

УДК [581.526.325+591.524.12](265.5)'2024'

Л.В. Курбанова^{1,2}, Т.А. Клочкова¹

¹ Камчатский государственный технический университет,
Петропавловск-Камчатский, 683003;

² Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, 683000
e-mail: tatyana_algae@mail.ru

ЦВЕТЕНИЕ ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА В АВАЧИНСКОЙ ГУБЕ (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА) В 2024 ГОДУ

В статье обсуждаются данные подсчета количества клеток планктона в водах Авачинской губы в регулярные промежутки времени с 12.05.2024 г. по 23.10.2024 г., а также анализ цветения воды по архивным спутниковым снимкам, выгруженным с портала SoarEarth. По нашим наблюдениям, вызывающая «красные приливы» морская инфузория *Myrionecta rubra* Jankowski и ее пища – криптомонады, – присутствуют в воде круглогодично, распространены по всей водной толще. Осенний пик цветения пришелся на 08.10.2024 г., когда численность *M. rubra* на поверхности составила 8 млн 863 тыс. кл./литр. Суммарное количество клеток планктона в этот день составило 58 911 600 кл./литр, в их число входили криптомонады, диатомея *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve (42 млн 45 тыс. кл./литр), динофлагеллят *Amylax triacantha* (Jørgensen) Sournia, церкозои *Ebria tripartita* (Schumann) Lemmermann, личинки полихеты *Polydora limicola* Annenkova, брюхожесничная инфузория *Stylonychia mytilus* Ehrenberg, медузы *aff. Eutonina* sp. Наши исследования показали, что массовому «цветению» *M. rubra* в Авачинской губе постоянно сопутствует наиболее активное размножение криптомонад. Цветение мирионекты не должно рассматриваться как безопасное в регионе, поскольку в морской трофической цепи ей принадлежит промежуточное место и за ее массовым развитием может следовать цветение других микроорганизмов, в том числе питающихся мирионектой токсичных динофлагеллят и диатомовых водорослей. Для снижения частоты и интенсивности «цветений» Авачинской губы необходимы постоянный контроль за численностью и структурой планктона и снижение на нее антропогенной нагрузки*.

Ключевые слова: Авачинская губы, динофлагелляты, «красные приливы», криптомонады, мирионекта, пищевая цепь, планктон, спутниковые снимки, экосистема, *Myrionecta rubra*.

L.V. Kurbanova^{1,2}, T.A. Klochkova¹

¹ Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003;

² Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000
E-mail: tatyana_algae@mail.ru

PHYTO- AND ZOOPLANKTON BLOOM IN THE AVACHA BAY (SOUTHEAST KAMCHATKA) IN 2024

In this paper, we discuss personally collected data on the number of plankton cells from the Avacha Bay estimated at regular intervals from 12.05.2024 to 23.10.2024. We also analysed the seawater blooming in this bay based on archival satellite images downloaded from the SoarEarth portal. Our observations revealed that the marine ciliate *Myrionecta rubra* Jankowski, which causes red tides, and its food – cryptomonads – are present in the seawater all year round and distributed throughout the seawater column. The autumn bloom's peak occurred on 08.10.2024, when the number of *M. rubra* on the seawater surface made 8 million 863 thousand cells/liter. The total number of plankton cells counted on this day was 58,911,600 cells/liter, including cryptomonads, diatom

* Авторы выражают благодарность сотрудникам КФ ТИГ ДВО РАН д.б.н. Н.Г. Клочковой за полезные комментарии и вопросы по тексту статьи и д.б.н. С.Г. Коростелеву за содействие в организации сбора проб. Работа подготовлена в рамках выполнения проектов «Морская экология: Разработка биотехники выращивания бурых водорослей Камчатского края для санитарной марикультуры и восстановления их естественных популяций» (Пер. № НИОКТР 122040600047-4) и «Исследование и сохранение уникального морского биоразнообразия Камчатки» (Пер. № 124093000049-8).

species *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve (42 million 45 thousand cells/liter), dinoflagellate *Amylax triacantha* (Jørgensen) Soumia, cercozoan *Ebria tripartita* (Schumann) Lemmermann, polychaete larvae *Polydora limicola* Annenkova, gastrociliated ciliate *Stylonychia mytilus* Ehrenberg, and jellyfish aff. *Eutonina* sp. As our studies showed, massive blooming of *M. rubra* in the Avacha Bay is constantly accompanied by the most active reproduction of cryptomonads. Thus the blooming of *M. rubra* should not be considered safe in this region, since this ciliate occupies an intermediate place in the marine trophic chain and its massive development can be followed by a blooming of other microorganisms, including toxic dinoflagellates and diatoms that feed on *M. rubra*. To reduce the frequency and intensity of plankton blooming in the Avacha Bay, it is necessary to constantly monitor the number and structure of plankton and reduce the anthropogenic load on the bay.

Key words: Avacha Bay, dinoflagellates, red tides, cryptomonads, food chain, plankton, satellite images, ecosystem, *Myrionecta rubra*.

В последние десятилетия «красные приливы», т. е. визуально наблюдаемое изменение цвета воды на поверхности моря, вызванное массовым размножением планктона, приобретают характер глобальной эпидемии. В отдельных районах Мирового океана цветение воды настолько интенсивное, что возможно определить семейственную и родовую принадлежность планктона по цветовой гамме флуоресценции пигмента с помощью метода спутникового дистанционного зондирования [1]. Массовому размножению планктона во многом способствует антропогенная эвтрофикация прибрежных вод и внутренних морей. Помимо антропогенного воздействия во всем мире наблюдаются естественные изменения морских экосистем, связанные с глобальными изменениями климата. Они сопровождаются изменениями ареалов видов, состава и структуры донных и планктонных сообществ, появлением видов-вселенцев.

Проблема «красных приливов» актуальна для всей Восточной Камчатки. Впервые зафиксированные здесь в 1945 г. между мысами Олюторский и Наварин, с конца 1980-х гг. они стали интенсивными и устойчивыми [2–4]. В Авачинской губе цветение воды стало практически круглогодичным с 1990-х гг., прерываясь с небольшими промежутками между сезонными пиками. При этом экологическое состояние планктона прикамчатских вод полноценно не контролируется и опубликованные данные по его количественному составу имеют скорее эпизодический, чем регулярный характер.

Внимание к Авачинской губе обусловлено тем, что на ее берегах расположена городская агломерация Петропавловск – Елизово – Вилючинск, где сосредоточена большая часть промышленного потенциала Камчатки и живет основная масса населения региона. В Авачинскую губу впадают реки, несущие с водосборной площади отходы сельскохозяйственных предприятий и фермерских хозяйств. В будущем в связи с планируемым освоением Северного морского пути (СМП) на ее берегах планируется строительство одного из основных транспортных узлов – порта-хаба с функцией перевалочной и снабженческой базы СМП. В связи с этим можно прогнозировать, что антропогенная нагрузка на водоем будет возрастать.

За последние 50 лет Авачинская губа уже потеряла большую часть своего бывшего биоразнообразия [5, 6]. Здесь кардинально изменились состав макро- и мейобентоса, населяющая мягкие грунты флора и фауна, планктон. На большинстве участков береговой линии прибрежные сообщества уже давно потеряли свой природный облик [7, 8]. Начальные стадии их деградации наблюдаются на участках побережья, прилегающих к Авачинской губе.

Еще 29 лет назад, в 1995 г., сообщалось, что в Авачинской губе «красные приливы» преимущественно вызываются обильным размножением морской инфузории *Myrionecta rubra* Jankowski [2]. Подсчет количества клеток систематически не проводился, и характеристика явления чаще была описательной и квалифицировалась как «высокая плотность популяции» (в данном случае клеток *M. rubra*) В последние годы в СМИ и на сайтах камчатских научных организаций о вспышках *M. rubra* сообщалось достаточно регулярно и указывалось, что «численность потенциально вредоносных микроводорослей мала, поэтому обследованные акватории опасности в данный момент не представляют» [9, 10].

Но настолько ли безопасно круглогодичное цветение *M. rubra* в Авачинской губе? Может ли оно служить сигналом того, что загрязнение Авачинской губы в последние несколько лет критически ускорилось и экологическая устойчивость бухты и ее способность к поддержанию природного равновесия снижаются еще более стремительно?

Для выяснения этого вопроса мы провели подсчет количества клеток планктона в водах Авачинской губы в районе 3-го причала Петропавловск-Камчатского морского торгового порта (ст. 1; рис. 1, Б) и на трех дополнительных станциях (ст. 2–4; рис. 1, Б) в регулярные промежутки времени с 12.05.2024 г. по 23.10.2024 г., т. е. в течение приблизительно 5,5 месяца. Условно это время можно разделить на поздневесенний, летний и осенний периоды. Пробы отбирали батометром Молчанова ГР-18 в поверхностном и придонном слоях на глубине от 12 до 23,3 м, как показали данные судового эхолота. Клетки планктона просчитывали в счетной камере Sedgewick-Rafter объемом 1 мл. Под плотностью планктона понимали количество клеток в литре воды. Для подсчета подвижных клеток пробы фиксировали в слабом растворе формальдегида. Камеральную обработку проб проводили с помощью микроскопов «VanGuard» 1113 АМН и Olympus BX53 с цифровой фотокамерой Olympus DP73 с программным обеспечением Cell Sens Standard (Olympus, Japan).

Для анализа цветения воды использовали архивные спутниковые снимки Авачинской губы, выгруженные с портала SoarEarth [11]. Снимки были сделаны с помощью сенсора Sentinel-2 с разрешением 10 м на 1 пиксель (рис. 1, А – Д). На портале SoarEarth просматривали все снимки района за период с мая по октябрь 2024 г. После отбраковки снимков с облачностью, бликами, сильным волнением выбрали четыре изображения, на которых заметно обильное цветение в бухте, видимое со спутника как полосы и пятна на водной поверхности (рис. 1, А – Д).

По нашим наблюдениям, *M. rubra* и ее пища – криптомонады – присутствуют в воде круглогодично, распространены по всей водной толще, поскольку встречались в пробах с поверхностного и придонного слоя. До начала отчетливо видимой фазы цветения, которое в 2024 г. началось в первые дни сентября, численность *M. rubra* (на 30.07.24) составила 330 кл./литр. При этом на снимке Авачинской губы с портала SoarEarth еще в конце июня отчетливо видно изменение цвета воды, полосы и большое зеленое пятно, занимающее практически 2/3 ее площади (рис. 1, А). На фотографиях, сделанных с самолета в конце июля 2024 г., также видно, что вода в Авачинской губе окрашена в желто-горчичный и зеленоватый цвета. Таким образом, в те месяцы это была не *M. rubra*, а другие планктонные организмы. Информация о них будет приведена нами в отдельной публикации. На снимке, сделанном в августе, уже видны желто-зеленые полосы вдоль побережья, расположенного напротив г. Петропавловска-Камчатского (рис. 1, Б), при этом численность *M. rubra* оставалась стабильно низкой и вода в красный цвет окрашена не была.

Обильное цветение *M. rubra* началось в начале сентября (рис. 1, В) и продолжилось до конца октября (рис. 1, В – Г). Так, с 11.09.2024 г. по 13.09.2024 г., т. е. всего за двое суток, численность *M. rubra* только в поверхностном слое воды в районе сбора проб в Авачинской губе увеличилась в 2,5 раза – с 182 тыс. кл./литр до 456 тыс. кл./литр. Уже через трое суток, т. е. 16.09.2024 г., численность клеток возросла в пять раз и составила 2 млн 333 тыс. кл./литр.

Скачков повышения и последующего понижения численности клеток (в период с 11.09.2024 г. по 23.10.2024 г.) было несколько, пик цветения пришелся на 08.10.2024 г., когда численность *M. rubra* на поверхности составила 8 млн 863 тыс. кл./литр, т. е. в 48,6 раза больше, чем месяцем ранее. Затем через трое суток после 08.10.24 численность клеток пошла на понижение и составила 1 млн 409 тыс. кл./литр. Через шесть суток, к 17.10.24 г., она снова повысилась до 3 млн 640 тыс. кл./литр). При этом стоит особо отметить, что *M. rubra* не была единственным видом в наших пробах. Суммарное количество клеток планктона в пробах, собранных в пик его цветения 08.10.2024 г., составило 58 911 600 кл./литр, в их число входили криптомонады, диатомовые *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve (массовый вид, по численности превосходивший *M. rubra* в 4,7 раза и составивший 42 млн 45 тыс. кл./литр), *Amylax triacantha* (Jørgensen) Sournia, *Ebria tripartita* (Schumann) Lemmermann, личинки полихеты *Polydora limicola* Annenkova, брюхохоресничая инфузория *Stylonychia mytilus* Ehrenberg, медузы aff. *Eutonina* sp.

В настоящее время известно, что вид *M. rubra* не продуцирует токсины, т. е. нетоксичен [12, 13], однако это не делает его массовое цветение безопасным [14, 15]. В научной литературе неоднократно сообщалось о его губительном воздействии на прибрежные экосистемы и объекты открытой марикультуры [16–18]. После отмирания клеток *M. rubra* происходит бактериальное разложение взвешенного и оседающего на дно органического вещества, что вызывает резкое снижение в воде содержания кислорода и появление сероводорода и аммиака. Непрерывающееся поступление гниющей органики способно привести к смертности донных животных, полезных микроорганизмов [19–20], а также к заилению субстрата [8]. В последние несколько лет со стороны моря в г. Петропавловске-Камчатском регулярно доносится ощутимый запах серово-

дорода и аммиака, свойственный разложению органики, причем присутствует он во все сезоны года. Отметим, что наблюдаемое нами массовое развитие *M. rubra* и другого микропланктона отчетливо коррелирует с этим явлением.

Кроме того, как уже было сказано выше, *M. rubra* не цветет в одиночку и представляет собой промежуточное звено в единой трофической цепи видов, формирующих «красный прилив», многие из которых токсичны, в данном случае динофлагелляты.

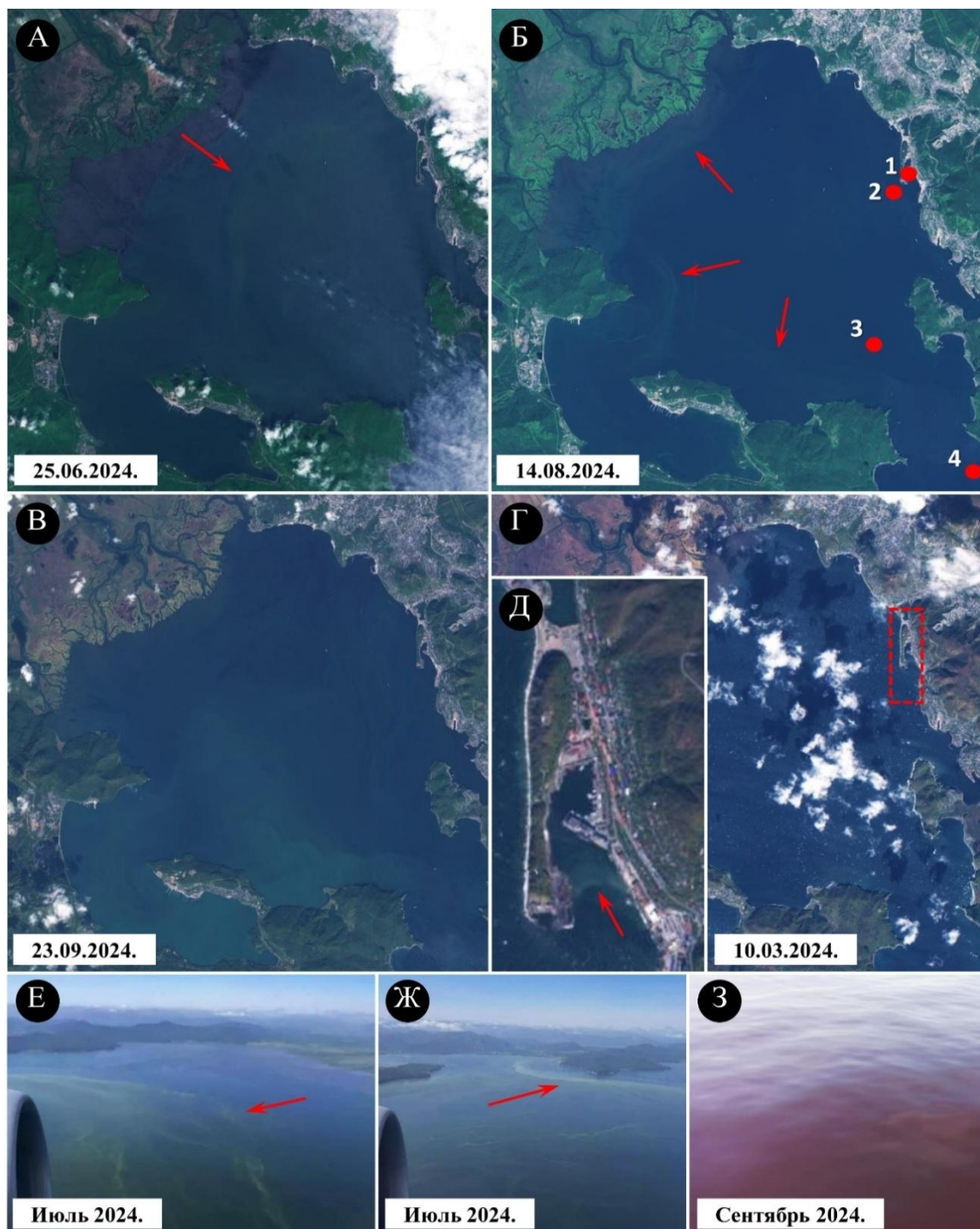


Рис. 1. Цветение воды в Авачинской губе в разные месяцы 2024 г.

Красными точками и номерами 1–4 на рис. Б отмечены места отбора проб.

А – Д – архивные спутниковые снимки, выгруженные с портала SoarEarth. Стрелками показано цветение, видимое со спутника как полосы и обширные пятна на поверхности бухт; В – цветением охвачена вся бухта;

Г – на снимке пунктиром отмечена территория 3-го причала Петропавловск-Камчатского морского торгового порта, охваченная «красным приливом» (увеличено на рис. Д, четко видимая зеленая полоса показана стрелкой);

Е – Ж – цветение воды в бухте, видимое из иллюминатора самолета; З – красный цвет воды в бухте, вызванный массовым размножением *Myrionecta rubra*

Для объяснения этого утверждения отметим, что сама инфузория является облигатным миксотрофом, и для устойчивого фотосинтеза и роста популяции ей требуется употребление в пищу клеток криптононад [21]. Чтобы расти с максимальной скоростью, она съедает одну клетку криптоноады в день, что обеспечивает всего 1–2% от суточной потребности в углероде [22]. Из литературных данных известно, что *M. rubra* способна поддерживать фотосинтетические клептопластиды и ядра криптононад внутри себя в функциональном состоянии в течение 13 недель, при этом попавшие внутрь ее клетки чужеродные органеллы «съеденных» криптононад активно делятся [23].

Наши исследования показали, что массовому «цветению» *M. rubra* в Авачинской губе постоянно сопутствует «цветение» криптононад, тем не менее последние часто вообще не упоминаются и не считаются опасными. Представители этой группы могут быть автотрофами, гетеротрофами и миксотрофами, т. е. питаются бактериями, обильно развивающимися в воде, особенно на фоне антропогенного загрязнения, прежде всего вызванного канализационными стоками, несущими большое количество взвешенной и растворенной органики. Изучение количественного содержания в клетках *M. rubra* представителей этой группы водорослей в период ее массового развития в Авачинской губе показало, что среднее количество клептопластид криптононад в одной инфузории может достигать 20–22 штук. Для удовлетворения такого «аппетита» *M. rubra* необходимо, чтобы популяция поедаемого вида была в несколько раз больше, чем у вида-потребителя.

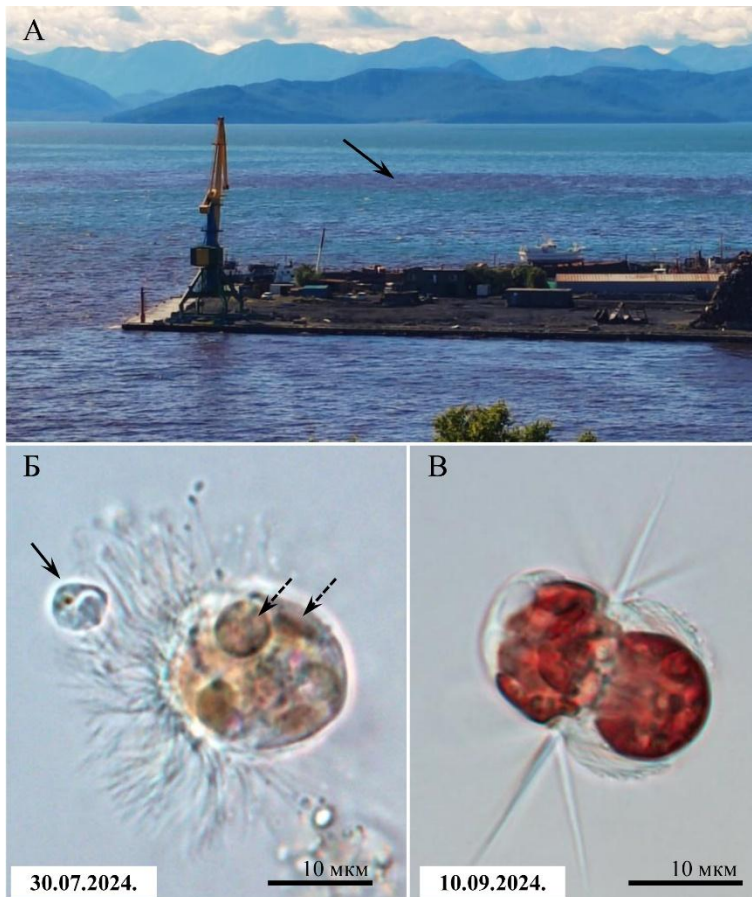


Рис. 2. «Красный прилив» в районе Петропавловск-Камчатского морского торгового порта в сентябре 2024 г. (рис. А, стрелка) и его возбудитель – морская инфузория *Myrionecta rubra* (Б, В);

Б – инфузория с небольшим количеством «съеденных» криптононад внутри нее (показаны пунктирными стрелками). Также одна клетка криптоноады удерживается ресничками инфузории (показано стрелкой);
В – инфузория с большим количеством живых клептопластид от «съеденных» ею криптононад

В прослеженной нами пищевой цепи *M. rubra*, судя по данным других исследователей, является пищей более крупных динофлагеллят [24, 25] и других планктонных организмов [26–30]. В Авачинской губе Г.В. Коновалова регистрировала 12 токсичных и потенциально токсичных видов и форм динофлагеллят [2]. В связи с изложенным выше обстоятельством – массовом развитии *M. rubra*, происходящем в период наиболее активного размножения криптононад, – цветение вод Авачинской губы, вызванное данным видом инфузорий, не должно рассматриваться как безопасное. В описанной выше трофической цепи ему принадлежит промежуточное место. За его массовым развитием может следовать цветение других микроорганизмов, в том числе пи-

тающихся мирионектой токсичных динофлагеллят и диатомовых водорослей. Для снижения частоты и интенсивности «цветений» Авачинской губы необходим постоянный контроль за численностью и структурой планктона и снижение на нее антропогенной нагрузки.

Литература

1. The many shades of red tides: Sentinel-2 optical types of highly-concentrated harmful algal blooms / P. Gernez, M.L. Zoffoli, T. Lacour, T.H. Farinas, G. Navarro, I. Caballero, T. Harmel // Remote Sensing of Environment. – 2023. – Vol. 287, № 113486. – P. 1–19.
2. Коновалова Г.В. «Красные приливы» у восточной Камчатки (Атлас-справочник). – Петропавловск-Камчатский: Камшат, 1995. – 56 с.
3. Токранов А.М. Состав прибрежной ихтиофауны юго-восточной Камчатки после вредоносного цветения водорослей осенью 2020 года // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2022. – № 59. – С. 38–48.
4. Санамян Н.П., Коробок А.В., Санамян К.Э. Качественная оценка последствий влияния вредоносного цветения водорослей осенью 2020 года у побережья Юго-Восточной Камчатки (Северо-Западная Пацифика) на мелководные бентосные сообщества // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2023. – № 63. – С. 22–44.
5. Клочкова Н.Г., Березовская В.А. Макрофитобентос Авачинской губы и его антропогенная деструкция. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 208 с.
6. Очеретяна С.О., Клочкова Н.Г., Клочкова Т.А. Сезонный состав «зеленых приливов» в Авачинской губе и влияние антропогенного загрязнения на физиологию и рост некоторых зеленых водорослей // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2015. – № 33. – С. 30–36.
7. Морская экология: Разработка биотехники выращивания бурых водорослей Камчатского края для санитарной марикультуры и восстановления их естественных популяций. Рег. № НИ-ОКТР 122040600047-4. Этап 1: Отчет о НИР / Т.А. Клочкова, А.Н. Капустин, М.В. Васильев, М.В. Благодрава, Р.Г. Болотова; Федеральное агентство по рыболовству. – 2022. – 112 с.
8. Морская экология: Разработка биотехники выращивания бурых водорослей Камчатского края для санитарной марикультуры и восстановления их естественных популяций. Рег. № НИ-ОКТР 122040600047-4. Этап 2: Отчет о НИР / Т.А. Клочкова, А.В. Климова, М.В. Васильев, Л.А. Позолотина, М.А. Соколов, В.Р. Мунгалова; Федеральное агентство по рыболовству. – 2023. – 85 с.
9. Наука: Цветение водорослей в Авачинской губе пока неопасно. – URL: <https://fishnews.ru/news/45269> (дата обращения: 02.12.2024).
10. Красные полосы Авачинской губы. – URL: http://kamniro.vniro.ru/presscenter/news/krasnye_polosy_avachinskoj_guby (дата обращения: 02.12.2024).
11. Soar. The new Atlas. – URL: <https://soar.earth/> (дата обращения: 02.12.2024).
12. Fenchel T. On “red water” in the Isefjord (inner Danish waters) caused by the ciliate *Mesodinium rubrum* // Ophelia. – 1968. – Vol. 5. – P. 245–253.
13. Lindholm T. *Mesodinium rubrum* – a unique photosynthetic ciliate // Advances in Applied Microbiology. – 1985. – Vol. 3. – P. 1–48.
14. Yoo J.S., Kim Y.H., Lee I.K. Recolonization of the disturbed benthic algal community in Incheon Dock // Korean Journal of Botany. – 1991. – Vol. 34. – P. 165–173 (in Korean).
15. Yoo J.S., Kim Y.H., Lee I.K. Succession of benthic algal community in Dock marine ecosystem perturbed by red tide // Algae. – 1999. – Vol. 14. – P. 181–187 (in Korean).
16. The role of phytoplankton in the dissolved oxygen budget of a stratified estuary / P.G. Soulsby, M. Mollowney, G. Marsh, D. Lowthion // Water Science and Technology. – 1984. – Vol. 17. – P. 145–156.
17. Hayes G.C., Purdie D.A., Williams J.A. The distribution of ichthyoplankton in Southampton Water in response to low oxygen levels produced by a *Mesodinium rubrum* bloom // Journal of Fish Biology. – 1989. – Vol. 34. – P. 811–813.
18. Potential risk of *Mesodinium rubrum* bloom in aquaculture area of Dapeng’ao cove, China: diurnal changes in the ciliate community structure in the surface water / H. Liu, X. Song, L. Huang, Y. Tan, Y. Zhong, J.R. Huanf // Oceanologia. – 2012. – Vol. 54. – P. 109–117.

19. Мангазеев А.В., Клочкова Н.Г., Клочкова Т.А. Использование дистанционного мониторинга для оценки состояния макрофитобентоса Авачинской губы в районе сброса стоков очистных сооружений // Вестник научного центра ВОСТНИИ по промышленной и экологической безопасности. – 2024. – № 3. – С. 80–88.
20. Обратноосмотическая фильтрация молочной творожной сыворотки как способ детоксикации ее выбросов и улучшения функционирования очистных сооружений г. Петропавловска-Камчатского / А.В. Мангазеев, М.В. Васильев, Т.А. Клочкова, Н.Г. Клочкова // Промышленные процессы и технологии. – 2024. – Т. 4, № 1. – С. 28–43.
21. Importance of the mixotrophic ciliate *Myrionecta rubra* in marine ecosystems / G. Myung, H.S. Kim, K.G. Jang, J.W. Park, W. Yih // Sea. – 2007. – Vol. 12. – P. 178–185 (in Korean).
22. Smith M., Hansen P.J. Interaction between *M. rubrum* and its prey: importance of irradiance, prey concentration, and pH // Marine Ecology Progress Series. – 2007. – Vol. 338. – P. 61–70.
23. Cryptophyte gene regulation in the kleptoplastidic karyokleptic ciliate *Mesodinium rubrum* / G.H. Kim, J.H. Han, B. Kim, J.W. Han, S.W. Nam, W. Shun, J.W. Park, W. Yih // Harmful Algae. – 2016. – Vol. 52. – P. 23–33.
24. First successful culture of the marine dinoflagellate *Dinophysis acuminata* / M.G. Park, S. Kim, H.S. Kim, G. Myung, Y.G. Kang, W. Yih // Aquatic Microbial Ecology. – 2006. – Vol. 45. – P. 101–106.
25. Harmful *Dinophysis* species: a review / B. Reguera, L. Velo-Suárez, R. Raine, M.G. Park // Harmful Algae. – 2012. – Vol. 14. – P. 87–106.
26. Rassmussen E. Systematics and ecology of the Isefjord marine fauna (Denmark) // Opelia. – 1973. – Vol. 11. – P. 1–507.
27. Jimenez R., Intriago P. Observation blooms of *Mesodinium rubrum* in the upwelling area off Ecuador // Oceanologica Acta, Supplementum 1987. Proceedings of the International Symposium on Equatorial Vertical Motion, Paris, 6–10 May 1985. – 1987. – P. 145–154.
28. Sullivan L.J., Gifford D.J. Diet of the larval ctenophore *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz (Ctenophora, Lobata) // Journal of Plankton Research. – 2004. – Vol. 26, Iss. 4. – P. 417–431.
29. Rapid feeding on live organisms of the phototrophic ciliate *Mesodinium rubrum* by Farrer's Scallop *Chlamys farreri* / W. Yih, H.S. Kim, G. Myung, Y.G. Kim // Journal of Marine Biotechnology. – 2004. – Vol. 6. – P. 142–145.
30. Liu H., Dagg M.J., Strom S. Grazing by the calanoid copepod *Neocalanus cristatus* on the microbial food web in the coastal Gulf of Alaska // Journal of Plankton Research. – 2005. – Vol. 27. – P. 647–662.