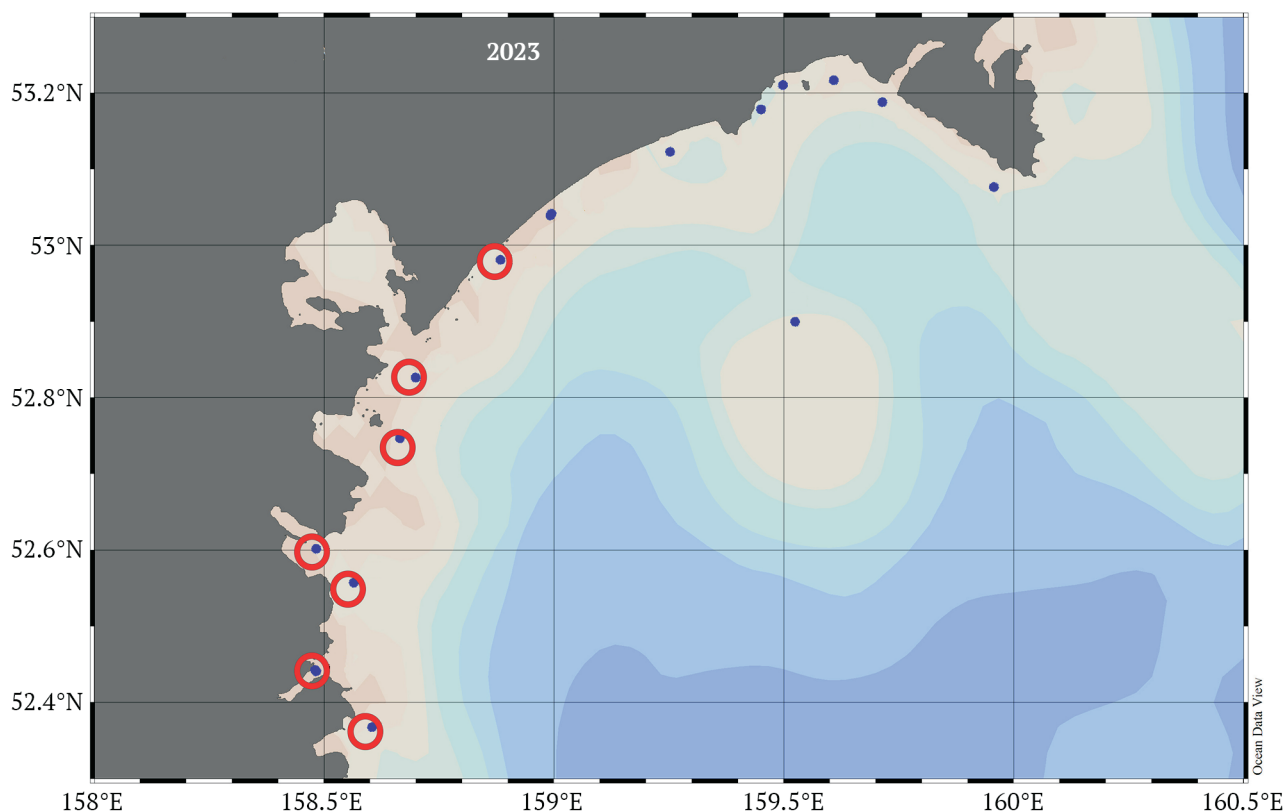


Рис. 1. Схема станций на акватории Авачинского залива, выполненных Камчатским филиалом ВНИРО в июле (выделены красным) и августе (синий маркер) в 2023 г.
Fig. 1. Scheme of stations in the area of Avachinsky Gulf, carried out by the Kamchatka Branch of VNIRO in July (red marker) and August (blue marker) in 2023

Таблица 1. Координаты и описание станций мониторинга ВЦВ в Авачинском заливе в 2023 г.
Table 1. Coordinates and descriptions of HAB monitoring stations in Avachinsky Gulf in 2023

№ станции Station №	Long_dd	Lat_dd	Глубина, м Depth, m	Описание станции Station descriptions
1	158,700	52,825	60–61	Вход в Авачинскую губу Entrance to Avacha Bay
2	158,8599	52,985	43,5–45	Авачинский залив (устье р. Халактырки) Avachinsky Gulf (mouth of the Khalaktyrka River)
3	158,956	53,025	29,5	Авачинский залив (Халактырский пляж) Avachinsky Gulf (Khalaktyrsky beach)
4	159,250	53,123	28	Устье р. Налычева Nalycheva River estuary
5	159,434	53,187	20,5	Мыс Налычева Cape Nalycheva
6	159,535	53,212	22,5	Ст. к западу от о-ва Крашенинникова Station west of Krashenninnikov Island
7	159,557	53,215	25,5	Ст. к востоку от о-ва Крашенинникова Station east of Krashenninnikov Island
8	159,690	53,208	46,5	Вход в бухту Бечевиная Entrance to Betshevinskaya Bay
9	159,962	53,068	58	Ст. южнее мыса Шипунского Station south of Shipunsky Cape
10	159,536	52,851	535	Авачинский залив Avachinsky Gulf
11	158,593	52,358	87,0–97,5	Вход в бухту Лиственичную Entrance to Listvenichnaya Bay
12	158,483	52,440	25,5	Вход в бухту Русскую Entrance to Russkaya Bay
13	158,56	52,555	86,5–88,5	Выход из бухты Жировой Exit from Zhirovaya Bay
14	158,483	52,603	42–42	Вход в бухту Вилучинскую Entrance to Vilyuchinskaya Bay
15	158,592	52,733	78–78,5	Вход в бухту Саранную Entrance to Sarannaya Bay

Пробы на биогенные элементы были собраны в августе в поверхностном водном слое ведром, одновременно со сбором образцов для изучения ВЦВ. Лабораторную обработку проб воды на биогенные элементы провели сразу после окончания съемки, по утвержденным методикам (ПНД Ф 14.1:2.2-95; РД 52.10.745-2010; РД 52.10.740-2010; РД 52.10.738-2010; РД 52.10.744-2010; РД 52.10.773-2013). В пробах определили фосфатный/минеральный фосфор ($P-PO_4^{3-}$), минеральные формы азота: аммонийную ($N-NH_4^+$), нитритную ($N-NO_2^-$), нитратную ($N-NO_3^-$), общее железо (Fe) и растворенные формы кремния (Si). О состоянии биогенного фона судили, сравнивая полученные результаты со значениями ПДК для соответствующих элементов, установленных для морских рыбохозяйственных водоемов (Приказ., 2016).

Сравнение распределения и численности таксонов ВЦВ, а также характеристик среды их обитания между годами проведено для одинаковых периодов и участков разреза.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Летом 2023 г. в Авачинском заливе найдено девять таксонов комплекса ВЦВ: диатомовые (Bacillariophyta) *Pseudo-nitzschia pungens* и динофлагелляты (Dinophyta) *Akashiwo sanguinea*, *Alexandrium acatenella*, *A. tamarense*, *Alexandrium cf. ostenfeldii*, *Dinophysis acuta*, *D. norvegica*,

Gonyaulax spinifera, *Karlodinium* sp., что вдвое меньше по сравнению с тем же периодом предыдущих двух лет. При этом находки 8 таксонов были сделаны в поверхностном водном слое. На нижележащих горизонтах виды микроводорослей комплекса ВЦВ не были найдены. За исключением 13-метрового (промежуточного) горизонта на ст. 2, где в июле был обнаружен *D. norvegica*.

В июле в поверхностных пробах было обнаружено четыре таксона: *Akashiwo sanguinea*, *Alexandrium acatenella*, *Alexandrium tamarense*, *Karlodinium* sp. В августе — шесть таксонов: *Pseudo-nitzschia pungens*, *Akashiwo sanguinea*, *Alexandrium tamarense*, *Alexandrium cf. ostenfeldii*, *Gonyaulax spinifera*, и мелкие гимнодиальные таксоны, предположительно *Karlodinium* sp.

По сравнению с тем же периодом двух предыдущих лет видовой состав микроводорослей комплекса ВЦВ был значительно беднее.

Диатомеи комплекса ВЦВ, *Pseudo-nitzschia*, найдены в конце лета на станциях 4 и 7, граничащих с устьем р. Налычева и о-вом Крашенинникова соответственно. При этом данный род диатомей был представлен крупноклеточным видом, сходным с *P. pungens*. Динофлагелляты рода *Alexandrium* найдены только в южной части разреза как в июле, так и в августе. При этом локальность их распространения условно стабильна и охватывает станции 12–15, которые

расположены на выходах из бухт (табл. 1). Мелкие гимнодиниальные таксоны, сходные с *Karlodinium veneficum*, развивались в основном в августе, в период наибольшего прогрева прибрежной акватории, преимущественно в северной части разреза.

Довольно часто в поверхностном слое в конце лета отмечали такой вид динофлагеллят, как *Gonyaulax spinifera*. Он был найден не только на станциях южной и северной частях разреза, но и в открытых водах (ст. 10). Динофлагелляты рода *Dinophysis* в исследованный период 2023 г. были редкостью и найдены только в августе на ст. 1, на выходе из Авачинской губы (рис. 2). Динофлагеллята *Akashiwo sanguinea* была найдена в поверхностном водном слое как в середине, так и в конце лета, в северной и южной частях разреза. Соотношение таксонов на каждой обследованной станции хаотично варьировало (рис. 2). Для большинства таксонов распределение по акватории разреза было узко локальным.

Численность микроводорослей комплекса ВЦВ флуктуировала случайным образом (рис. 3). Диатомовые водоросли *Pseudo-nitzschia* в конусе выноса р. Налычева достигали численности 4000 кл./л, а в приостровной зоне о-ва Крашенинникова — 2000 кл./л (рис. 3А). Так же, как и в 2022 г., их присутствие в основном было отмечено в августе (рис. 3Б), хотя и более точечно, тогда как в 2021 г. основное развитие диатомей этого рода пришлось на июль (рис. 3В). Следует еще отметить, что в 2021 и 2022 гг. род *Pseudo-nitzschia* был представлен комплексом видов, но

в 2023 г. в обследованной акватории нами найден только один вид. Средняя для стандартного разреза численность *Pseudo-nitzschia* заметно уменьшилась к 2023 г. (рис. 3А, Б, В).

Несмотря на узколокальное распределение *Alexandrium*, в 2023 г. его численность в точке максимума была наибольшей за соответствующий период за три года наблюдений (рис. 3Г). К особенностям 2023 г. следует также отнести более широкое распространение *Gonyaulax*, тогда как в 2021 и 2022 гг. он был найден единично (рис. 3Д, Е). Численность мелких гимнодиниальных таксонов, сходных с *Karlodinium*, составляла в 2023 г. 1000 кл./л в июле и 2000–9000 кл./л в августе и была сопоставима с таковой в 2022 г. (рис. 3Г, Д). Несмотря на то, что динофлагеллята *Akashiwo sanguinea* в августе 2023 г. встречена не на всех станциях разреза, ее численность составляет 1000–4000 кл./л, что в среднем вдвое выше по сравнению с аналогичным месяцем 2022 и 2021 гг.

Согласно вертикальным профилям по основным измеряемым параметрам среды (рис. 4) (температура (°C), электропроводность (соленость, ‰), давление (глубина, м), концентрация пигмента хлорофилла-α (мг/л), содержание растворенного кислорода (%) и мутность (NFU)), на всех станциях в Авачинском заливе, выполненных в 2023 г., можно сделать ряд заключений. Прогрев вод поверхности и ветровое перемешивание захватывали лишь незначительный слой — порядка 10–15 м. Ниже располагался мощный термо- и галоклин, а с глубины около 50 м и до 300 м отмечался холодный подповерх-

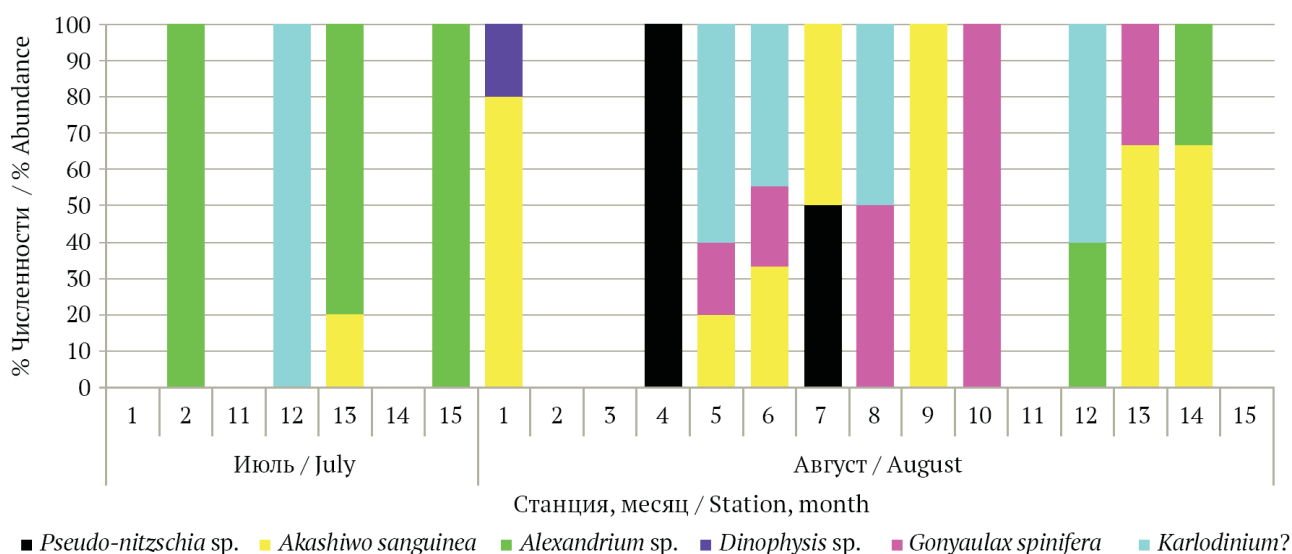


Рис. 2. Таксономическая структура комплекса ВЦВ на прибрежном разрезе Авачинского залива в июле–августе 2023 г.
Fig. 2. Taxonomic structure of the HAB complex in the coastal transect of Avachindky Gulf in July–August 2023

ностный слой (ХПС) с минимальными значениями температуры и малой изменчивостью солёности. И только глубже 400 м значения температуры, достигнув величин порядка 3,5 °C, уже не менялись до максимальных исследованных горизонтов (535 м) — тёплый промежуточный слой (ТПС).

Значения солёности постепенно возрастали с глубиной. Наибольшие концентрации хлорофилла- α фиксировались в верхнем 50-метровом слое, с максимумом на глубине порядка 15 м. В этом же диапазоне находился и кислородный максимум. В ХПС данный показатель изменялся незначительно, а после горизонта в 200 м резко снижался, достигая величин, близких к 5% на 535 м. Мутность вод глубже верхнего слоя скачка также менялась незначительно, а в приповерхностном слое достигала наибольших значений в местах выноса речных вод.

В связи с малым объемом выполненных станций и особенностью их расположения, для описания гидрологических условий в местах проведения работ были построены вертикальные разрезы по температуре, солёности, распределению хлорофилла- α , насыщению вод кислородом и мутности для всех прибрежных станций июля и августа (рис. 5, 6, 7). Для сравнимости полученных результатов, при различном количестве станций в июле, для

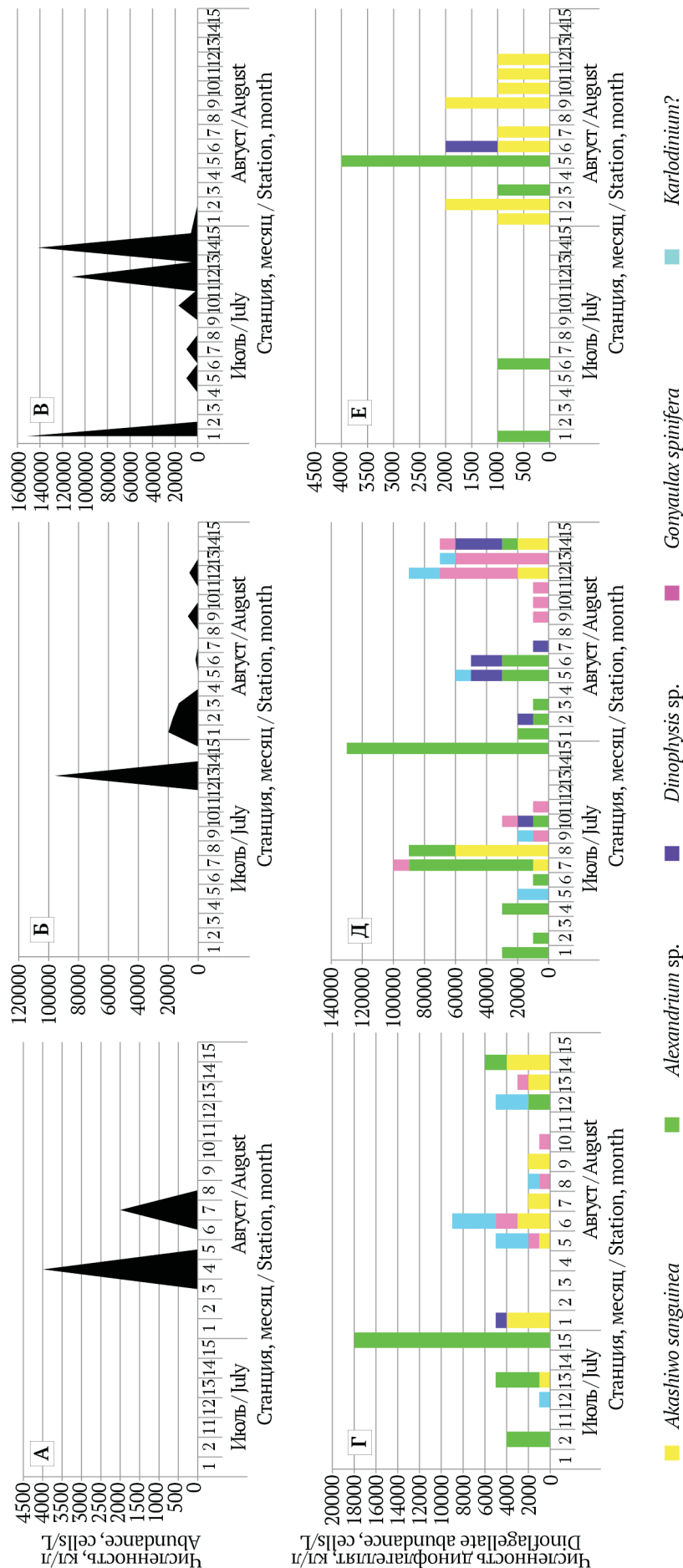


Рис. 3. Динамика численности микроводорослей комплекса ВЦВ в 2022 и 2021 г. в сравнении с 2022 и 2021 г. (А — *Pseudo-nitzschia*, 2023 г.; Б — *Pseudo-nitzschia*, 2022 г.; В — *Pseudo-nitzschia*, 2021 г.; Г — *Dinophysis*, 2023 г.; Д — *Dinophysis*, 2022 г.; Е — *Dinophysis*, 2021 г.; Ж — *Gonyaulax spinifera*, 2023 г.; З — *Gonyaulax spinifera*, 2022 г.; И — *Gonyaulax spinifera*, 2021 г.; К — *Karlodinium*, 2023 г.; Л — *Karlodinium*, 2022 г.; М — *Karlodinium*, 2021 г.).
Fig. 3. Dynamics of microalgae abundance of the HAB complex in 2022 and 2021 (А — *Pseudo-nitzschia*, 2023; Б — *Pseudo-nitzschia*, 2022; В — *Pseudo-nitzschia*, 2021; Г — *Dinophysis*, 2023; Д — *Dinophysis*, 2022; Е — *Dinophysis*, 2021; Ж — *Gonyaulax spinifera*, 2023; З — *Gonyaulax spinifera*, 2022; И — *Gonyaulax spinifera*, 2021; К — *Karlodinium*, 2023; Л — *Karlodinium*, 2022; М — *Karlodinium*, 2021).

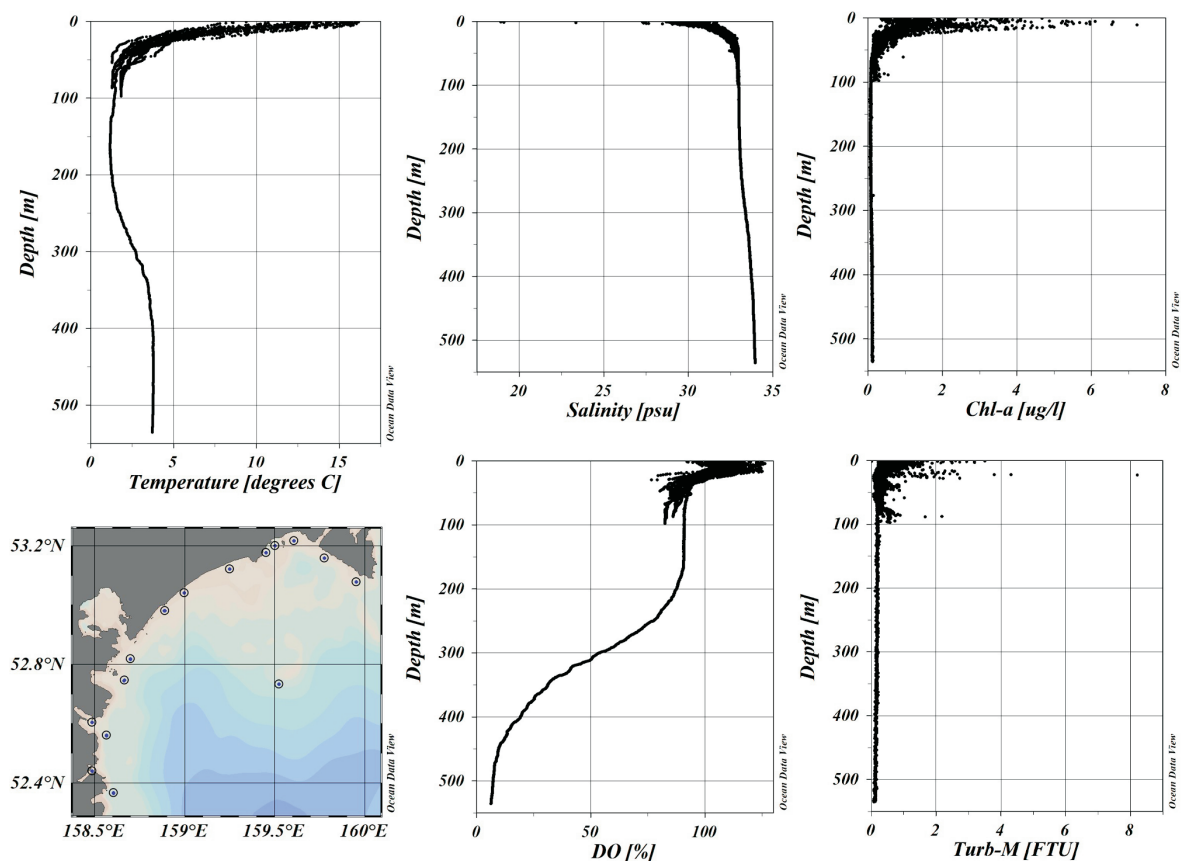


Рис. 4. Вертикальные профили на всех станциях съемок 2023 г. по всем измеренным элементам
Fig. 4. Vertical profiles at all stations of the 2023 survey for all measured elements

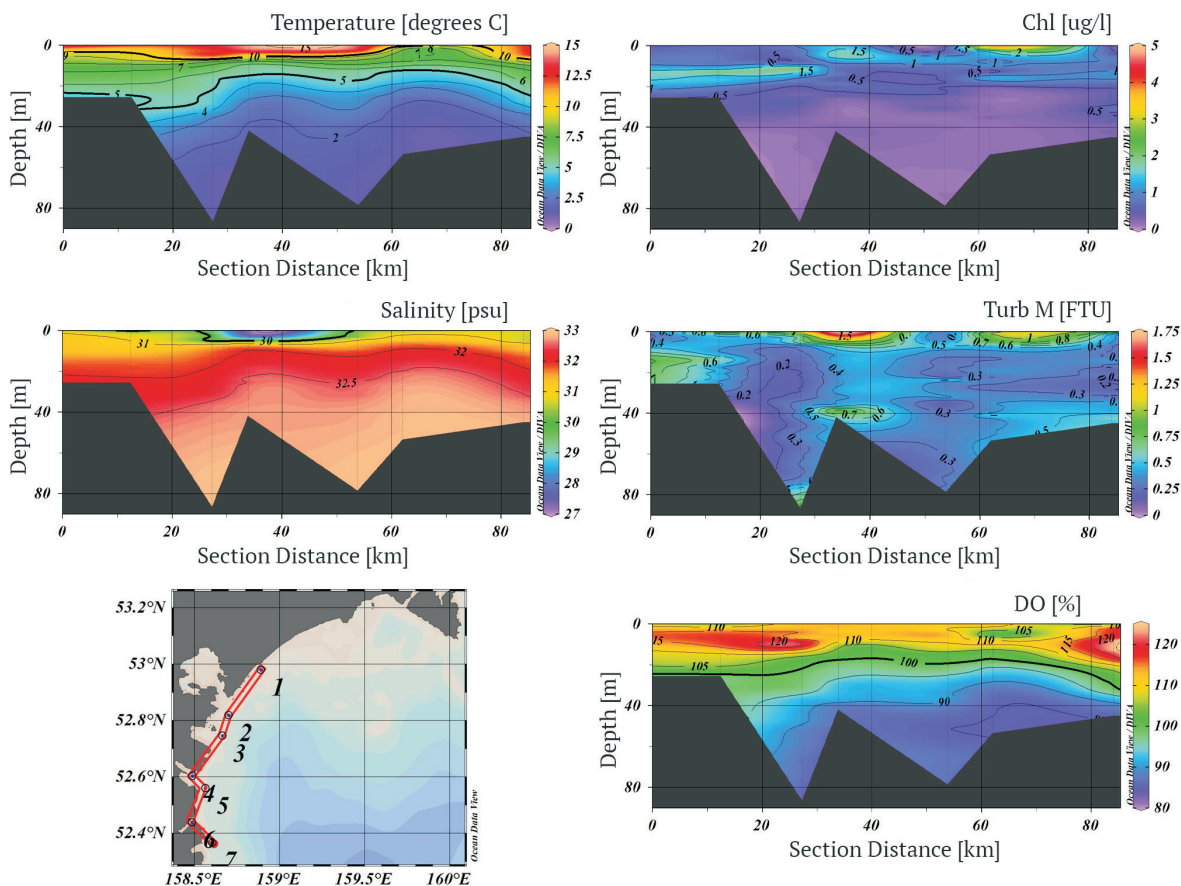


Рис. 5. Вертикальные прибрежные разрезы по всем измеренным параметрам для июля 2023 г. Направление разреза с юга на север
Fig. 5. Vertical coastal transects for all measured parameters for July 2023. The transect direction is from the South to the North

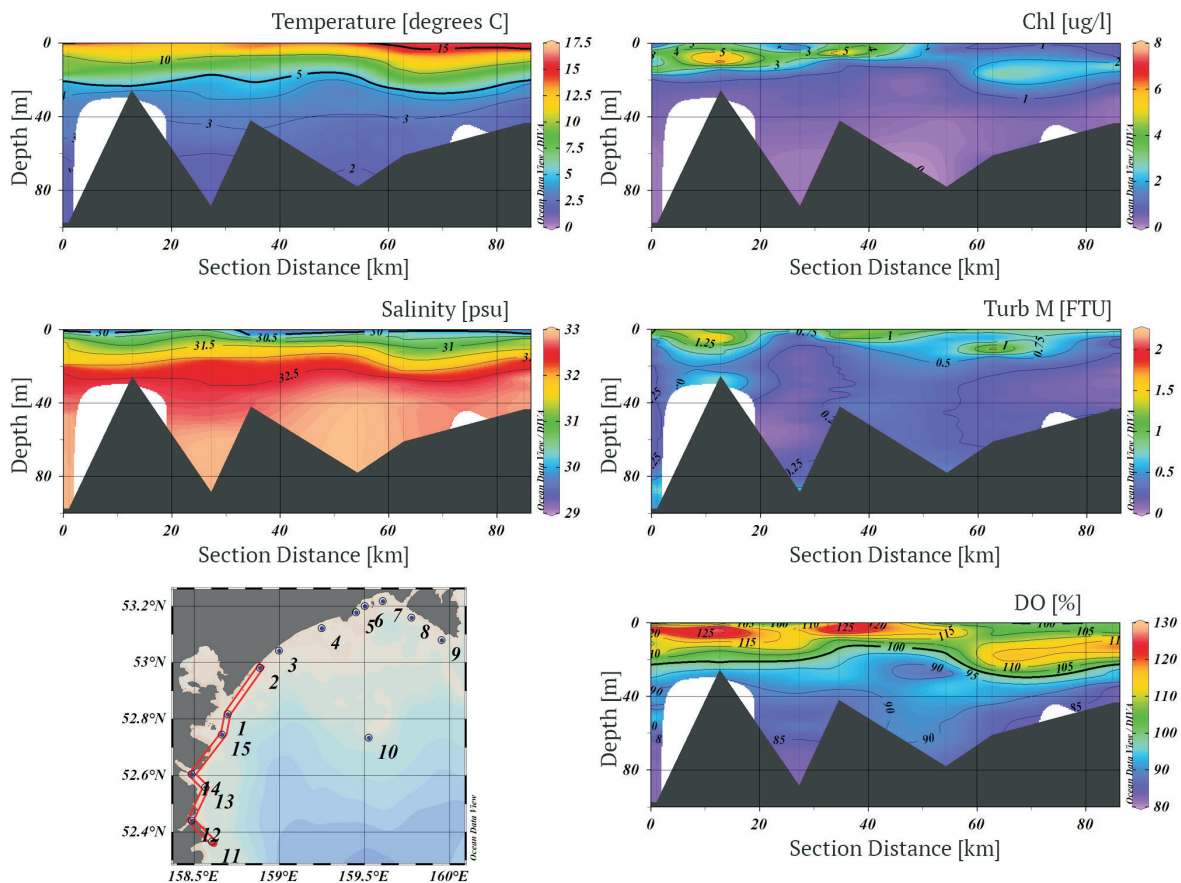


Рис. 6. Вертикальные прибрежные разрезы по всем измеренным параметрам для августа 2023 г. на семи южных станциях. Направление разреза с юга на север
Fig. 6. Vertical coastal transects for all measured parameters for August 2023 at the seven southern stations. The transect direction is from the South to the North

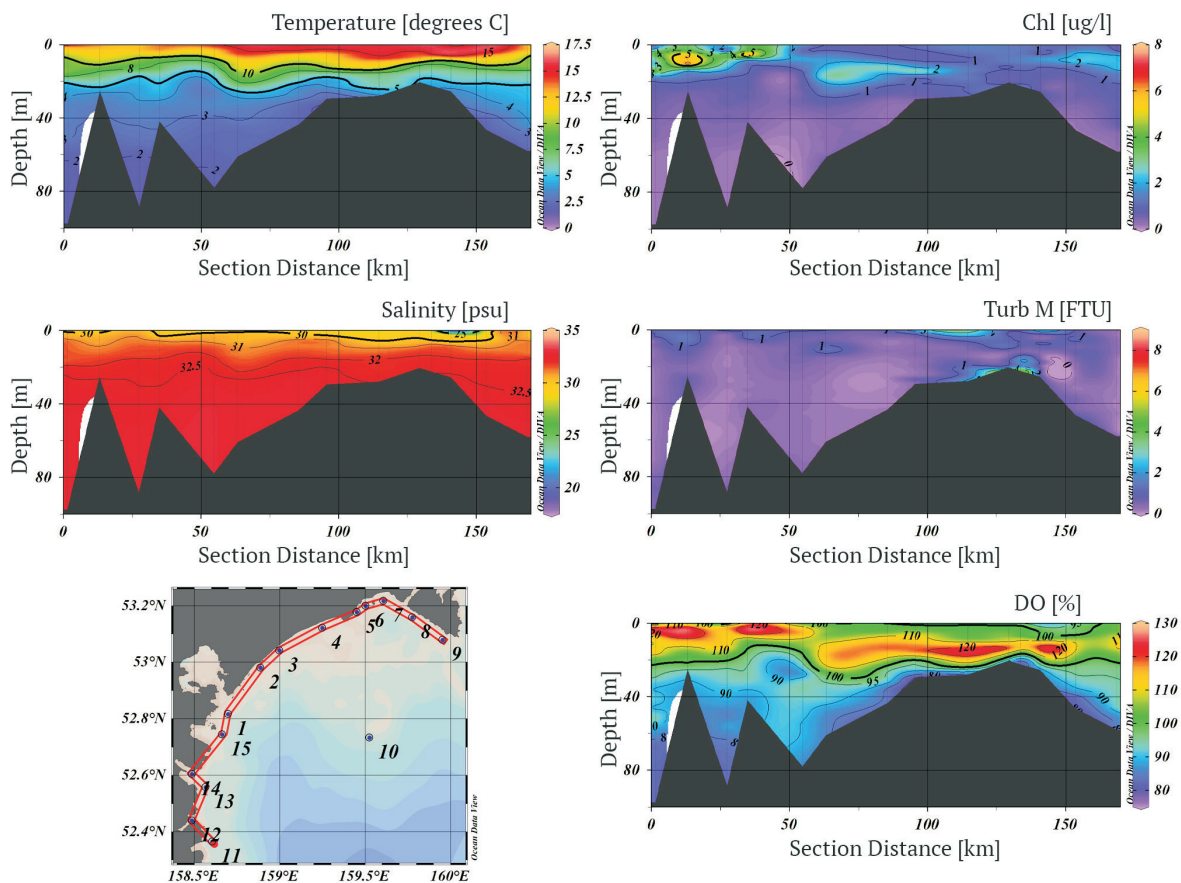


Рис. 7. Вертикальные прибрежные разрезы по всем измеренным элементам для августа 2023 г. на всех выполненных станциях. Направление разреза с юга на север
Fig. 7. Vertical coastal transects for all measured elements for August 2023 at all completed stations. The transect direction is from the South to the North

августа мы построили разрезы по 7 южным станциям (рис. 6), а также привели распределение всех параметров по всем 15 прибрежным станциям (рис. 7).

Сравнение вдольберегового распределения температуры для июля и августа подтверждает сделанный ранее вывод о незначительном уровне прогрева вод тонкого поверхностного слоя (порядка 10 м) в течение месяца. Одновременно глубже 40 м отмечен рост температуры в среднем на 1 °С. Разрез по солености также не выявил существенных различий, кроме наибольшего распреснения в июле в районе бух. Жировой, тогда как в августе тонкий распресненный слой присутствовал на всей протяженности разреза. Глубже 20 м изменения вовсе отсутствовали.

Напротив, уровень пигмента хлорофилла-а заметно возрос за прошедший месяц, и его скопления приобрели более очерченные формы.

Но, как и месяц назад, он практически отсутствовал глубже 25 м. Изменений во вдольбереговом распределении кислорода не прослеживалось, уровень насыщения вод в 100% колебался по глубине от 20 до 25 м. В придонном горизонте он падал до значений менее 80%.

Биогенный фон в августе 2023 г. в целом по разрезу был однородный. Концентрация минерального/фосфатного фосфора изменялась от 0,012 до 0,046 мгР/дм³, составляя в среднем 0,026 мгР/дм³, что в 1,9 раз меньше ПДК (0,05 мг/дм³). Превышения ПДК по минеральному/фосфатному фосфору не отмечено ни на одной из станций (рис. 8А). Фосфор в составе органических соединений (органический фосфор) найден в августе на всех станциях в концентрации от 0,019 до 0,068 мгР/дм³ (рис. 8Б), в среднем для разреза — 0,038 мгР/дм³, или около 60% фосфорного пула.

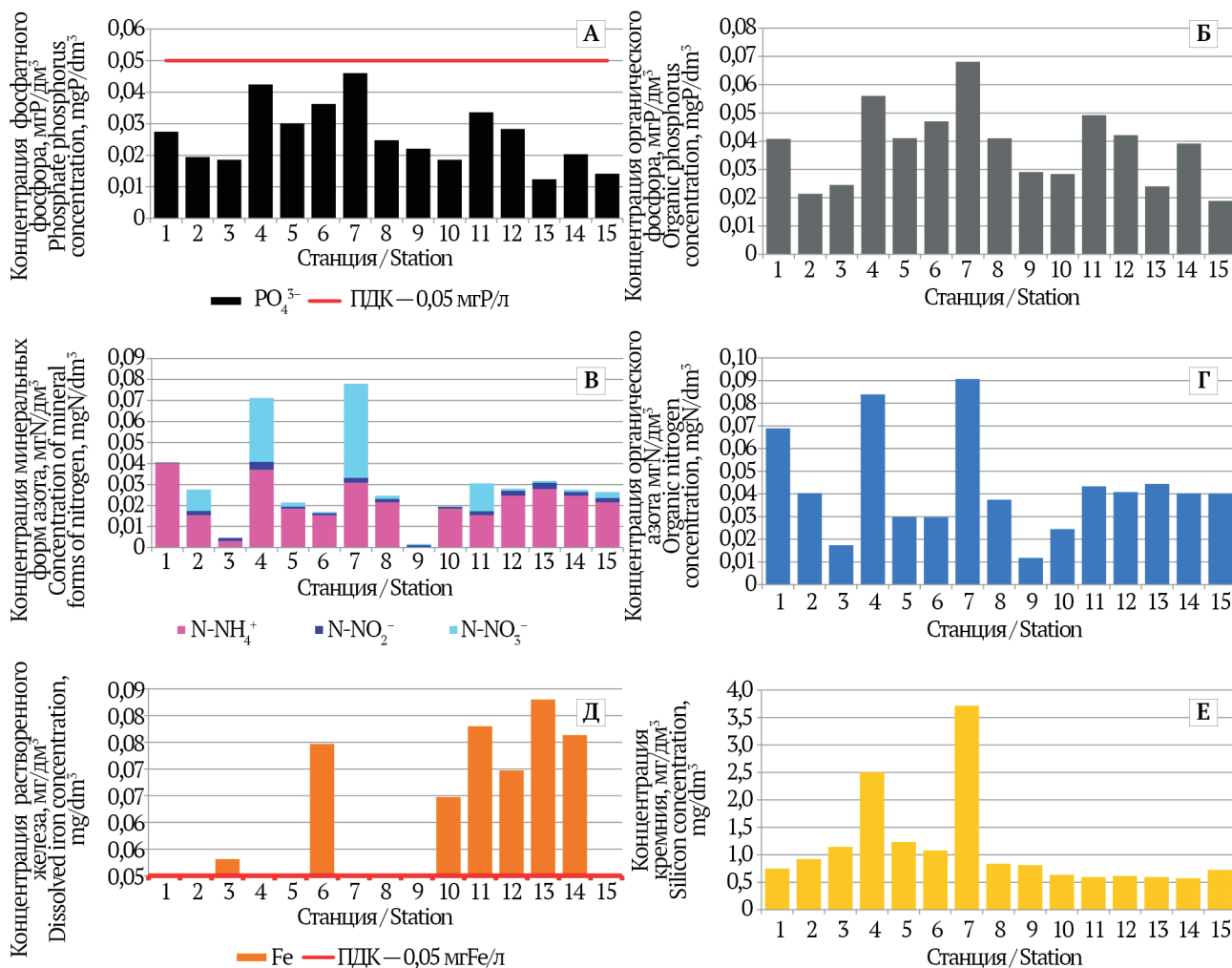


Рис. 8. Содержание биогенных элементов в поверхностном слое на полигоне в Авачинском заливе в августе 2023 г.: А — фосфатного/минерального фосфора; Б — фосфора в составе органических соединений (органический фосфор); В — минеральных форм азота; Г — азота в составе органических соединений (органический азот); Д — растворенного железа; Е — кремния
Fig. 8. Nutrient content in the surface layer at the experimental area in Avachinsky Gulf in August 2023: А — phosphate/mineral phosphorus; Б — phosphorus in organic compounds (organic phosphorus); В — mineral forms of nitrogen; Г — nitrogen in organic compounds (organic nitrogen); Д — dissolved iron; Е — silicon

Минеральный азот в прибрежной зоне Авачинского залива в августе 2023 г. формировали аммонийная, нитритная и нитратная формы (рис. 8В) в концентрациях, значительно меньших ПДК, установленных для морских рыбохозяйственных акваторий. Так, концентрация аммонийного (NH_4^-) азота изменялась по разрезу от нулевых значений до $0,040 \text{ мгН/дм}^3$, составляя в среднем $0,021 \text{ мгН/дм}^3$, что в 109 раз ниже ПДК ($0,2 \text{ мгН/дм}^3$). Азот в составе нитритной (NO_2^-) формы был найден в концентрациях $0,0009-0,0038 \text{ мгН/дм}^3$, средняя для разреза — $0,0017 \text{ мгН/дм}^3$, или в 11 раз меньше ПДК ($0,02 \text{ мгН/дм}^3$). На большинстве станций преобладающей формой в минеральном азоте была аммонийная — от 50 до 90%. Но на ст. 9 при минимальной концентрации минерального азота его аммонийная форма отсутствовала. Азот в составе органических соединений (рис. 8Г) найден на всех станциях — от $0,012$ до $0,091 \text{ мгН/дм}^3$, в среднем для разреза — $0,043 \text{ мгН/дм}^3$, или около 60% азотного пула.

Биогенное/растворенное железо обнаружено большей частью на станциях южной части разреза (рис. 8Д) в концентрациях, превышающих ПДК ($0,05 \text{ мгFe/дм}^3$) в среднем в полтора раза. На большей части прибрежной акватории северной части Авачинского залива содержание железа в поверхностном слое было ниже аналитического нуля.

Содержание кремния слабо изменялось по всему разрезу, за исключением станций 4 и 7, где его концентрация превысила среднюю для разреза ($1,1 \text{ мгSi/дм}^3$) в 2,3 и 3,4 раза соответственно (рис. 8Е).

К особенностям биогенного фона в августе 2023 г. в прибрежной зоне Авачинского залива следует отнести пиковые значения всех биогенных элементов, исключая железо, на станциях 4 и 7 (рис. 8). В этих же точках присутствуют максимумы фосфора и азота в составе органических соединений, а значения железа нулевые. Кроме того, это единственные локальности, где была найдена *Pseudo-nitzscha cf. pungens* (см. рис. 3А).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Летом 2023 г. в поверхностном водном слое мониторингового разреза Авачинского залива найдено всего 9 таксонов микроводорослей комплекса ВЦВ. Наиболее часто встречались и были обильными представители *Alexandrium* и *Gonyaulax* (динофлагелляты). Локальная численность *Alexandrium* в 2023 г. была максимальной

для аналогичного периода наблюдений 2021–2023 гг. и составила $18\,000 \text{ кл./л.}$ Однако его встречаемость была незначительной. Данные инструментальных измерений гидрологических показателей аномалий не выявили. В южной части разреза отмечены концентрации общего железа, превышающие ПДК для рыбохозяйственных морских акваторий. Пиковые значения биогенных элементов совпадали с локальностями обитания диатомеи *Pseudo-nitzschia*.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Коновалова Г.В. 1998. Динофлагелляты (Dinophyta) дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана. Владивосток: Дальнаука. 283 с.
- Коновалова Г.В., Селина М.С. 2010. Динофитовые водоросли. Биота российских вод Японского моря. Т. 8. 351 с.
- Лепская Е.В. 2022. Данные мониторинга микроводорослей комплекса ВЦВ в Авачинском заливе (Восточная Камчатка) в 2021 г. / Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : Матер. XXIII Междунар. науч. конф., посвящ. 130-летию со дня рожд. П.Т. Новограбленова. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 162–165.
- Лепская Е.В., Коломейцев В.В. 2021. Фитопланктон отдельных локальностей Берингова моря и Тихого океана в сентябре 2020 г. / Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : Матер. XXII Междунар. науч. конф. (17–18 ноября 2021 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 147–152.
- Лепская Е.В., Тепнин О.Б., Коломейцев В.В., Курбанов Ю.К., Блохин И.А., Русанова В.А. 2023. Результаты мониторинга микроводорослей комплекса вредоносного «цветения» (ВЦВ) в Авачинском заливе в 2022 г. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 67. С. 46–60.
- ПНД Ф 14.1:2.2-95. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации общего железа в природных и сточных водах фотометрическим методом с о-фенантролином. М.: Мин-во охраны окруж. среды и природных ресурсов РФ (перездание 2004 г.). 17 с.
- Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбо-

хозяйственного значения» (с изм. от 12 октября 2018 г., 10 марта 2020 г.). URL: <https://base.garant.ru/71586774/>

Протисты: Руководство по зоологии. Часть 3. 2011. СПб.; М.: Тов-во науч. изданий КМК. 474 с. РД 52.10.738-2010. 2010. Массовая концентрация фосфатов в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом. М.: ФГУ «ГОИН». 31 с.

РД 52.10.740-2010. 2010. Массовая концентрация азота нитритного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса. М.: ФГУ «ГОИН». 27 с.

РД 52.10.744-2010. 2010. Массовая концентрация кремния в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом в виде синей формы молибдодокремневой кислоты. М.: ФГУ «ГОИН». 14 с.

РД 52.10.745-2010. 2010. Массовая концентрация азота нитратного в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом после восстановления в кадмиевом редукторе. М.: ФГУ «ГОИН». 27 с.

РД 52.10.773-2013. 2013. Массовая концентрация азота аммонийного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Несслера. М.: ФГБУ «ГОИН». 21 с.

Bates S.S., Lundholm N., Hubbard M., Leaw C.P. 2019. Toxic and harmful Marine Diatoms / Diatoms: Fundamentals and Applications. John Wiley & Sons, Inc. P. 389–434. doi:10.1002/9781119370741.ch17 Identifying of marine phytoplankton. 1997. Ed. C.R. Tomas. USA: AcademicPress. 858 p.

REFERENCES

Konovalova G.V. *Krasnyye prilivy u Vostochnoy Kamchatki (Atlas-spravochnik)* [Red tides near Eastern Kamchatka (Atlas-reference book)]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamshat, 1995, 57 p.

Konovalova G.V., Selina M.S. Biota rossiyskikh vod Yaponskogo morya. T. 8. Dinofitovyye vodorosli (Dinophyta) [*Biota of Russian waters of the Sea of Japan. T. 8. Dinophyta algae (Dinophyta)*]. Vladivostok: Dalnauka, 2010, 352 p.

Lepskaya E.V. The data of harmful alga bloom monitoring in Avacha Gulf shore in 2021. *Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas*, 2022, Petropavlovsk-Kamchatsky, pp. 162–165. (In Russ.) EDN: REBTYG. doi:10.53657/9785961004229_162

Lepskaya E.V., Kolomeytsev V.V. The phytoplankton of some sites of Bering Sea and Pacific ocean on September 2020. *Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas*, 2021, Petropavlovsk-

Kamchatsky, pp. 147–152. (In Russ.) EDN: PBXAWU. doi:10.53657/9785961004038_147

Lepskaya E.V., Tepnin O.B., Kolomeytsev V.V., Kurbanov Yu.K., Blokhin I.A., Rusanova V.A. Results of monitoring of microalgae of harmful algal bloom (HAB) complex in the Avachisky Gulf in 2022. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean*, 2022, vol. 67, pp. 46–60. EDN: EOTENC. doi:10.15853/2072-8212.2022.67.46-60

PND F 14.1:2.2-95. Quantitative chemical analysis of water. Methodology for measuring the mass concentration of total iron in natural and waste waters using the photometric method with o-phenanthroline. M.: Ministry of Environmental Protection. environment and natural resources of the Russian Federation (reissue 2004). 17 p.

Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of December 13, 2016 No. 552 “On approval of water quality standards for water bodies of fishery significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery significance” (as amended on October 12, 2018, March 10, 2020). Available at: <https://base.garant.ru/71586774/>

Protisty: Rukovodstvo po zoologii. Chast 3 [A Guide to Zoology. Part 3]. SPb.; M.: Tov-vo nauch. izdaniy KMK, 2011, 474 p.

RD 52.10.738-2010. *Massovaya kontsentratsiya fosfatov v morskikh vodakh. Metodika izmereniy fotometricheskim metodom* [Mass concentration of phosphates in sea waters. Measurement technique by photometric method]. M.: GOIN, 2010, 31 p.

RD 52.10.740-2010. *Massovaya kontsentratsiya azota nitritnogo v morskikh vodakh. Metodika izmereniy fotometricheskim metodom s reaktivom Grissa* [Mass concentration of nitrite nitrogen in sea waters. Measurement technique by photometric method with Griess reagent]. Moscow: GOIN, 2010, 27 p.

RD 52.10.744-2010. *Massovaya kontsentratsiya kremniya v morskoy vode. Metodika izmereniy fotometricheskim metodom v vide siney formy molibdodokremnevoy kisloty* [Mass concentration of silicon in sea water. Photometric measurement technique in the form of a blue form of molybdosilicic acid]. Moscow: GOIN, 2010, 14 p.

RD 52.10.745-2010. *Massovaya kontsentratsiya azota nitratnogo v morskoy vode. Metodika izmereniy fotometricheskim metodom posle vosstanovleniya v kadmiyevom reduktore* [Mass concentration of nitrate nitrogen in sea water. Photometric measurement technique after reduction in a cadmium reducer]. Moscow: GOIN, 2010, 27 p.

RD 52.10.773-2013. *Massovaya kontsentratsiya azota ammoniynogo v morskikh vodakh. Metodika izmereniy fotometricheskim metodom s reaktivom Nesslera* [Mass concentration of ammonium nitrogen in sea waters. Photometric measurement technique with Nessler's reagent]. Moscow: GOIN, 2013, 21 p.

Bates S.S., Lundholm N., Hubbard M., Leaw C.P. Toxic and harmful Marine Diatoms. *Diatoms: Fundamentals and Applications*, 2019, John Wiley & Sons, Inc. P. 389–434. doi:10.1002/9781119370741.ch17 Identifying of marine phytoplankton. (Ed. C.R. Tomas). USA: AcademicPress, 1997, 858 p.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ / COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

Авторы заявляют, что данный обзор не содержит собственных экспериментальных данных, полученных с использованием животных или с участием людей. Библиографические ссылки на все использованные в обзоре данные оформлены в соответствии с ГОСТом. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

The authors declare that this review does not contain their own experimental data obtained using animals or involving humans. Bibliographic references to all data used in the review are formatted in accordance with GOST (the Russian State Standard). The authors declare that they have no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ О ВКЛАДЕ АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTION

Лепская Е.В. — организация работ, обработка проб фитопланктона, анализ гидробиологических и гидрохимических данных, текст статьи за исключением гидрологического раздела. Тепнин О.Б. — анализ гидрологических данных и их описание. Походина М.А. — обработка гидрохимических проб. Морозов Т.Б. — отбор проб и гидрологические промеры в июле. Васильев А.О. — отбор проб и гидрологические промеры в августе.

Lepskaya E.V. provided organization of the works, processing of phytoplankton samples, analysis of hydrobiological and hydrochemical data, text of the article except for the hydrological section. Tepnin O.B. accomplished analysis of hydrological data and their description. Pokhodina M.A. processed hydrochemical samples. Morozov T.B. accomplished sampling and hydrological measurements in July, Vasiliev A.O. – sampling and hydrological measurements in August.

Информация об авторах

Е.В. Лепская — канд. биол. наук, зав. лабораторией рыбохозяйственной экологии, Камчатский филиал ВНИРО (КамчатНИРО). ORCID: 0000-0001-7990-0252

О.Б. Тепнин — зав. сектором океанографии, Камчатский филиал ВНИРО (КамчатНИРО). ORCID: 0000-0001-9596-4336

М.А. Походина — ст. специалист лаборатории химического анализа, Камчатский филиал ВНИРО (КамчатНИРО).

ORCID: 0009-0005-4714-0179

Т.Б. Морозов — ст. специалист сектора гидробиологии, Камчатский филиал ВНИРО (КамчатНИРО). ORCID: 0000-0001-6782-6921

А.О. Васильев — специалист лаборатории морских рыб, Камчатский филиал ВНИРО (КамчатНИРО)

Information about the authors

Ekaterina V. Lepskaya – Ph. D. (Biology), Head of Lab. of fisheries ecology (KamchatNIRO). ORCID: 0000-0001-7990-0252

Oleg B. Tepnin – Head of Oceanography Division (KamchatNIRO). ORCID: 0000-0001-9596-4336

Mariya A. Pokhodina – Senior Specialist of Lab. of chemical analysis (KamchatNIRO). ORCID: 0009-0005-4714-0179

Taras B. Morozov – Senior Specialist of hydrobiology sector (KamchatNIRO). ORCID: 0000-0001-6782-6921

Artyom O. Vasilyev – Specialist of Lab. of marine fish (KamchatNIRO)

Статья поступила в редакцию / Received: 19.04.2024

Одобрена после рецензирования / Revised: 22.04.2024

Статья принята к публикации / Accepted: 17.05.2024