УДК 551.468.1
DOI 10.46845/1997-3071-2020-59-24-34

ВЫБРОСЫ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ И МОРСКИХ ТРАВ НА РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Ю. А. Горбунова, Е. Е. Есюкова

EMISSIONS OF MACROALGAE AND SEAGRASS IN THE RUSSIAN PART OF THE SOUTH-EAST BALTIC SEA COAST

Ju. A. Gorbunova, E. E. Esiukova

На побережье Балтийского моря периодически наблюдается выброс макроводорослей и морских трав, составляющий естественный природный процесс. Однако его интенсивность и особенности в значительной степени обусловлены эвтрофикацией морских вод. Выбросы макроводорослей, которые могут аккумулировать мусор и загрязнители (макро/мезо/микропластик, нефтяные углеводороды, тяжелые металлы и др.), являются агентом, ускоряющим транзит этих веществ из моря на побережье и обратно. Появление выбросов на пляжах ухудшает их рекреационную привлекательность. В то же время выбросы макроводорослей и морских трав могут служить ценным сырьем, промышленное использование которого требует оценки и прогноза возможных объемов поступления. Наблюдения особенностей и пространственно-временных закономерностей выбросов макроводорослей и морских трав проводились на российской части юго-восточного побережья Балтийского моря в период с января 2017 по май 2020 г. Распределение выбросов характеризовалось значительной пространственной и временной изменчивостью. Наибольшие скопления макроводорослей имели локальный характер и были в основном приурочены к естественным (мысы) и искусственным (молы, слипы, буны) выступам береговой линии. На северном побережье Самбийского п-ва наблюдались большие объемы выбросов (пятна протяженностью до 1,5 км, местами шириной до 12–20 м, у уреза высотой до 60–100 см) в отличие от западного побережья, Вислинской и Куршской кос, особенно в период с поздней осени до ранней весны, когда основная биомасса выбросов была сформирована красными водорослями. В летний период существенное значение приобретали представители отделов зеленых и бурых водорослей. Появление и время существования выбросов макроводорослей были обусловлены гидрометеорологическими причинами. Как правило, большие обьемы выбросов наблюдались после штормов. Время нахождения макроводорослей на берегу сильно варьировало и часто ограничивалось несколькими днями. Дальнейшая трансформация выбросов могла проходить несколькими путями – смывом обратно в море (преимущественно), захоронением под толщей песка или мелкой гальки (чаще всего с последующим смывом в море) и ветроволновым рассеиванием по пляжу.

макроводоросли, морские травы, выбросы макроводорослей, прибрежная зона, побережье, гидрометеорологические условия, Балтийское море

Emission of macroalgae and seegrass is a natural process on the Baltic seashore. However its amount and features are largely preconditioned by the sea waters eutrophication. Macroalgae emissions can accumulate litter and pollutants (macro/meso/microplastics, petroleum hydrocarbons, heavy metals, etc.). They are mediators that accelerate the transit of these substances from the sea to the coast and back. Emissions on the beaches worsen their recreational attractiveness. At the same time, emissions of macroalgae and seagrass can serve as a valuable raw material, the industrial use of which requires an assessment and forecast of possible volumes of emission. Observations of the features and spatial distribution of macroalgae and seagrass emissions were carried out in the Russian part of the south-east Baltic sea coast in January 2017 - May 2020. Distribution of the emissions was characterized by significant spatial and temporal variability. The largest macroalgae accumulations were local and mainly near the coastline protrusions as capes (natural) and breakwaters, slipways, groins (man-made). Large amounts of emissions were observed on the northern coast of the Sambia Peninsula (patches up to 1,5 km long, at times up to 12–20 m wide, at the sea face up to 60–100 cm high), in contrast to the western coast and Curonian and Vistula spits especially from late autumn till early spring when Radophyta is a main biomass in emissions. Chlorophyta and Phaeophyta were in a large amount in summer. The appearance and residence time of emissions was due to hydrometeorological conditions. Usually the largest amount of macroalgae was after storms. The residence time of macroalgae on the beach varied greatly and was often limited to a few days. Further transformation of emissions could take place in several ways – by flushing back into the sea (most often), by burial under a layer of sand or small pebbles, and by wind dispersal along the beach.

macroalgae, seegrass, macroalgae emissions, coastal zone, sea coast, hydrometeorological conditions, Baltic Sea

ВВЕДЕНИЕ

Макроводоросли и морские травы являются важной составной частью экосистемы Балтийского моря как первичные продуценты и эдификаторные организмы [1]. Будучи оторванными от субстрата, макроводоросли часто образуют скопления, дрейфующие под действием течений и выбрасываемые на побережье при ветроволновом воздействии. На берегу они включаются в биотический круговорот наземной экосистемы. Биогенные вещества, высвобождающиеся в результате разложения выброшенных на берег водорослей, играют важную роль при формировании пионерной растительности песчаных дюн морского побережья [2]. Аккумулируя мусор и загрязнители, такие как макро/мезо/микропластик, нефтяные углеводороды, тяжелые металлы и другие продукты [3–5], они являются агентом, ускоряющим транзит этих веществ из моря на побережье и обратно. Также выбросы водорослей снижают рекреационный потенциал пляжей. В то же время, выбросы макроводорослей и морских трав могут служить ценным сырьем для получения гидроколлоидов, биогаза, производства удобрений [6, 7]. Однако для промышленного использования необходима оценка возможных объемов выбросов, изучение их качественных характеристик и разработка методов прогнозирования.

Интенсивность выбросов макроводорослей в значительной степени обусловлена уровнем содержания биогенных веществ в морских водах [8]. Повышение трофности вод может провоцировать развитие оппортунистических видов макроводорослей [9]. В настоящее время эвтрофикация является одной из центральных проблем Балтийского моря [10]. Поступление биогенных веществ с водосборного бассейна, в первую очередь от антропогенных источников, обуславливает высокий уровень эвтрофированности вод, прежде всего в эвтрофно-гипертрофных Вислинском и Куршском заливах, откуда избыточная первичная продукция поступает в прибрежную зону моря [11, 12]. В Юго-Восточной Балтике повышенный уровень продуктивности и загрязнения вод в основном свойственен прибрежной зоне [13]. Известно, что в настоящее время в российском секторе юго-восточной части Балтийского моря изменилась структура видового состава макрофитобентоса. Наблюдается снижение представленности многолетних видов водорослей и возрастает доля эврибионтных однолетних нитчатых водорослей [14].

Явление выбросов макроводорослей в юго-восточной и восточной частях Балтийского моря изучали специалисты ВНИРО в 1950–1956 гг. [15] и 1968–1972 гг. [16, 17]. Однако исследования охватывали побережье Литвы и Латвии и были сфокусированы на промысловых видах бурых и красных водорослей. В Рижском заливе в 2011 г. проводили исследования эстонские ученые [18]. В российском секторе Юго-Восточной Балтики явление выбросов макроводорослей практически не изучено и ограничивается краткими научными сообщениями [19]. Выбросы макроводорослей являются одним из медиаторов взаимодействия наземной и водной сред прибрежной зоны. Особенно актуально обнаружение пространственных и временных закономерностей этого явления в условиях эвтрофикации морских вод.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Наблюдения проводились на российской части юго-восточного побережья Балтийского моря (Калининградская область) с января 2017 по май 2020 г. В период 2017–2018 гг. осуществлялись эпизодические, рекогносцировочные выезды на различные участки побережья Самбийского п-ва для регистрации наличия или отсутствия выбросов макроводорослей. По результатам наблюдений были выбраны модельные участки для дальнейших исследований. Обследование побережья с целью количественной и качественной характеристики выбросов проводилось ежемесячно на двух модельных участках: в Филинской бухте и на пляже г. Зеленоградска с марта 2019 г. по март 2020 г. Наблюдения на дополнительных участках (р-н пос. Куликово, Отрадное, Заостровье, западная часть Куршской косы) проводились с интервалом два-три месяца в период с марта 2019 по март 2020 г. Также осуществлялись эпизодические, рекогносцировочные выезды на другие участки побережья Самбийского п-ва. Обширные съемки всего морского побережья Калининградской области были проведены после сильных штормов в июле 2019 г. и в марте 2020 г. При обследовании производился отбор проб и учет (обмер, описание) по стандартизированной схеме с географической привязкой результатов при помощи GPS навигации и фотофиксацией. Мониторинг времени нахождения выбросов макроводорослей на побережье выполнялся ежедневно при помощи веб-камеры на пляже пос. Отрадное в период с ноября 2019 по май

2020 г. Идентификация таксономической принадлежности водорослей осуществлялась по определителям [20–23].

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате рекогносцировочных наблюдений 2017–2018 гг. было зафиксировано 30 эпизодов значительных по площади и объему выбросов макроводорослей на побережье Самбийского п-ва. В большинстве случаев они имели локальный характер и были в основном приурочены к районам пос. Куликово (наиболее значительный выброс зарегистрирован 10.11.2018 г., протяженность (L) 450 м, максимальная толщина слоя (h) до 70 см); западнее устья р. Забавы (04.11.2018 г., L=200 м, h до 50 см); пос. Заостровье с восточной стороны от мыса Гвардейский (25.03.2018 г., L=50 м, h до 20 см); пос. Отрадное (05.11.2018 г., L=250 м, h до 60 см) и в Филинской бухте (16.12.2017 г., L=500 м, h до 25 см). Дальнейшие исследования 2019-2020 гг. подтвердили, что наиболее часто наблюдаются выбросы макроводорослей на этих участках, а также в летний период в западной части пляжа г. Балтийска и западной части пляжа г. Пионерского.

В июле-августе 2019 г. при отсутствии сильного прибоя фрагменты выброшенных макроводорослей и морских трав встречались практически на всем протяжении российской части юго-восточного побережья Балтики. В основном эти выбросы не образовывали сплошного проективного покрытия на побережье. Существенные по площади и объему скопления биомассы наблюдались локально. В июле 2019 г. после эпизодов штормов (27.06–07.07.2019 г., ветер северо-западных направлений до 20 м/с) большая часть сплошных скоплений имела среднюю толщину слоя, не превышающую 15 см, за исключением четырех локальных участков, расположенных на северном побережье Самбийского п-ва, а также на пляже г. Балтийска (рисунок). Максимальная наблюденная протяженность сплошного пятна выброса макроводорослей составила 250 м (Филинская бухта), наибольшая толщина слоя – 1 м (западная часть пляжа г. Балтийска), ширина (от уреза воды вглубь пляжа) сплошных пятен – 1–20 м. Узкие полосы выбросов, не превышающие ширину 0,5–1 м, в которых макроводоросли не образовывали сплошное проективное покрытие, встречались вдоль всего морского побережья Калининградской области и имели протяженность до 1 км (пляжи Янтарного и Зеленоградска). В марте 2020 г. после эпизодов штормов (11–13.03.2020 г., ветер северо-западных направлений до 20 м/с) на трех участках, расположенных на северном побережье, отмечены выбросы макроводорослей с толщиной слоя более 15 см (рисунок). Максимальная наблюденная протяженность сплошного пятна выброса макроводорослей составила 300 м (пляж пос. Отрадного), наибольшая толщина слоя – 0,6 м (Филинская бухта). При этом на большей части остального российского морского побережья макроводоросли в этот период встречались в основном фрагментарно.

На северном побережье Самбийского п-ва наблюдались бо́льшие объемы выбросов водорослей в отличие от западного побережья и Вислинской и Куршской кос особенно в период с поздней осени до ранней весны, когда основная биомасса выбросов была сформирована видами из отдела красных водорослей *Furcellaria lumbricalis* и в меньшей степени *Polysiphonia sp.* По всей видимости, это связано с тем, что в районе мыса Таран находится пояс этих водорослей [14]. В летний период существенное значение в выбросах на всем протяжении морского побережья Калининградской области приобретали представители отдела зеле-

ных, а также бурых водорослей, из которых большая часть видов однолетние, произрастающие вдоль всей прибрежной зоны на камнях и бунах [14]. Виды макроводорослей, обнаруженные в береговых выбросах, представлены в таблице.

Рис. Оценка количества выбросов макроводорослей по состоянию на июль 2019 г. (Куршская коса – сентябрь 2019 г.) (I) и март 2020 г. (II): 1 – толщина слоя выброса более 15 см; 2 – толщина слоя выброса менее 15 см; 3 – макроводоросли отсутствуют или их количество незначительно (не образуют сплошной слой)
Fig. Macroalgae stock estimations as of July 2019 (Curonian Spit - September 2019) (I) and March 2020 (II): 1 – layer thickness more than 15 cm; 2 – layer thickness less than 15 cm; macroalgae is absent or in a small amount (coating is not solid)

В целом обнаружено, что распределение выбросов макроводорослей на морском побережье Калининградской области характеризовалось значительной пространственной и временной изменчивостью. Наибольшие их скопления имели локальный характер и были в основном приурочены к естественным (мысы) и искусственным (молы, слипы, буны) выступам береговой линии. Приуроченность выбросов водорослей в первую очередь к участкам с неровной береговой линией отмечалась и на других побережьях Балтийского моря [18, 24].

Время существования выбросов макроводорослей на берегу сильно варьировало и часто было ограничено несколькими днями. За период ежедневных наблюдений (ноябрь 2019 г. – май 2020 г.) на модельном участке пос. Отрадное, время нахождения выброса на пляже составляло от 22 до менее 1 дня, в среднем 4 дня. Модельный участок пляжа имел северную экспозицию. Сравнение ежедневных данных о появлении и исчезновении макроводорослей, полученных снимкам веб-камеры с метеорологическими параметрами из архива метеоданных [25], показало, что время существования выброса было связано с гидрометеорологической обстановкой. При ветрах южных и восточных направлений, а также слабых западных выброс сохранялся на побережье. При формировании волн и подъеме уровня воды ветрами значительной силы северного и западного направлений его смывало.

Таблица. Список видов макроводорослей и морских трав в выбросах на российской части юго-восточного побережья Балтийского моря
Table. List of macroalgae and seagrass species in the emissions on the Russian part of South-Eastern Baltic sea coast

Таксон	Вид
Красные водоросли Rhodophyta	*Ceramium tenuicorne* (Kutzing) Waern *Ceramium virgatum* Roth *Coccotylus truncatus* (Pallas) M.J. Wynne&J.N. Heine *Furcellaria lumbricalis* (Turner) Lamouroux *Polysiphonia* sp.
Зеленые водоросли Chlorophyta	*Cladophora glomerata* (L.) Kützing *Cladophora rupestris* (L.) Kützing *Cladophora sericea* (Hudson) Kützing *Urospora penicilliformis* (A.W. Roth) J.E. Areschoug *Ulva intestinalis* L. *Ulva prolifera* O. F. Müller
Бурые водоросли Phaeophyta	*Fucus vesiculosus* L. *Pilayella littoralis* (L.) Kjellman
Сосудистые растения Plantae Vasculares	*Zostera marina* L.

Появление выбросов макроводорослей также было обусловлено гидрометеорологическими условиями. Однако в отличие от процесса смыва выброса его появление не так однозначно зависело от ветров определенных румбов. Наибольшие по объему выбросы были приурочены к эпизодам штормов, что отмечается и для других побережий [18, 24]. Для появления выброса должны сложиться определенные условия. Так, в случае с побережьем Литвы Е. Блинова [23] отмечает, что для формирования выброса необходимы ветра западных направлений во время шторма и 1–2 дня после него. В наших исследованиях для модельного участка в районе пос. Отрадное выброс чаще всего формировался по прошествии ветров значительной силы северных и западных направлений, после того как происходила смена направления на южные, восточные или западные слабой силы. По всей видимости, основным условием формирования выброса является последовательность двух событий: сгона водорослей к урезу воды и последующее быстрое снижение уровня моря, при котором макроводоросли, принесенные к берегу, остаются в пляжной зоне.

Дальнейшая трансформация выбросов макроводорослей происходит несколькими путями. Чаще всего наблюдался смыв выброса обратно в море. Иногда случается погребение под толщей песка или мелкой гальки, часто с последующим смывом в море. Также возможен ветроволновой разнос по пляжу. Фрагменты макроводорослей и морских трав были обнаружены в поясе растительности в задней части пляжа Филинской бухты, в растительности дюнного вала Куршской и Вислинской кос, пляжа в районе г. Янтарного на расстоянии 50 и более метров от уреза воды. Таким образом, макроводоросли и морские травы, выбрасываемые на побережье, могут включаться в биотический круговорот наземных экосистем.

ВЫВОДЫ

Распределение выбросов макроводорослей и морских трав в калининградском секторе юго-восточного побережья Балтийского моря характеризовалось значительной пространственной и временной изменчивостью. В целом наибольшее количество выбросов наблюдалось на северном побережье Самбийского п-ва, в отличие от западного побережья Куршской и Вислинской кос.

Наибольшие скопления водорослей были в основном локализованы вблизи выступов береговой линии как естественных (мысов), так и искусственных (волнорезов, слипов, бун), толщина слоя выброса могла достигать 1 м.

С октября по март выбросы в основном были представлены водорослями отдела Radophyta, в летний периода существенное значение приобретали представители отделов Chlorophyta и Phaeophyta.

Время нахождения макроводорослей на берегу сильно варьировало (от 22 до менее 1 дня) и часто ограничивалось несколькими днями. Дальнейшая трансформация выбросов могла проходить различными путями – смывом обратно в море, захоронением под толщей песка или мелкой галькой и ветроволновым разносом по пляжу.

Появление и время существования выбросов макроводорослей зависело от гидрометеорологических условий. Как правило, большие обьемы выбросов обусловлены предшествующими штормовыми эпизодами. Время существования выброса было ограничено наступлением гидрометеорологических условий, при которых его смывало волнами в результате подьема уровня воды.

БЛАГОДАРНОСТИ

При подготовке настоящей публикации сбор данных 2017-2018 гг. и видовой анализ водорослей выполнен за счет госзадания ИО РАН (тема №0149-2019-0013); анализ результатов наблюдений за период 2017-2018 гг. сделан при поддержке гранта РФФИ (проект № 18-55-76001 ЭРА_а); экспедиционные исследования 2019-2020 гг. и интерпретация результатов выполнены в рамках Проекта #R090 CONTRA Interreg Baltic Sea Region Programme.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории прибрежных систем АО ИО РАН А. Н. Граве, Д. А. Домнину и А. В. Килесо за техническую помощь в организации работ по дистанционному наблюдению при помощи веб-камеры и обследованию побережья.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kraufvelin, P. Animal diversity in Baltic rocky shore macroalgae: can Cladophora glomerata compensate for lost Fucus vesiculosus? / P. Kraufvelin, S. Salovius // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2004. Vol. 61, Issue 2. Pp. 369 378.

2. Вальтер, Г. Растительность земного шара: в 3 т. / Г. Вальтер. – Москва: Прогресс, 1975. – Т. 3. Тундры, луга, степи, внетропические пустыни. – 428 с.

3. Gubelit, Y. Nutrient and metal pollution of the eastern Gulf of Finland coastline: Sediments, macroalgae, microbiota / Y. Gubelit, Y. Polyak, G. Dembska, G. Pazikowska-Sapota, L. Zegarowski, D. Kochura, D. Krivorotov, E. Podgornaya,

O. Burova, C. Maazouzi // Science of Total Environment. – 2016. – Vol. 550. – Pp. 806 819.

4. Franzen, D. Beach-cast as biofertiliser in the Baltic Sea region-potential limitations due to cadmium-content / D. Franzen, E. Infantes, F. Grondahl // Ocean and Coastal Management. – 2019. – Vol. 169. – Pp. 20–26.

5. Chubarenko, I. Marine macrophytes retain microplastics/ I. Chubarenko, E. Esiukova, O. Lobchuk, A. Volodina, A. Kupriyanova, T. Bukanova // EGU General Assembly (4–8 May 2020). – Vienna, 2020, available at:https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-9473 (Accessed 10 June 2020).

6. Tuvikene, R. The extraction, structure, and gelling properties of hybrid galactan from the red alga Furcellaria lumbricalis (Baltic Sea, Estonia) / R. Tuvikene, K. Truus, M. Robal, O. Volobujeva, E. Mellikov, T. Pehk, A. Kollist, T. Kailas, M. Vaher // Journal of Applied Phycology. – 2010. – Vol. 22. – Pp. 51–63.

7. Thompson, T.M. Pelagic Sargassum for energy and fertiliser production in the Caribbean: A case study on Barbados / T.M. Thompson, B.R. Young, S. Baroutian // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2020. – Vol. 118. – Pp. 1–12.

8. Kirkman, H. Ecological significance and commercial harvesting of drifting and beach-cast macro-algae and seagrass in Australia: a review / H. Kirkman, C.A. Kendrick // Journal of Applied Phycology. – 1997. – Vol. 9. – Pp. 311–326.

9. Orfanidis, S. An insight to the ecological evaluation index (EEI) / S. Orfanidis, P. Panayotidis, N. Stamatis // Ecological Indicators. – 2003. – Vol 3. – Pp. 27–33.

10. HELCOM Baltic Sea Action Plan. Helsinki: Baltic Marine Environment Protection Commission, 2007. – 101 p.

11. Александров, С. В. Многолетние изменения трофического статуса Куршского и Вислинского заливов Балтийского моря / С. В. Александров // Биология внутренних вод. 2009. № 4. С. 27 34.

12. Горбунова, Ю. А. Анализ сценариев развития агропромышленного сектора в водосборном бассейне реки Преголи как определяющего фактора биогенной нагрузки / Ю. А. Горбунова, Д. А. Домнин, Б. В. Чубаренко // Известия КГТУ. – 2015. – № 39. – С. 11–19.

13. Кудрявцева, Е. А. Гидролого-гидрохимические основы первичной продуктивности и районирование российского сектора Гданьского бассейна Балтийского моря / Е. А. Кудрявцева, С. В. Александров // Океанология. 2019. Т. 59, № 1. – С. 56–71.

14. Володина, А. А. Макрофиты прибрежной зоны российского сектора юго-восточной части Балтийского моря (Калининградская область) / А. А. Володина, М. А. Герб // Известия КГТУ. 2013. № 28. С. 129 135.

15. Киреева, М. С. Количественный учет выбросов водорослей в Балтийском море / М. С. Киреева // Труды ВНИРО. – 1960. – Т. 42. – С. 206–209.

16. Блинова, Е. И. Размер и динамика выбросов фурцеллярии на Балтийском побережье / Е. И. Блинова // Рыбное хозяйство. 1971. № 7. С. 10 11.

17. Блинова, Е. И. Многолетняя динамика выбросов фурцеллярии на литовском побережье Балтийского моря / Е. И. Блинова, И. А. Кунютис // Рыбное хозяйство. – 1973. – № 9. – С. 20.

18. Suursaar, U. Formation and species composition of stormcast beach wrack in the Gulf of Riga, Baltic Sea / U. Suursaar, K. Torn, G. Martin, K. Herkul, T. Kullas // Oceanologia. – 2014. – Vol.56 (4). – Pp. 673–695.

19. Беседина, М. А. Количественная и качественная оценка штормовых выбросов водорослей-макрофитов в Филинской бухте / М. А. Беседина, О. А. Назарова // Естественнонаучные основы медико-биологических знаний: студ. конф. (9-10 нояб. 2017): материалы. – Рязань, 2017. – С. 206–208.

20.Виноградова, К. Л. Ульвовые водоросли (Chlorophyta) морей СССР / К. Л. Виноградова. Ленинград: Наука, 1974. 166 с.

21. Водоросли: справочник / под ред. С. П. Вассер, Н. В. Кондратьев, Н. П. Масюк [и др.] – Киев: Наукова думка, 1989. – 608 с.

22. Зинова, А. Д. Определитель красных водорослей северных морей СССР / А. Д. Зинова. Москва: Изд-во АН СССР, 1953. 212 с.

23. Зинова, А. Д. Определитель бурых водорослей северных морей СССР / А. Д. Зинова. – Москва – Ленинград: Наука, 1955. – 115 с.

24. Блинова, Е. И. Водоросли-макрофиты и травы морей европейской части России (флора, распространение, биология, запасы, марикультура) / Е. И. Блинова. – Москва: Изд-во ВНИРО, 2007. – 114 с.

25. Архив погоды в г. Пионерском, Калининградская область [Электронный ресурс]. – URL: https://rp5.ru (дата обращения: 10.06.2020).

REFERENCES

1. Kraufvelin P., Salovius S. Animal diversity in Baltic rocky shore macroalgae: can Cladophora glomerata compensate for lost Fucus vesiculosus? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2004, vol. 61, iss. 2, pp. 369–378.

2. Val'ter G. *Rastitel'nost' zemnogo shara. Tom 3. Tundry, luga, stepi, vnetropicheskie pustyni* [Earth vegetation. Volume 3. Tundra, meadows, steppes, extratropical deserts]. Moscow, Progress, 1975, 428 p.

3. Gubelit Y., Polyak Y., Dembska G., Pazikowska-Sapota G., Zegarowski L., Kochura D., Krivorotov D., Podgornaya E., Burova O., Maazouzi C. Nutrient and metal pollution of the eastern Gulf of Finland coastline: Sediments, macroalgae, microbiota. *Science of Total Environment*, 2016, vol. 550, pp. 806–819.

4. Franzen D., Infantes E., Grondahl F. Beach-cast as biofertiliser in the Baltic Sea region-potential limitations due to cadmium-content. *Ocean and Coastal Management*, 2019, vol. 169, pp. 20 26.

5. Chubarenko I., Esyukova E., Lobchuk O., Volodina A., Kupriyanova A., Bukanova T. Marine macrophytes retain microplastics. *EGU General Assembly (4–8 May 2020)*. Vienna, 2020, available at: https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-9473 (Accessed 10 June 2020).

6. Tuvikene R., Truus K., Robal M., Volobueva O., Mellikov E., Pehk T., Kollist A., Kailas T., Vaher M. The extraction, structure, and gelling properties of hybrid galactan from the red alga Furcellaria lumbricalis (Baltic Sea, Estonia). *Journal of Applied Phycology*, 2010, vol. 22, pp. 51 63.

7. Thompson T. M., Young B. R., Baroutian S. Pelagic Sargassum for energy and fertiliser production in the Caribbean: A case study on Barbados. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2020, vol. 118, pp. 1–12.

8. Kirkman H., Kendrick C. A. Ecological significance and commercial harvesting of drifting and beach-cast macro-algae and seagrass in Australia: a review. *Journal of Applied Phycology*, 1997, vol. 9, pp. 311–326.

9. Orfanidis S., Panayotidis P., Stamatis N. An insight to the ecological evaluation index (EEI). *Ecological Indicators*, 2003, vol. 3, pp. 27 33.

10. *HELCOM Baltic Sea Action Plan*. Helsinki: Baltic Marine Environment Protection Commission, 2007, 101 p.

11. Aleksandrov S. V. Mnogoletnie izmeneniya troficheskogo statusa Kurshskogo i Vislinskogo zalivov Baltiyskogo morya [Long-term changes in the trophic status of the Curonian and Vistula Gulfs of the Baltic Sea]. *Biologiya vnutrennikh vod*, 2009, no. 4, pp. 27–34.

12. Gorbunova Yu. A., Domnin D. A., Chubarenko B. V. Analiz stsenariev razvitiya agropromyshlennogo sektora v vodosbornom basseyne reki Pregoli kak opredelyayushchego faktora biogennoy nagruzki [Analysis of scenarios for the development of the agro-industrial sector in the catchment of the Pregol river as a determining factor in the nutrient load]. *Izvestiya KGTU*, 2015, no. 39, pp. 11–19.

13. Kudryavtseva E. A., Aleksandrov S. V. Gidrologo-gidrokhimicheskie osnovy pervichnoy produktivnosti i rayonirovanie rossiyskogo sektora Gdan'skogo basseyna Baltiyskogo morya [Hydrologic and hydrochemical basis of primary production and zoning of the Russian sector of the Gdansk basin of the Baltic Sea]. *Okeanologiya*, 2019, vol. 59, no. 1, pp. 56 71.

14. Volodina A. A. Gerb M. A. Makrofity pribrezhnoy zony rossiyskogo sektora yougo-vostochnoy chasti Baltiyskogo moria (Kaliningradskaya oblast') [Macrophytes of the coastal zone of the Russian sector of the southeastern part of the Baltic Sea (Kaliningrad region)]. *Izvestiya KGTU*, 2013, no. 28, pp. 129 135.

15. Kireeva M. S. Kolichestvennyy uchet vybrosov vodorosley v Baltiyskom more [Quantification of algae emissions in the Baltic Sea]. *Trudy VNIRO*, 1960, vol. 42, pp. 206–209.

16. Blinova E. I. Razmer i dinamika vybrosov furcellyarii na Baltiyskom poberezh'e [Volume and dynamics of Furcellaria emissions on the Baltic coast]. *Rybnoe khozyaystvo*, 1971, no. 7, pp. 10–11.

17. Blinova E. I., Kunyutis I. A. Mnogoletnyaya dinamika vybrosov furcellyarii na litovskom poberezh'e Baltiyskogo morya [Long-term dynamics of Furcellaria emissions on the Lithuanian coast of the Baltic Sea]. *Rybnoe khozyaystvo*, 1973, no. 9, pp. 20.

18. Suursaar U., Torn K., Martin G., Herkul K., Kullas T. Formation and species composition of stormcast beach wrack in the Gulf of Riga, Baltic Sea. *Oceanologia*, 2014, vol. 56 (4), pp. 673–695.

19. Besedina M. A., Nazarova O. A. Kolichestvennaya i kachestvennaya otsenka shtormovykh vybrosov vodorosley-makrofitov v Filinskoy bukhte [Quantitative and qualitative estimation of storm beach wrack in the Filinskaya Bay]. *Materialy stud. konf. "Estestvennonauchnye osnovy mediko-biologicheskikh znaniy" (9–10 noyab. 2017)* [Proceedings of student conference "Natural background of the medical and biological knowledge" 09 10 November]. Ryazan', 2017, pp. 206 208.

20. Vinogradova K. L. *Ul'vovye vodorosli (Chlorophyta) morey SSSR* [Ulva algae (Chlorophyta) of the seas of the USSR]. Leningrad, Nauka, 1974, 166 p.

21. *Vodorosli: spravochnik* [Algae: reference book]. Ed. S. P. Wasser, N. V. Kondratiev, N. P. Masyuk et al. Kiev, Naukova dumka, 1989, 608 p.

22. Zinova A. D. *Opredelitel' krasnykh vodorosley severnykh morey SSSR* [Guide to red algae of the northern seas of the USSR]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1953, 212 p.

23. Zinova A. D. *Opredelitel' burykh vodorosley severnykh morey SSSR* [Guide to brown algae of the northern seas of the USSR]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1955, 115 p.

24. Blinova E. I. *Vodorosli-makrofity i travy morey Evropeyskoy chasti Rossii (flora, rasprostranenie, biologiya, zapasy, marikul'tura)* [Macrophyte algae and grasses of the seas of the European part of Russia (flora, distribution, biology, stocks, mariculture)]. Moscow, Izd-vo VNIRO, 2007, 114 p.

25. *Arkhiv pogody v g. Pionerskom, Kaliningradskaya oblast'* [Weather archive in Pionersky, Kaliningrad region]. Available at: https://rp5.ru (Accessed 10 June 2020).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Горбунова Юлия Александровна – Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН; кандидат биологических наук, научный сотрудник; E-mail: julia_gorbunova@mail.ru

Gorbunova Julia Alexandrovna – Shirshov Institute of Oceanology Russian Academy of Sciences; PhD, Scientific researcher; E-mail: julia_gorbunova@mail.ru

Есюкова Елена Евгеньевна – Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН; кандидат географических наук, старший научный сотрудник; E-mail: elena_esiukova@mail.ru

Esiukova Elena Evgen`evna – Shirshov Institute of Oceanology Russian Academy of Sciences; PhD, Senior Researcher; E-mail: elena_esiukova@mail.ru