



УДК 57.084.2

МАКРОВОДОРОСЛИ В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

Ю.И. Губелит^{1*} и Н.А. Ковальчук²

¹Зоологический институт Российской академии наук, Университетская наб. 1, 199034 Санкт-Петербург, Россия;
e-mail: gubelit@list.ru

²Ботанический институт им. Комарова Российской академии наук.

РЕЗЮМЕ

В работе рассматривается влияние таких факторов, как соленость и антропогенная деятельность на прибрежное сообщество макроводорослей восточной части Финского залива. Выявлено, что на исследованном участке встречаются морские виды водорослей, наиболее приспособленные к условиям пониженной солености. Также отмечено резкое снижение биомассы и снижение обилия редких видов макроводорослей вследствие негативного влияния дноуглубительных работ.

Ключевые слова: макроводоросли, соленость, *Cladophora glomerata*

MACROALGAL COMMUNITY IN CONDITIONS OF THE EASTERN PART OF THE GULF OF FINLAND

Yu.I. Gubelit^{1*} and N.A. Kovalchuk²

¹Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, Universitetskaya Emb. 1, 199034 Saint Petersburg, Russia;
e-mail: gubelit@list.ru

²Komarov Botanical Institute of the Russian academy of Sciences.

ABSTRACT

This paper examines the impact of factors such as salinity, and anthropogenic activities on the coastal community of macroalgae in the eastern Gulf of Finland. It was shown, that in studied area there are marine species of algae, which is adapted to conditions of low salinity. During observations it was founded sharp decline of *Cladophora glomerata* biomass and reduction abundance of rare species macroalgae due to dredging.

Key words: macroalgae, salinity, *Cladophora glomerata*

ВВЕДЕНИЕ

Макроводоросли являются одним из самых главных функциональных звеньев в прибрежных экосистемах. Они служат местообитанием и источником пищи для многих бентосных беспозвоночных. В последние несколько десятилетий проблема изучения прибрежных сообществ стала особенно актуальной в связи с эвтрофированием

прибрежных зон и массовым развитием нитчатых макроводорослей. Последствиями этих процессов являются уменьшение видового разнообразия макроводорослей, аккумуляция гниющих водорослей на побережье и возникновение условий аноксии, массовые заморы бентосных животных и мальков рыб. Каждый год эти процессы наблюдаются и в восточной части Финского залива.

По сравнению с другими частями Балтийского моря, восточная часть Финского залива характеризуется низкими значениями солености от 0.2‰

*Автор-корреспондент / Corresponding author

в Невской губе до 4‰ у Березовых островов. Кроме того, в 2006–2007 годах эта часть залива испытывала сильное антропогенное воздействие вследствие проводимых в Невской губе дноуглубительных и намывных работ. Все эти факторы не могут не сказываться на прибрежных сообществах. Тем не менее, в отличие от других районов Балтийского моря, прибрежные альгоценозы восточной части Финского залива до недавнего времени оставались практически не изученными. Известно всего несколько работ, посвященных видовому разнообразию и некоторым функциональным характеристикам водорослевых сообществ этой части Балтийского моря (Ковальчук, 2005, 2007, 2008; Bäck et al., 2001, 2002; Golubkov et al., 2003, Gubelit & Berezina, 2010).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужили пробы макроводорослей, отобранные в период с 2002 по 2011 г. в восточной части Финского залива на 8 станциях (рис. 1; таблица). Во время исследования отбор проб макроводорослей проводился ежегодно и состоял из объездов по побережью. Объезды проводили в первые две недели июля от пос. Репино до Приморска на северном побережье и от г. Петродворец до Лужской губы на южном побережье. На станции 1, а (г. Зеленогорск) пробы отбирали в период с 2002 по 2006 гг. В 2007 г., в связи с застройкой побережья, станцию пришлось перенести в пос. Репино (ст. 1, б). Обе станции сходны по условиям, поэтому результаты наблюдений были объединены.

Пробы отбирали на глубинах 0,5, 1,5, 3 и 5 м водолазным методом. Водоросли счищали с камней и тщательно промывали. Определяли площадь проективного покрытия отобранных камней. Собранные макроводоросли высушивали на воздухе и взвешивали. Полученный воздушно-сухой вес в дальнейшем будет упоминаться, как г сухой массы/м² каменистого субстрата. Виды макроводорослей определяли на базе Ботанического института им. Комарова РАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Как показало наше исследование, в восточной части Финского залива максимальная глубина распространения макроводорослей достигает

5,5–6 м. При этом доминирует эвригалинная пресноводная нитчатая водоросль *Cladophora glomerata* (L.) Kütz., формирующая плотно сомкнутые монодоминантные сообщества на глубинах от 0,1–0,2 м до 3,0–3,5 м.

По мере увеличения солености на станциях 3–4 и 6–8 в доминирующий комплекс также входил вид зеленых водорослей *Ulva intestinalis* L.

С продвижением к западу и увеличением солености воды менялся и видовой состав макроводорослей. Если в Невской губе (ст. 5) в сообществе макроводорослей твердых грунтов было обнаружено всего 7 видов, относящихся к отделу зеленых водорослей, то за дамбой с увеличением солености количество видов возросло до 16. Из них 13 видов относились к зеленым водорослям (Chlorophyta), 2 вида к бурым (Phaeophyta), 1 вид к красным (Rhodophyta). Из них три вида (*Cladophora aegagropila* (L.) Rabenh., *Pseudolithoderma subextensum* (Waern) S. Lund и *Hildenbrandtia rubra* (Sommerf.) Menegh.) являются редкими и занесены в Красную Книгу Ленинградской области (Цвелев, 2000).

С повышением солености до 2‰, на станциях 4, 6–8 были встречены морские виды макроводорослей *Pylaiella littoralis* (L.) Kjellm и *Ceramium tenuicorne* (Kütz.) Waern.

Количественная оценка макроводорослей до глубины 5 м производилась в 2002 г. на южном побережье на станции 7 (Копорская губа, дер. Систо-Палкино), в 2007 г. на северном побережье, на станции 4 (Приморск). Наиболее оптимальные условия для роста макроводорослей были на глубине 1,5 м, поскольку здесь средняя биомасса кладофоры была максимальной по сравнению с остальными глубинами. На глубине 3 м она снижалась, а на глубине 5 м была минимальной (рис. 2).

В 2006–2007 годах в Невской губе проходили масштабные работы по углублению фарватера и намыву новых территорий. Это привело к повышению содержания взвешенных частиц в воде, при этом наибольшие концентрации взвеси наблюдались вдоль северного побережья. По данным Л.Л. Сухачевой (2007) были зарегистрированы случаи распространения шлейфа мутных вод на 150 км от источника загрязнения. В результате инженерных работ в Невской губе произошло снижение прозрачности воды на акватории Невской губы и восточной части Финского залива (Орлова и др. 2008). Подобное усиление антропогенной

Таблица. Станции отбора проб.**Table.** Sampling sites.

№ станции	Расположение	Координаты	Соленость, ‰
1а	г. Зеленогорск	60°10′с.ш. 29°43′в.д.	0.4–1
1б	пос. Репино	60°09′с.ш. 29°51′в.д.	0.4–1
2	пос. Ушково	60°11′с.ш. 29°37′в.д.	0.6–1
3	м. Флотский	60°09′с.ш. 29°09′в.д.	1.5–1.84
4	г. Приморск	60°20′с.ш. 28°42′в.д.	1.7–2.3
5	г. Петродворец	59°53′с.ш. 29°54′в.д.	0.16–0.2
6	Графская бухта	59°49′с.ш. 28°36′в.д.	1.8–2.7
7	Копорская губа, дер. Систо-Палкино	59°48′с.ш. 28°54′в.д.	2–3.9
8	Лужская губа, пос. Ручьи	29°45′с.ш. 28°26′в.д.	2–3.16

нагрузки негативно сказалось на состоянии сообществ прибрежной зоны. Наиболее уязвимыми в этом случае оказались многолетние виды водорослей. В районе г. Зеленогорск (ст. 1) в 2006 и 2007 годах на глубине 5 и более метров было зарегистрировано полное исчезновение популяции *P. subextensum* и *H. rubra*. Пробы, отобранные на глубине 3 и 4 м, показали, что обилие этих видов существенно снизилось. После оседания взвеси в 2008 г. было отмечено заиление каменистого субстрата, что уменьшило его доступность для развития макроводорослей. Споры и микроскопические зимующие стадии зеленых водорослей из родов *Cladophora* и *Ulva* более устойчивы к заилению субстрата, чем споры многолетних макроводорослей (Eriksson, Johansson, 2005). Тем не менее в 2008 г. наблюдалось резкое снижение биомассы кладофоры на глубинах 0.5–1.5 м (рис. 3).

ОБСУЖДЕНИЕ

В Балтийском море соленость является одним из основных факторов, определяющих состав и распределение макроводорослей. Исходя из собственных и литературных данных, можно заключить, что количество видов макроводорослей в восточной части Финского залива увеличивается при продвижении с востока на запад по мере увеличения минерализации воды, что согласуется с

общей закономерностью, описанной для Балтийского моря (Snoeijs, 1999).

Например, в сообществах макроводорослей у западного побережья Швеции доминируют виды бурых и красных водорослей по мере снижения солености, в северной Балтике в сообществах доминируют зеленые макроводоросли. Это связано с уменьшением количества морских видов и увеличением количества пресноводных видов макроводорослей, большинство из которых относится к отделу зеленых водорослей (Johansson, 2002). На исследованном участке восточной части Финского залива наблюдалось доминирование зеленых водорослей с постепенным уменьшением их вклада в общее разнообразие по мере увеличения солености воды. Морские виды водорослей (*Pylaiella littoralis*, *Ceramium tenuicorne*) были обнаружены только на станциях, где средняя минерализация воды была не ниже 2 г/л (на северном побережье – ст. 4 (Приморск), на южном берегу – ст. 6–8 (Копорская и Лужская губы)). Поскольку заселение Балтийского моря морскими макроводорослями происходило в направлении с запада на восток, из датских проливов, распределение видов макроводорослей соответствует их толерантности к изменению условий солености (Larsen, Sand-Jensen, 2006). В связи с этим флора макроводорослей наиболее распресненного, российского сектора Финского залива представляет

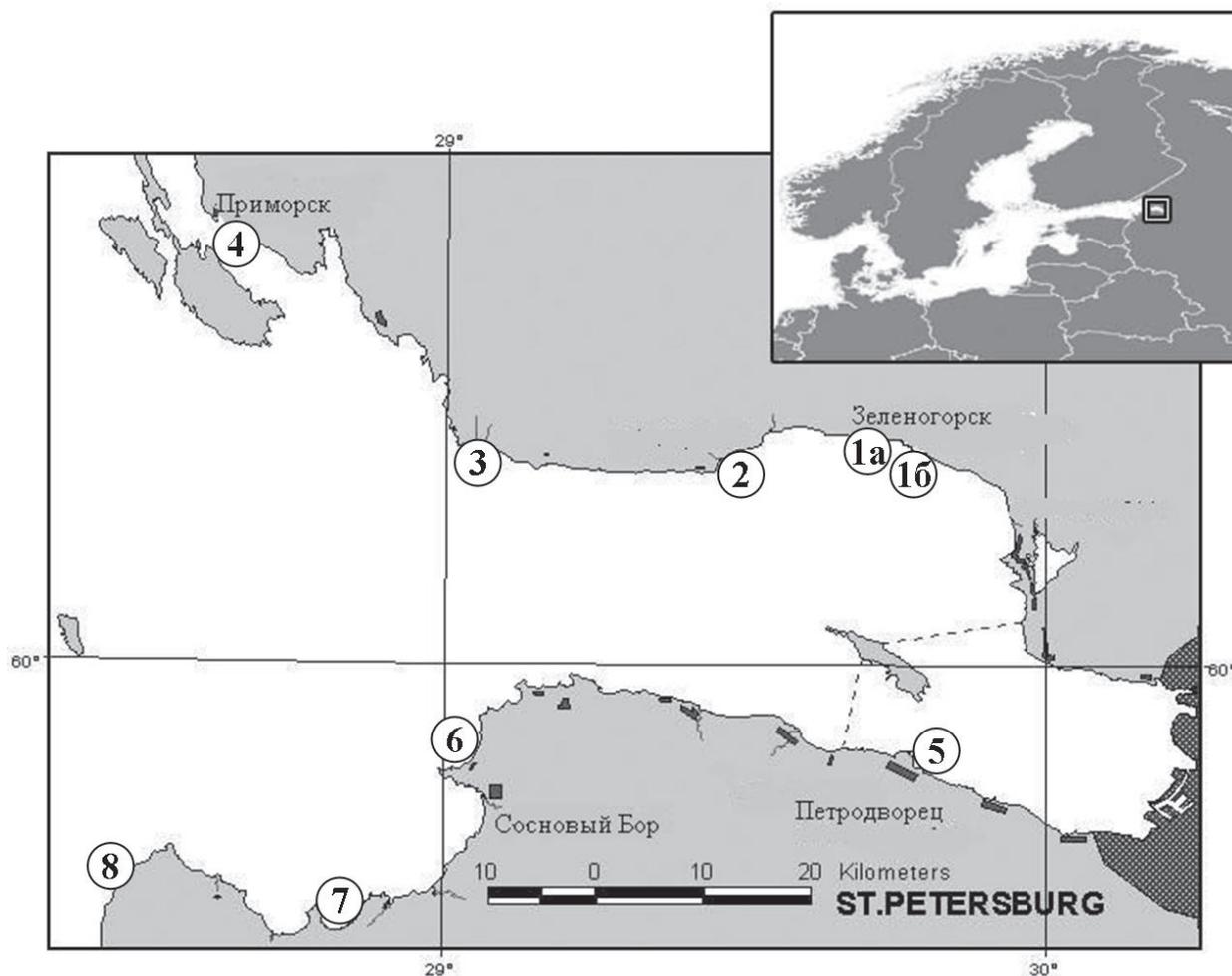


Рис. 1. Карта восточной части Финского залива.

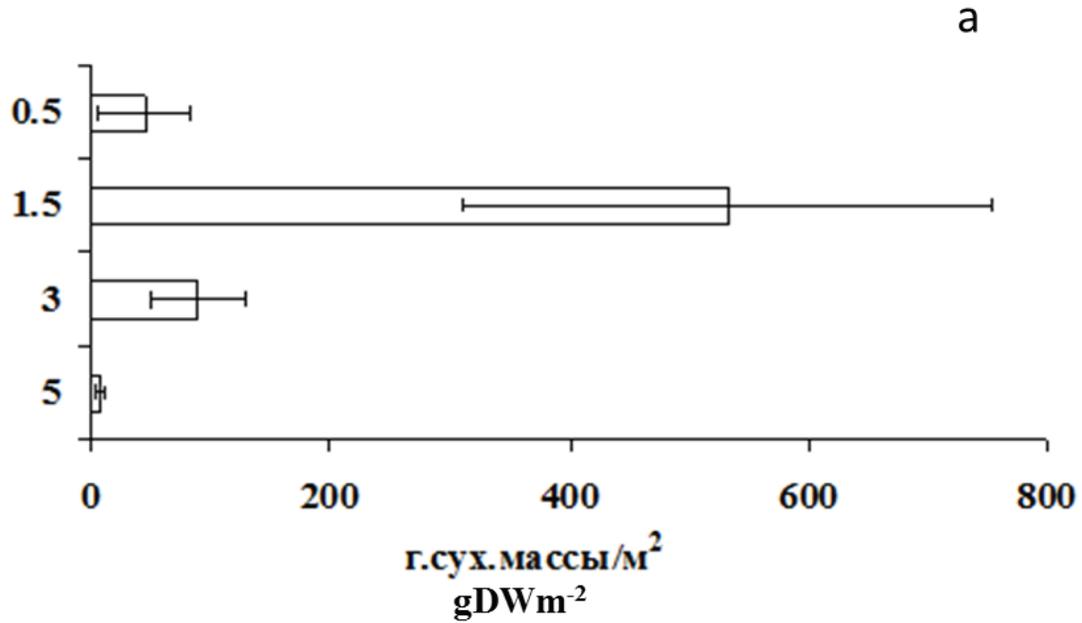
Fig. 1. Map of eastern part of the Gulf of Finland.

собой крайне обеднённый вариант флоры макроводорослей Балтики. Если для Балтийского моря известно 156 видов красных, 128 видов бурых и 110 видов зеленых макроводорослей (Nilsen et al., 1995), то в российском секторе Финского залива в 1970-е годы было обнаружено, соответственно, 13 видов зеленых, 9 видов бурых и 2 вида красных макроводорослей (Кукк, 19796). Выполненный позднее анализ всех имевшихся публикаций, посвященных макроводорослям Финского залива (Балашова и др., 1999), показал, что в российском секторе залива за всю историю исследований было обнаружено 18 видов зеленых, 14 видов бурых и 6 видов красных макроводорослей. К сожалению, в обзоре не был учтен ряд работ Х.А. Кукка

(Kukk, 1988, 1995). Исследования последних лет (Ковальчук, 2005, 2007) позволили пополнить список макроводорослей тремя новыми для Финского залива видами зеленых макроводорослей (*Pringsheimiella scutata* (Reinke) Marchew, *Synkoryne reinkei* R. Nielsen et P.M. Pedersen и *Spirogyra maxima* (Hass.) Wittr.) В итоге за весь период исследований в российском секторе Финского залива были отмечены 22 вида зеленых, 15 видов бурых и 7 видов красных макроводорослей.

Как показали последние исследования, виды макроводорослей, обитающие в Балтийском море, более приспособлены к условиям низкой солености, чем их сородичи из Северного моря и Атлантического океана. Такие отличия были вы-

M



M

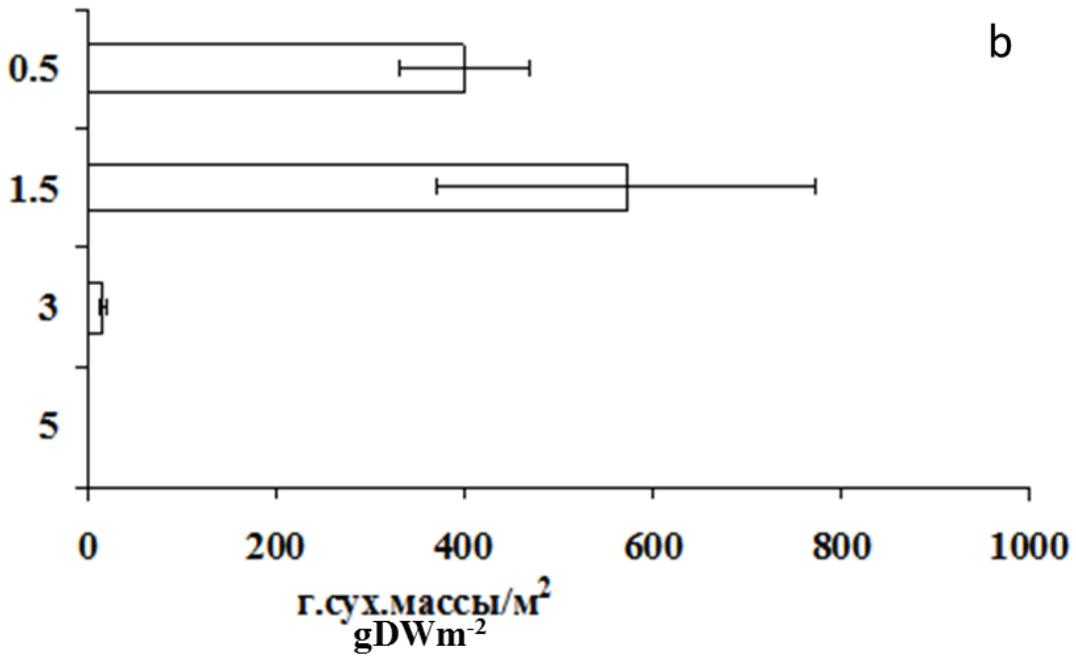


Рис. 2. Биомасса макроводорослей на глубинах от 0.5 до 5 м. "a" – станция 7, 2002 г., "b" – станция 4, 2007 г.

Fig. 2. Biomass of macroalgae on the depth 0.5–5 m. "a" – site 7 in 2002, "b" – site 4 in 2007.

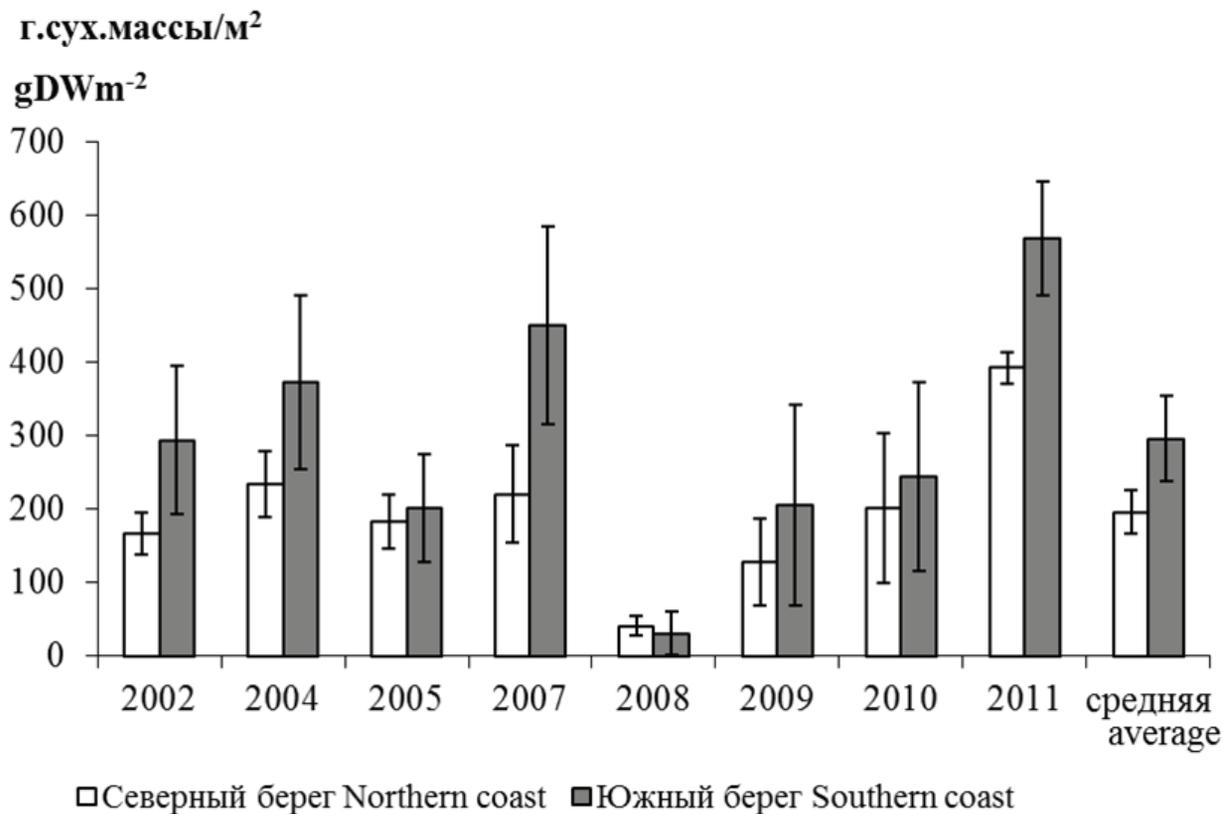


Рис. 3. Биомасса макроводорослей на северном (ст. 1-4) и южном (ст. 5-8) побережьях в 2002–2011 годах на глубинах 0.5–1.5 м.

Fig. 3. Biomass of macroalgae on the northern (sites 1-4) and southern (sites 5-8) coasts in 2002–2011, on the depth 0.5–1.5 m.

явлены, в частности, для *P. littoralis* и *C. tenuicorne* (Russell 1994; Johansson, 2002). Наиболее приспособленными к условиям низкой солености оказались виды из отдела зеленых водорослей. Например, балтийская *Ulva intestinalis* (в отличие от североморской и атлантической популяций) успешно переносила изменения солености от 16 до 0.5‰ (Larsen, Sand-Jensen, 2006). Способность выносить достаточно экстремальные условия среды была отмечена и для *Cladophora glomerata*. Такая высокая приспособляемость объясняется тем, что зеленые водоросли в морских местообитаниях занимают верхние горизонты, подверженные резким изменениям условий среды, в частности повышению солености в результате испарения и ее понижению из-за выпадения осадков. В итоге в процессе эволюции у этой группы водорослей выработались механизмы устойчивости к широкому

диапазону изменений факторов внешней среды. (Thomas et al., 1988; Larsen, Sand-Jensen, 2006).

Из морских бурых и красных водорослей на исследованной территории встречаются виды, которые наиболее приспособлены к условиям низкой солености (*P. littoralis* и *C. tenuicorne*). Кроме того, флора макроводорослей восточной части Финского залива нуждается в дальнейшем изучении, поскольку некоторые виды водорослей (из родов *Spirogyra*, *Zygnema*, *Chara*, *Vaucheria*) сложны для определения.

В связи с усиливающимся антропогенным влиянием и эвтрофированием в последние десятилетия во всем Балтийском море наблюдается снижение прозрачности и, как следствие, уменьшение глубины распространения макроводорослей.

На входе в Финский залив, в районе архипелага Твярминне, в конце 90-х годов вертикальное

распространение макроводорослей достигало 9 м, пояс кладофоры при этом занимал верхний горизонт от 0.3 до 2 м (Kiirikki, Lehvo, 1997). В других районах архипелага в начале 2000-х годов нижней границей распространения водорослей была глубина 6 м (Salovius, Bonsdorff, 2004).

В восточной части Финского залива, в районе о. Гогланд, в последние годы наблюдалось уменьшение обилия некоторых видов многолетних бурых водорослей, почти полное исчезновение некоторых видов красных водорослей и увеличение обилия и распространения однолетних водорослей из родов *Cladophora*, *Pylaiella*, *Ectocarpus*. (Ковальчук, 2008). Исходя из собственных и литературных данных о вертикальном распределении макроводорослей в исследованном районе, можно заключить, что граница распространения макроводорослей в восточной части Финского залива находится на меньших глубинах по сравнению с другими районами Балтийского моря. При этом глубина максимального развития нитчатых однолетних водорослей находится в тех же пределах, которые определены для других районов Балтийского моря.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа поддержана грантом Президента РФ Школа продукционной гидробиологии НШ-4496.2012.4, программами «Биологические ресурсы России», «Биоразнообразие и динамика генофондов», а также грантом РФФИ № 11-04-00053-а.

ЛИТЕРАТУРА

- Балашова Н.Б., Беякова Р.Н., Лукницкая А.Ф., Ковальчук Н.А., Басова С.Л. и Жакова Л.В. 1999. Альгофлора Санкт-Петербурга и Ленинградской области. // Биоразнообразие Ленинградской области. Водоросли. Грибы. Лишайники. Мохообразные. Беспозвоночные животные. Рыбы и рыбообразные. Тр. С.-Петербургского общ-ва естествоиспытателей. 2(6) СП: 13–78.
- Ковальчук Н.А. 2005. Макроводоросли. В кн: Стрельнинский берег – комплексный памятник природы. СПб: 31.
- Ковальчук, Н.А. 2007. Морские макроводоросли. // Природная среда и биологическое разнообразие архипелага Березовые острова (Финский залив). СПб: 229–235.
- Ковальчук Н.А. 2008. Биоразнообразие и современное состояние зеленых, бурых и красных макроводорослей российской части Финского залива. // Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы. КМК. М-СПб, 126–136.
- Кукк Х.А. 1979. Макрофиты восточного и северо-восточного побережий Финского залива. *Новости систематики низших растений*. 16: 15–18.
- Орлова М.И., Рябчук Д.В. и Спиридонов М.А. 2008. Геолого-геоморфологическая характеристика восточной части Финского залива и типология донных биотопов. // Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы. КМК, М–СПб: 59–75.
- Сухачева Л.Л. 2007. Анализ воздействия природных и антропогенных факторов на динамику загрязнения восточной части Финского залива взвешенными веществами по данным многолетних аэрокосмических наблюдений. // Сборник тезисов VIII Международного экологического форума «Дни Балтийского моря». «Диалог». СПб: 120–122.
- Цвелев Н.Н. (ред) 2000. Красная Книга природы Ленинградской области. 2. Растения и грибы. СПб, 672 с.
- Bäck S., Anokhina L. and Dernjatin M. 2001. Massive occurrences of *Cladophora glomerata* in the Gulf of Finland, Baltic Sea. Abstract Volume Baltic Sea Science Congress 2001. Stockholm: 61.
- Eriksson B.K. and Johansson G. 2005. Effects of sedimentation on macroalgae: species-specific responses are related to reproductive traits. *Oecologia*, 143: 438–448.
- Golubkov S.M., Bäck S., Nikulina V.N., Orlova M.I., Anokhina L.E. and Umnova L.P. 2003. Effects of eutrophication and invasion of *Dreissena polymorpha* in the coastal zone of the eastern Gulf of Finland. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Biology. Ecology*. 52 (3): 218–235.
- Gubelit Yu.I. and Berezina N.A. 2010. The causes and consequences of algal blooms: The *Cladophora glomerata* bloom and the Neva estuary (eastern Baltic Sea). *Marine Pollution Bulletin*. 61 (4–6): 183–188.
- Johansson G. 2002. Factors affecting the distribution of rocky-shore macroalgae on the Swedish coast. Morphological, physiological, reproductive and genetic aspects. Comprehensive summaries of Uppsala dissertations from the Faculty Science and Technology. 759. Acta Universitatis Upsaliensis. Uppsala. 35 p.
- Kiirikki M. and Lehvo A. 1997. Life strategies of filamentous algae in the northern Baltic proper. *Sarsia*. 82: 259–267.
- Kukk H. 1988. Long-term changes in the bottom vegetation of Hogland (Suursaari) Island coastal waters). *Изв. АН ЭССР. Биол.* 37 (3): 242–244.
- Kukk H. 1995. Bottom vegetation of the coastal waters of the islands of the Gulf of Finland. *Year-book of the Estonian Naturalists Society*. 76: 7–16.

- Larsen A. and Sand-Jensen K. 2006.** Salt tolerance and distribution of estuarine benthic macroalgae in the Kattegat – Baltic Sea area. *Phycologia*. **45**: 13–23.
- Nielsen R., Kristiansen A., Mathiesen L. and Mathiesen H. 1995.** Distributional index of the benthic macroalgae of the Baltic Sea area. *Acta Botanica Fennica*. **155**: 51 p.
- Russell G. 1994.** A Baltic variant of *Pylaiella littoralis* (Algae, Fucophyceae) *Annales Botanici Fennici*. **31**: 127–138.
- Salovius S. and Bonsdorff E. 2004.** Effects of depth, sediment and grazers on the degradation of drifting filamentous algae (*Cladophora glomerata* and *Pilayella littoralis*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **298**: 93–109.
- Snoeijis P. 1999.** Marine and brackish waters. *Acta Phytogeographica Suecica* **84**: 187–212.
- Thomas D.N., Collins J.C. and Russel G. 1988.** Interactive effect of temperature and salinity upon net photosynthesis of *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. and *C. rupestris* (L.) Kütz. *Botanica Marina*. **31**: 73–77.