

Научная статья / Original article

УДК 574.583(265.5)

doi:10.15853/2072-8212.2023.70.53-62



ПЕРВАЯ НАХОДКА ФЕОЦИСТИСА (*PHAEOCYSTIS POUCHETII* (HARIOT) LAGERHEIM 1896) В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ

Лепская Екатерина Викторовна^{1✉}, Тепнин Олег Борисович¹, Павлов Николай Николаевич²

¹Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, Россия, lepskaya.e.v@kamniro.ru ✉

²ООО «Восток Тур», Сахалинская обл., с. Малокурильское, Россия

Аннотация. Впервые у восточного берега Камчатки (Авачинский залив) зарегистрировано «колониальное цветение» гаптофитовой микроводоросли *Phaeocystis pouchetii*, в жизненном цикле которой известны как одиночные подвижные, так и неподвижные, сгруппированные в слизистые «облачные» колонии клетки. Численность колоний в пик «цветения» в прибрежной зоне составила 100 колоний/л. Вид часто формирует нетоксичные «цветения» в европейских морях, в Антарктике и некоторых других прибрежных акваториях. Очевидно, что данное явление требует изучения в режиме мониторинга.

Ключевые слова: Камчатка, Авачинский залив, Халактырский пляж, *Phaeocystis pouchetii*, «цветение»

Для цитирования: Лепская Е.В., Тепнин О.Б., Павлов Н.Н. Первая находка феоцистиса (*Phaeocystis pouchetii* (Hariot) Lagerheim 1896) в прибрежных водах Восточной Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2023. № 70. С. 53–62.

THE FIRST DETECTION OF THE *PHAEOCYSTIS* (*PHAEOCYSTIS POUCHETII* (HARIOT) LAGERHEIM 1896) IN THE COASTAL WATERS OF EAST KAMCHATKA

Ekaterina V. Lepskaya^{1✉}, Oleg B. Tepnin¹, Nikolay N. Pavlov²

¹Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, lepskaya.e.v@kamniro.ru ✉

²East Tour Co. Ltd., Sakhalinskaya Obl., s. Malokurilskoye, Russia

Abstract. While single mobile or immobile cells grouped into mucous “cloudy” colonies have been described in the life cycle of the haptophyta microalga *Phaeocystis pouchetii*, the first colonial bloom of this algae was detected on the east coast of Kamchatka (Avachinsky Gulf). The number of the colonies at the peak of the bloom in the coastal waters was 100 per liter. Such blooms of mentioned species in the European seas, in the Antarctic and some other coastal waters are often non-toxic. So, this phenomenon obviously requires study in monitoring mode.

Keywords: Kamchatka, Avachinsky Gulf, Khalaktyrsky Beach, *Phaeocystis pouchetii*, bloom

For citation: Lepskaya E.V., Tepnin O.B., Pavlov N.N. The first detection of the *Phaeocystis* (*Phaeocystis pouchetii* (Hariot) Lagerheim 1896) in the coastal waters of East Kamchatka // The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean. 2023. Vol. 70. P. 53–62. (In Russian)

После событий осени 2020 г., когда у восточного берега Камчатки произошло масштабное «цветение» динофлагеллят рода *Karenia* (Orlova et al., 2022), мониторинг микроводорослей прибрежных вод полуострова приобрел особую актуальность. Несмотря на то, что к восточному берегу Камчатки проложены автомобильные дороги, поездка, например, на Халактырский пляж занимает не менее четырех часов, а со сбором проб и обследованием пляжа — весь рабочий день. В этой ситуации информация, которая появляется в соцсетях или которой делятся наблюда-

тельные граждане, бесценна. Так, была получена информация от Н.Н. Павлова, который в ясный субботний день 29 апреля 2023 г. приехал на Халактырский пляж. Его внимание привлекли волны с пеной желто-зеленого цвета (рис. 1), которая плотно оседала на песке и, высыхая, образовывала зеленую корочку (рис. 2).

В связи с этим сотрудники лаборатории рыбохозяйственной экологии КамчатНИРО организовали и провели обследование прибойной зоны Халактырского пляжа с целью определения причин данного явления.



Рис. 1. Желтая пена в прибойных волнах, Халактырский пляж (Авачинский залив), 29 апреля 2023 г. Фото Н.Н. Павлова
Fig. 1. The yellow foam at the tidal waters, the Khalaktyrsky Beach (Avachinsky Gulf), April 29, 2023. Photo by N.N. Pavlov

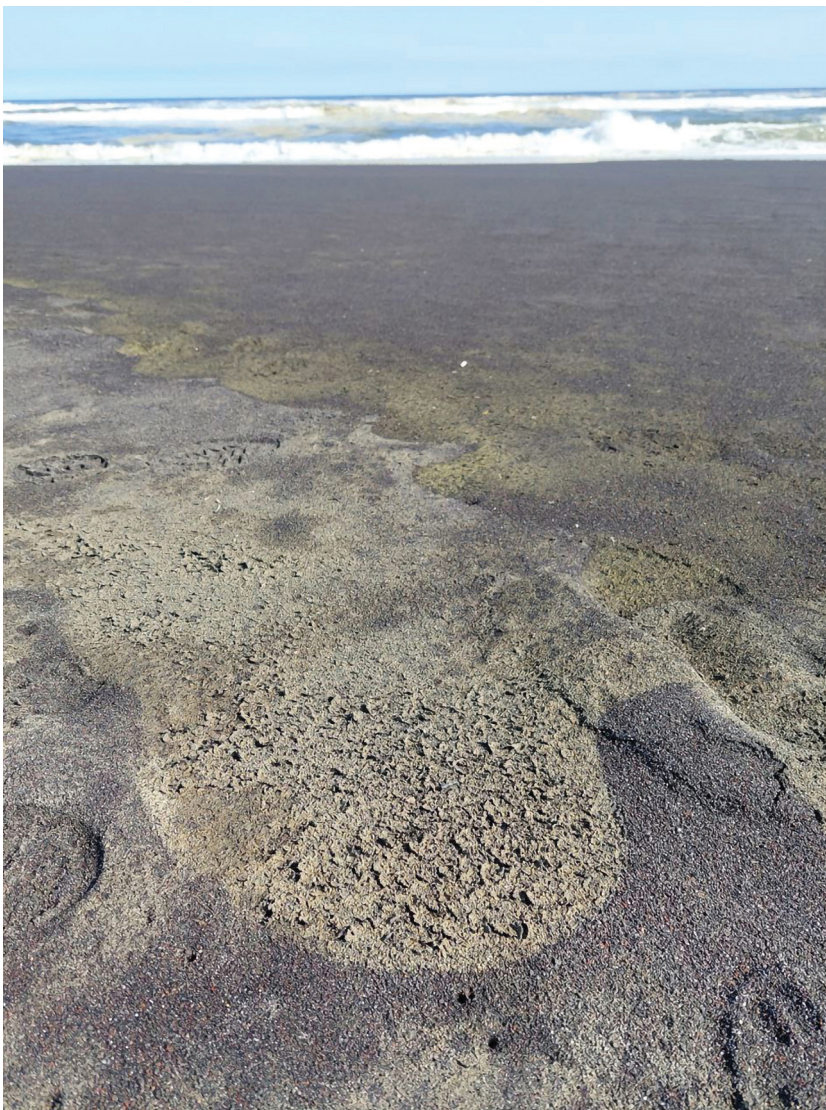


Рис. 2. Высохшая пена на песке Халактырского пляжа (Авачинский залив), 29 апреля 2023 г. Фото Н.Н. Павлова
Fig. 2. The dried foam on the sand of the Khalaktyrsky Beach (Avachinsky Gulf), April 29, 2023. Photo by N.N. Pavlov

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Обследование Халактырского пляжа (Авачинский залив, Восточная Камчатка) и отбор проб в прибойной зоне были проведены 2 и 4 мая 2023 г. (рис. 3).

Пробы были собраны ведром в точках с координатами: 1) 53°00.005' с. ш., 158°51.892' в. д., 2) 52°59.769' с. ш., 158°51.549' в. д. Образцы исследовали в световой микроскоп OLYMPUS BX41 с компьютерной фотоприставкой OLYMPUS DP21 в счетной камере Седжвика–Рафтера. Также была просмотрена проба воды, отобранная в прибойной полосе на Халактырском пляже 26 апреля 2023 г. — накануне зафиксированного Н.Н. Павловым явления. При идентификации микроводорослей использовали определитель планктонных морских флагеллят (Thronsdon, 1997). Температуру воды и координаты местоположения измеряли гидрологическим зондом CastAway-CTD.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во всех изученных пробах были обнаружены колонии *Phaeocystis pouchetii* (Hariot) Lagerheim 1896 (рис. 4) — микроводоросли из отдела Nartophyta (гаптофитовые водоросли) класса Coccolithophyceae (кокколитофориды) ([https://](https://www.algaebase.org)

www.algaebase.org). 26 апреля численность колоний *P. pouchetii* не превышала 10 колоний/л. В разгар «цветения», 2 мая, их стало на порядок больше — 100 колоний/л., 4 мая отмечена заметная убыль колоний *P. pouchetii* до 5–8 колоний/л. Из-за сильного волнения температуру воды измерить не удалось.

В соответствии с численностью колоний *Phaeocystis* в прибрежной акватории менялся облик прибойных волн. Так, в начале «цветения» 26 апреля и в его завершающей фазе 4 мая пена на волнах была обычного белого цвета, тогда как 29 апреля и 2 мая, в активную фазу «цветения», на волнах отчетливо была заметна желто-зеленая пена (рис. 5), а на песке и в зоне волнового заплеска на заснеженную прибрежную тундру — зеленая сухая корочка (рис. 2, 6).

Первые сведения о находках *Phaeocystis pouchetii* в Северной Пацифике приведены И.А. Киселевым, который указывал, что «данный вид в больших количествах встречался в северной и северо-западной частях Берингова моря, нередко близ кромки льда» (Киселев, 1937). На восточном шельфе Берингова моря наблюдали «цветения» воды, образованные этим видом (Суханова, Флинт, 2001). Вид также



Рис. 3. Отбор проб воды в прибойной зоне, Халактырский пляж (Авачинский залив), 2 мая 2023 г.
Fig. 3. Sampling water in the tidal zone, the Khalaktyrsky Beach (Avachinsky Gulf), May 2, 2023

был найден, иногда в значительных количествах, в некоторых заливах северо-западной части Японского моря в феврале – начале апреля при температуре воды от минус 1,8 до 5,0 °C (Коновалова и др., 1989). Этот же вид включен в список планктонной флоры прибрежных вод Восточной Камчатки (Коновалова, 2006). Однако описание мест его находок приводится автором по литературным данным (Киселев, 1937; Суханова, Флинт, 2001; Коновалова и др., 1989), из чего мы делаем вывод, что в сборах из Авачинского и Кроноцкого заливов (Восточная Камчатка) Г.В. Коноваловой данный вид найден не был. Таким образом, в Авачинском заливе у

восточного побережья Камчатки *Phaeocystis pouchetii* указывается нами впервые.

Кроме того, возможно, что сотрудники КамчатНИРО, наблюдавшие обильную пену в прибрежной полосе возле устья р. Вывенка (Каргинский залив) 2 июня 2023 г., стали также свидетелями «цветения» *Phaeocystis* (рис. 7).

Организмы, относимые к роду *Phaeocystis*, появились на Земле 75 млн лет назад (Verity et al., 2007). В настоящее время описано двенадцать видов этого рода, занесенных в международную базу AlgaeBase.

Phaeocystis pouchetii, как *P. globosa* и *P. antarctica*, относится к видам, образующим колонии,



Рис. 4. Колонии *Phaeocystis pouchetii* в образцах прибрежной воды, отобранных на Халактырском пляже (Авачинский залив) 26 апреля (А) и 2 мая (Б) 2023 г.
Fig. 4. The colonies of *Phaeocystis pouchetii* in the tidal water samples, collected on the Khalaktyrsky Beach in April 26 (А) and May 2 (Б), 2023

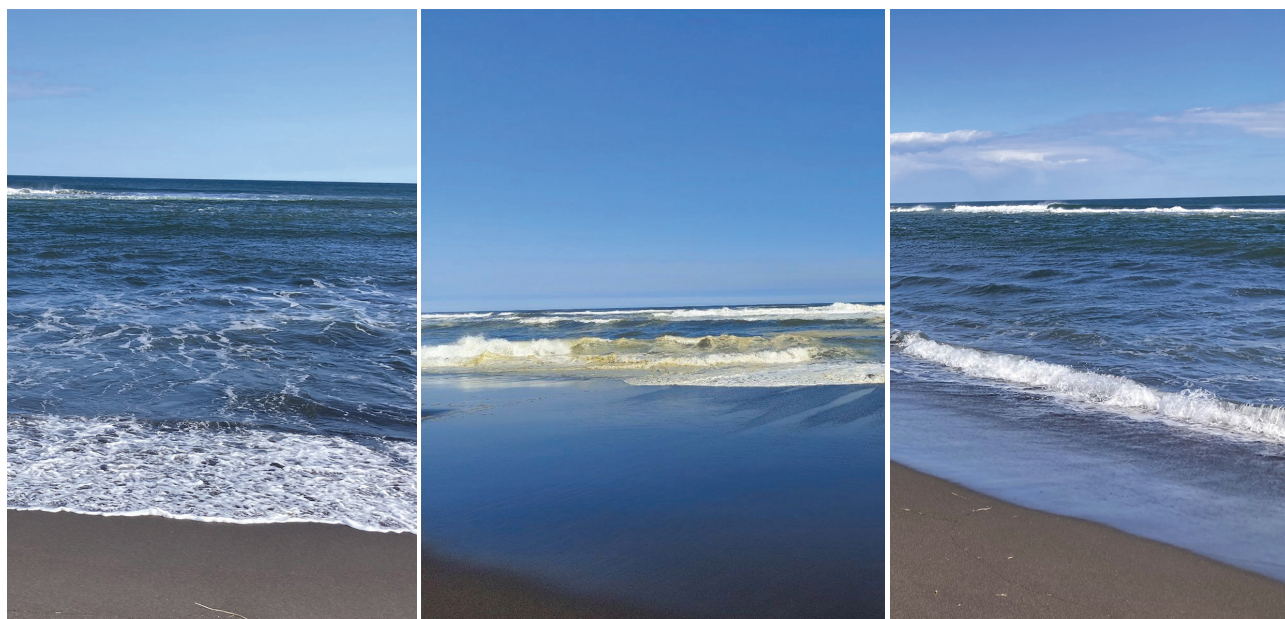


Рис. 5. Прибрежная акватория Халактырского пляжа 26 апреля (А), 29 апреля (Б) и 4 мая 2023 г.
Fig. 5. The coastal waters of the Khalaktyrsky Beach on April 26 (А), April 29 (Б) and May 4, 2023



Рис. 6. Засохшая пена в зоне штормового заплеска на Халактырском пляже в разгар «цветения» *Phaeocystis pouchetii* 2 мая 2023 г.
Fig. 6. The dried foam in the storm splash zone of the Khalaktyrsky Beach at the peak of the *Phaeocystis pouchetii* "bloom" on May 2, 2023



Рис. 7. Вероятное «цветение» *Phaeocystis* sp. в прибрежной зоне Карагинского залива возле устья р. Вывенки (западная часть Берингова моря) 2 июня 2023 г. Фото М.В. Ковалёва
Fig. 7. Presumably the *Phaeocystis* sp. bloom in the coastal zone of Karaginsky Gulf near the Vyvenka River outlet (Western Bering Sea) on June 2, 2023. Photo by M.V. Koval

и в своем жизненном цикле обычно имеет три типа клеток: подвижные клетки (флагелляты) с чешуйками (кокколитами) и гаптонемой; неподвижные клетки, организованные в колонии; и флагелляты, утратившие гаптонему и кокколита (Verity et al., 2007).

К особенностям морфологии *Phaeocystis pouchetii*, которыми этот вид отличается от других, известных для Северитихоокеанского региона, например, *P. globosa*, относятся: максимальный размер колонии 1,5–2,0 мм, форма колонии — сферическая при ее диаметре менее 0,1 мм, и «облакообразная», когда диаметр колонии превышает 0,1 мм. Клетки располагаются в изгибах «облаков» плоскими прямоугольными группами по четыре клетки (см. рис. 4), промежутки между клетками свободны от слизи. Слизь, связывающая клетки, неплотная. Оптимальная температура роста составляет от минус 2,0 до 12,0 °С, предел температурной устойчивости — от менее минус 2,0 до 14,0 °С (Baumann et al., 1994).

Молодые мелкие сферические колонии *P. pouchetii* морфологически не отличимы от колоний другого бореального космополитного вида, *P. globosa*. В этом случае отличить эти виды можно по соотношению C/N, которое у первого вида составляет в среднем 9,0, а у второго 6,2 (Baumann et al., 1994).

До 30% биомассы *Phaeocystis* формируется слизистым полисахаридным матриксом (Karlson et al., 2021). При разрушении колоний образуется обильная пена, которая при нагонном ветре концентрируется в прибрежье, как, например, при «цветении» *P. pouchetii* у берегов

острова Нордерней (Фризские острова) (рис. 8) (Bätje, Michaelis, 1986).

Виды рода *Phaeocystis* имеют всесветное распространение и в прибрежной зоне морей Европы образуют регулярные нетоксичные «цветения». Такие виды, как *P. globosa* и *P. pouchetii*, обычны в прибрежных водах Бельгии, Нидерландов, Германии (Ваттовое море), Дании, Норвегии и Баренцева моря (Karlson et al., 2021). «Цветения» *Phaeocystis* отмечены в Средиземном море, в Аравийском море, у тихоокеанских берегов Южной Америки, у атлантического побережья Северной Америки (залив Мэн), у берегов Гренландии, в Южном океане и в Антарктике (моря Росса и Уэдделла) (Vogt et al., 2012).

Несмотря на нетоксичность *Phaeocystis*, в 2020 г. в Нидерландах во время обильного «цветения» этим видом прибрежной акватории, которое сопровождалось образованием слоя пены толщиной 2,5–3 м, погибли пять человек, занимавшихся в это время водным спортом (Karlson et al., 2021).

Виды рода *Phaeocystis* играют фундаментальную роль в глобальном биогеохимическом цикле углерода и серы (Vogt et al., 2012; Karlson et al., 2021). При «цветении» *Phaeocystis* его клетки синтезируют огромное количество диметилсульфида, который поступает в виде аэрозолей в атмосферу, выступая важным фактором в ее охлаждении (Verity et al., 2007). Клетки *Phaeocystis* могут служить донорами пластид некоторым динофлагеллятам, в том числе комплекса ВЦВ, например *Karenia* spp. (Verity et al., 2007). В высоких южных широтах *Phaeocystis* может давать до 50% первичной продукции,



Рис. 8. Пример мощного «цветения» *Phaeocystis pouchetii* 9 июня 1981 г. и глубокий слой пены на пляжах острова Нордерней (Фризские острова) (Bätje, Michaelis, 1986)
Fig. 8. An example of strong bloom of *Phaeocystis pouchetii* on the 9th of June, 1981, and impressive foam benches on the beaches of the island of Norde-
ney (Frisian Islands) (Bätje, Michaelis, 1986)

являясь важным компонентом карбонового цикла наряду с диатомовыми, особенно в прибрежной зоне (Nissen, Vogt, 2021).

«Колониальное цветение» *Phaeocystis* обычно следует за весенним максимумом развития диатомовых водорослей, которые, вероятно, изменяют химический состав воды, выделяя аллелохимические вещества, что является необходимым условием для формирования колоний *Phaeocystis* (Verity et al., 1991). Например, известно, что некоторые виды диатомей рода *Chaetoceros* продуцируют химические соединения, которые инициируют переход подвижных клеток *Phaeocystis* в неподвижную стадию. Свободно живущие клетки *Phaeocystis* могут прикрепляться к поверхностям посредством своих жгутиков (но не гаптонемой). Так 8-клеточные колонии *Phaeocystis* находили прикрепленными к цепочковидным колониям диатомовых водорослей (Verity et al., 1991). Молодые сферические колонии *P. pouchetii*, найденные во время его «цветения» на восточном шельфе Берингова моря в 1994 г., были прикреплены к щетинкам колониальной диатомеи *Chaetoceros debilis* (Суханова, Флинт, 2001). Массовыми сопутствующими видами диатомовых микроводорослей во время «цветения» *Phaeocystis* могут быть как колониальные таксоны родов *Chaetoceros*,

Thalassiosira, *Pseudo-nitzschia* (Киселев, 1937; Суханова, Флинт, 2001; Nissen, Vogt, 2021), так и крупные диатомеи, не образующие колонии, например, *Proboscia alata*, *Corethron criophilum* (Суханова, Флинт, 2001) или *Navicula directa* (Киселев, 1934). В случае «цветения» *Phaeocystis* в прибрежных водах Авачинского залива в воде, наряду с колониями этого вида, в изобилии отмечены колониальные диатомеи родов *Chaetoceros*, *Thalassiosira*, *Odontella* (рис. 9).

Триггерами «цветения» *Phaeocystis* могут стать эдафические факторы — такие как уменьшение концентрации кремния и фосфатов, а также металлов. В опытах с культурой *Phaeocystis* cf. *pouchetii* показано, что в интервале температур 0–20 °C рост колоний экспоненциально увеличивался в зависимости от освещенности. Этими же опытами было подтверждено, что одиночные клетки лучше адаптированы к низким значениям освещенности и температуры, чем клетки в колониях (Verity et al., 1991). Температурный оптимум «цветения» *Phaeocystis* в Беринговом море лежит в пределах 4–8 °C (Суханова, Флинт, 2001). Соотношение обилия *Phaeocystis* и диатомовых в прибрежных водах Антарктики зависит от пространственно-временной динамики концентрации железа и освещенности (Nissen, Vogt, 2021).



Рис. 9. Фитопланктон в прибойной зоне Халактырского пляжа (Авачинский залив), 2 мая 2023 г. (черные стрелки — *Thalassiosira* spp.; красная стрелка — *Chaetoceros socialis*; синяя стрелка — *Odontella aurita*)
Fig. 9. Phytoplankton in the tidal zone of the Khalaktyrsky Beach (Avachinsky Gulf) on May 2, 2023 (black arrows — *Thalassiosira* spp.; red arrow — *Chaetoceros socialis*; blue arrow — *Odontella aurita*)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предполагается, что «цветение» *Phaeocystis* развивается как двуступенчатый процесс, в который обязательно вовлечены обе стадии жизненного цикла — колониальная и одиночные клетки. Одиночные клетки увеличивают численность за счет высокой скорости роста при низкой освещенности и температуре, при этом привлекая мелкими размерами потребителей из числа мирного зоопланктона. Колонии формируются из одиночных клеток, чему, вероятно, способствует наличие диатомовых, и на этой стадии медленного роста колоний популяция минимизирует воздействие выедания зоопланктоном (Verity et al., 1991).

Утилизация органического вещества во время и после «цветения» *Phaeocystis* идет в нескольких направлениях. Часть колоний оседает на дно и вовлекается в бентические пищевые цепи (Verity et al., 2007). Часть колоний в планктоне подвергается биотической деструкции при обильном заселении бактериями (Суханова, Флинт, 2001; Verity et al., 2007), протистами, например, хоанофлагеллятами (Суханова, Флинт, 2001) или диатомовыми микроводорослями (Sazhin et al., 2007).

Феномен «цветения» *Phaeocystis* в Авачинском заливе (Восточная Камчатка) отмечен впервые. Это явление сопровождалось обильным развитием колониальных диатомовых микроводорослей *Thalassiosira* spp., *Chaetoceros socialis*. Какие эдафические факторы стали триггерами «цветения», остается только предполагать. Очевидно, что явление требует изучения, в том числе в режиме мониторинга.

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 других авторов 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 of other authors used in the review are formatted in accordance with the state standards (GOST). The authors declare that they have no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ О ВКЛАДЕ АВТОРОВ
AUTHOR CONTRIBUTION

Е.В. Лепская — организация отбора проб, отбор и обработка проб, текст статьи, включающий анализ оригинальных и литературных данных, фотоматериалы, микрофотографии. О.Б. Тепнин — отбор проб, работа с гидрологическим зондом CastAway (YSI, США). Н.Н. Павлов — информация о начале «цветения» *Phaeocystis*, фотоматериалы.

Lepskaya E.V. — organization of sampling, selection and processing of the samples, text of the article, including analysis of original and literary data, photographic materials, microphotographs. Tepnin O.B. — sampling, working with the CastAway hydrological probe (YSI, USA). Pavlov N.N. — information about the beginning of the “blooming” of *Phaeocystis*, photographic materials.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Киселев И.А. 1937. Состав и распределение фитопланктона в северной части Берингова и южной части Чукотского морей // Исслед. морей СССР. Вып. 25. С. 217–245.
- Коновалова Г.В. 2006. Планктонная флора прибрежных вод Восточной Камчатки. Жгутиковые водоросли. II // Тр. Камчат. фил.-ла Тихоокеанского ин-та геогр. ДВО РАН. Вып. VI. Петропавловск-Камчатский: Камч. печатный двор. С. 8–23.
- Коновалова Г.В., Орлова Т.Ю., Паутова Л.А. 1989. Атлас фитопланктона Японского моря. Л.: Наука. 160 с.
- Суханова И.Н., Флинт М.В. 2001. *Phaeocystis pouchetii* на восточном шельфе Берингова моря // Океанология. Т. 41, № 1. С. 80–90.
- Bätje M., Michaelis H. 1986. *Phaeocystis pouchetii* blooms in the East Frisian coastal waters (German Bight, North Sea) // Marine Biology. No. 93. P. 21–27.
- Baumann M.E.M., Lancelot C., Brandini F.P., Sakshaug E., John D.M. 1994. The taxonomic identity of the cosmopolitan prymnesiophyte *Phaeocystis*: a morphological and ecophysiological approach // Journal of Marine Systems. No. 5. P. 5–22.
- Karlson B., Andersen P., Arneborg L., Cembella A., Eikrem W., John U., West J.J., Klemm K., Kobos J., Lehtinen S., Lundholm N., Mazur-Marzec H., Naustvoll L., Poelman M., Provoost P., De Rijcke M., Suikkanen S. 2021. Harmful algal blooms and their effects in coastal seas of Northern Europe // Harmful Algae. No. 102. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2021.101989>.
- Nissen C., Vogt M. 2021. Factors controlling the competition between *Phaeocystis* and diatoms in the

Southern Ocean and implications for carbon export fluxes // *Biogeosciences*. N 18. P. 251–283. <https://doi.org/10.5194/bg-18-251-2021>

Orlova T.Yu., Alexanin A.I., Lepskaya E.V., Efimova K.V., Selina M.S., Morozova T.V., Stonik I.V., Kachur V.A., Karpenko A.A., Vinnikov K.A., Adrianov A.V., Mitsunori Iwataki. 2022. A massive bloom of *Karenia* species (Dinophyceae) off the Kamchatka coast, Russia, in the fall of 2020 // *Harmful Alga*. No. 120. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2022.102337>

Sazhin A.F., Najstgaard J.C., Artigas L.F., Fischer M. 2007. The colonization of two *Phaeocystis* species (Prymnesiophyceae) by pennate diatoms and other protists: A significant contribution to colony biomass // *Biogeochemistry*. N 83. P. 137–145. <https://doi.org/10.1007/s10533-007-9086-2>

Throndsen J. 1997. The Planktonic Marine Flagellates Chapter 5 in *Identifying Marine Phytoplankton*. Edited by Carmelo R. Tomas. P. 591–729.

Verity P.G., Smayda T.J., Sakshaug E. 1991. Photosynthesis, excretion, and growth rates of *Phaeocystis* colonies and solitary cells. Pp. 117–128 in Sakshaug E., Hopkins, C.C. E. & Britsland. N.A. (eds.): *Proceedings of the Pro Mare Symposium on Polar Marine Ecology*. Trondheim, 12–16 May 1990. Polar Research IO (1).

Verity P.G., Brussaard C.P., Nejstgaard J.C., Leeuwe M.A., van Lancelot C., Medlin L.K. 2007. Current understanding of *Phaeocystis* ecology and biogeochemistry, and perspectives for future research // *Biogeochemistry* 83, 311–330. <https://doi.org/10.1007/s10533-007-9090-6>.

Vogt M., O'Brien C., Peloquin J., Schoemann V., Breton E., Estrada M., Gibson J., Karentz D., Van Leeuwe M.A., Stefels J., Widdicombe C., Peperzak L. 2012. Global marine plankton functional type biomass distributions: *Phaeocystis* spp. // *Earth System Science Data*. No. 4. P. 107–120. www.earth-syst-sci-data.net/4/107/2012/doi:10.5194/essd-4-107-2012.

REFERENCES

Kiselev I.A. Composition and distribution of phytoplankton in the northern part of the Bering and southern part of the Chukchi Seas. *Issled. morey SSSR* [Research. seas of the USSR], 1937, vol. 25, pp. 217–245.

Konovalova G.V. Planktonic flora of coastal waters of Eastern Kamchatka. Flagellated algae. II. *Trudy Kamchat. fil-la Tikhookeanskogo in-ta geogr. DVO RAN*, 2006, issue 6, pp. 8–23. (In Russian)

Konovalova G.V., Orlova T.Y., Pautova L.A. *Atlas fitoplanktona Yaponskogo moray* [Atlas of phytoplankton of the Sea of Japan]. Leningrad: Nauka, 1989, 160 p.

Sukhanova I.N., Flint M.V. *Phaeocystis pouchetii* on the eastern shelf of the Bering Sea. *Oceanology*, 2001, vol. 41, no. 1, pp. 80–90. (In Russian)

Bätje M., Michaelis H. *Phaeocystis pouchetii* blooms in the East Frisian coastal waters (German Bight, North Sea). *Marine Biology*, 1986, no. 93, pp. 21–27.

Baumann M.E.M., Lancelot C., Brandini F.P., Sakshaug E., John D.M. The taxonomic identity of the cosmopolitan prymnesiophyte *Phaeocystis*: a morphological and ecophysiological approach. *Journal of Marine Systems*, 1994, no. 5, pp. 5–22.

Karlson B., Andersen P., Arneborg L., Cembella A., Eikrem W., John U., West J.J., Klemm K., Kobos J., Lehtinen S., Lundholm N., Mazur-Marzec H., Naustvoll L., Poelman M., Provoost P., De Rijcke M., Suikkanen S. Harmful algal blooms and their effects in coastal seas of Northern Europe. *Harmful Algae*, 2021, no. 102. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2021.101989>.

Nissen C., Vogt M. Factors controlling the competition between *Phaeocystis* and diatoms in the Southern Ocean and implications for carbon export fluxes. *Biogeosciences*, 2021, no. 18, pp. 251–283. <https://doi.org/10.5194/bg-18-251-2021>

Orlova T.Yu., Alexanin A.I., Lepskaya E.V., Efimova K.V., Selina M.S., Morozova T.V., Stonik I.V., Kachur V.A., Karpenko A.A., Vinnikov K.A., Adrianov A.V., Mitsunori Iwataki. A massive bloom of *Karenia* species (Dinophyceae) off the Kamchatka coast, Russia, in the fall of 2020. *Harmful Algae*, 2022, no. 120. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2022.102337>

Sazhin A.F., Najstgaard J.C., Artigas L.F., Fischer M. The colonization of two *Phaeocystis* species (Prymnesiophyceae) by pennate diatoms and other protists: A significant contribution to colony biomass. *Biogeochemistry*, 2007, no. 83, pp. 137–145. <https://doi.org/10.1007/s10533-007-9086-2>

Throndsen J. The Planktonic Marine Flagellates Chapter 5 in *Identifying Marine Phytoplankton*. Edited by Carmelo R. Tomas, 1997, pp. 591–729.

Verity P.G., Smayda T.J., Sakshaug E. Photosynthesis, excretion, and growth rates of *Phaeocystis* colonies and solitary cells in Sakshaug E., Hopkins, C.C. E. & Britsland. N.A. (eds.): *Proceedings of the Pro Mare Symposium on Polar Marine Ecology*. Trondheim, 12–16 May 1990. Polar Research IO (1), 1991, pp. 117–128.

Verity P.G., Brussaard C.P., Nejstgaard J.C., Leeuwe M.A., van Lancelot C., Medlin L.K. Current understanding of *Phaeocystis* ecology and biogeochemistry, and perspectives for future research. *Biogeochemistry*, 2007, 83, 311–330. <https://doi.org/10.1007/s10533-007-9090-6>.

Vogt M., O'Brien C., Peloquin J., Schoemann V., Breton E., Estrada M., Gibson J., Karentz D., Van Leeuwe M.A., Stefels J., Widdicombe C., Peperzak L. Global marine plankton functional type biomass distributions: *Phaeocystis* spp. *Earth System Science Data*, 2012, vol. 4, issue 1, pp. 107–120. www.earth-syst-sci-data.net/4/107/2012/ doi:10.5194/essd-4-107-2012.

Об авторах

Е.В. Лепская — канд. биол. наук, зав. лабораторией Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
О.Б. Тепнин — зав. сектором Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
Н.Н. Павлов — ген. директор ООО «Восток Тур»

Information about the authors

Ekaterina V. Lepskaya – Ph. D. (Biology),
Head of Lab. (KamchatNIRO)
Oleg B. Tepnin – Head of Division
(KamchatNIRO)
Nikolay N. Pavlov – Head of East Tour Co. Ltd.

Статья поступила в редакцию: 10.10.2023
Одобрена после рецензирования: 17.10.2023
Статья принята к публикации: 07.11.2023