

УДК 577.472(28):581.526.325

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИТОПЛАНКТОНА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКИ И КУРШСКОГО ЗАЛИВА

И.А. Оленина

Аннотация

Данная работа представляет собой обобщение результатов исследований фитопланктона Балтийского моря и Куршского залива в 1980–2006 гг. За период исследования в фитопланктоне обоих водоемов обнаружено 1036 видов и внутривидовых таксонов, принадлежащих к 12 классам водорослей. Диатомовый вид *Chaetoceros thronsdensii* var. *thronsdensia* отмечен впервые для Балтийского моря. Данные по структуре фитопланктона использовали для районирования исследованной акватории. Выделено три района в заливе и четыре в море. Для каждого из районов установлены сезонные комплексы фитопланктона, описана их годовая динамика и составлены планктонные календари с учетом изменчивости температуры воды для каждого месяца. Приведен список потенциально токсических видов фитопланктона, установлена сезонная динамика их количественного развития.

Фитопланктон – традиционный объект наблюдений за состоянием водной среды. Его изучение имеет давнюю историю, а результаты применяются для решения широкого круга проблем: для оценки продуктивности водоемов и реакции организмов на антропогенное воздействие, моделирования трофо-динамических взаимодействий, районирования (типологии) прибрежных зон и т. д. В этой связи очень важна роль долгосрочных регулярных наблюдений, которые позволяют выделить характерные тенденции в развитии фитопланктона как одного из основных компонентов водных экосистем.

Данная работа представляет собой обобщение результатов исследований фитопланктона за период 1980–2006 гг. Отбор проб выполнялся регулярно на станциях мониторинга морской среды. Частота отбора проб зависела от категории станции: на 8 из них пробы отбирали два раза в месяц в течение вегетационного сезона и один раз в месяц с ноября по март; на остальных 25 – один раз в сезон. Кроме того, в отдельные годы проводились дополнительные съемки по расширенной сетке станций (приблизительно 40 станций). Общее число отобранных проб превышает 2500. Пробы отбирали и обрабатывали по стандартной международной методике, принятой на Балтийском море [1].

За период исследования в фитопланктоне Куршского залива и юго-восточной части Балтийского моря обнаружено 1036 видов и внутривидовых таксонов микроводорослей, принадлежащих к 12 классам (табл. 1). Представителей сборной группы мелких жгутиковых водорослей до вида не определяли, хотя и

учитывали количественно. В заливе определено 875 таксонов, в море – 674; 519 таксонов были общими для обоих водоемов. В публикациях исследователей, изучавших фитопланктон данных районов в 1930–1980-е годы [2–7], было отмечено только 359 видов. Однако, несмотря на достаточно долгий период наблюдений, новые для исследованных районов виды отмечаются постоянно, а кумулятивное число видов на плато еще не вышло. Например, в период с 1984 по 2002 гг. к списку фитопланктона Куршского залива добавлялось по 11–75 видов (2–18 родов) ежегодно. Диатомовый вид *Chaetoceros thronsdensii* var. *thronsdensia* отмечен впервые для Балтийского моря [8].

Табл. 1

Количественное соотношение видов систематических групп фитопланктона Куршского залива и юго-восточной части Балтийского моря

Таксон	Всего	Куршский залив	Юго-восточная Балтика	Общие для обоих водоемов
<i>Cyanophyceae</i>	153	139	104	90
<i>Cryptophyceae</i>	35	28	30	23
<i>Dinophyceae</i>	93	53	84	44
<i>Chrysophyceae</i>	40	37	20	17
<i>Prymnesiophyceae</i>	14	7	13	7
<i>Diatomophyceae</i>	295	255	175	135
<i>Prasinophyceae</i>	7	3	7	3
<i>Euglenophyceae</i>	32	28	15	11
<i>Chlorophyceae</i>	332	302	206	176
<i>Xanthophyceae</i>	14	14	4	4
<i>Craspedophyceae</i>	18	8	14	8
<i>Coccolitophoridae</i>	2	–	1	–
<i>Flagellata (undet.)</i>	1	1	1	1
Всего	1036	875	674	519

Наибольшим видовым разнообразием отличались классы *Chlorophyceae* (35% всех обнаруженных видов в заливе и 31% – в море) и *Diatomophyceae* (29 и 26% соответственно). В отношении солености большинство отмеченных видов относится к пресноводно-солонатоводным (37% от общего числа видов в заливе и 29% – в море) и пресноводным (по 42%) видам.

Данные по структуре фитопланктона использовали для районирования исследованной акватории. Для этого проводилось сравнение относительной численности видов фитопланктона, выраженной в процентах, на всех станциях мониторинга в заливе и в море по отдельным сезонным съемкам. Отдельно для залива и для моря сравнивались все станции между собой, при этом учитывались виды с численностью, составляющей не менее 1% от общей в данной пробе. В сумме эти виды всегда образовывали свыше 90% численности всего сообщества. Сходство видовой структуры фитопланктона между отдельными станциями оценивали как меру евклидова расстояния (ED). Далее на основе кластерных дендрограмм, полученных для данного сезона (весна, лето, осень) подсчитывалось среднее для всего периода исследования значение ED для каждой пары станций. Данные записывались в виде вторичной матрицы сходства,

на основе которой строилась заключительная дендрограмма объединения станций с наиболее сходной видовой структурой в заливе и в море.

По структуре фитопланктона в заливе было выделено три района: 1) северный – от ворот Клайпедского порта до 22 км вглубь залива – характеризующийся наличием видов морского происхождения в сезонных комплексах доминантов; 2) открытая акватория центральной и южной частей залива протяженностью 40–50 км («собственно залив»), характеризующаяся доминированием диатомовых весной и синезеленых летом и осенью; 3) приустьевые районы впадающих в залив рек Немана, Гилии и Деймы, где диатомовые водоросли достигают значительного количественного развития и в летний период. Переходный участок расположен в 40 км от морских ворот: весной по видовой структуре фитопланктона он чаще относится к северному району, летом – к зоне влияния Немана, а осенью – к открытому району центральной части.

В юго-восточной части моря выделено четыре района: 1) приустьевая зона Куршского залива, характеризующаяся доминированием, наряду с солоноватоводными и морскими, пресноводно-солоноватоводных видов; 2) приустьевая зона Вислинского залива, характеризующаяся преобладанием во все сезоны пресноводно-солоноватоводных *Cyanophyceae* и *Chlorophyceae* и, в меньшей мере, солоноватоводно-морских видов; 3) собственно прибрежная зона, граничащая, с одной стороны, с зоной влияния стока заливов, с другой – с морскими водными массами, для видовой структуры фитопланктона которой характерна значительная роль мелких жгутиковых микроводорослей; 4) мористые, наиболее удаленные от берега районы, характеризующиеся преобладанием солоноватоводно-морских видов во все сезоны.

Для каждого из районов были установлены сезонные комплексы фитопланктона, описана их годовая динамика и составлены планктонные календари с учетом изменчивости температуры воды для каждого месяца. В фитопланктонных комплексах выделены: 1) виды, обильно развивающиеся при определенных температурах только в один из сезонов (*Melosira varians*, *Melosira lineata*, *Asterionella formosa*, *Stephanodiscus binderanus*, *Fragilaria capucina*, *Microcystis aeruginosa*, *Achnanthes taeniata*, *Peridiniella catenata*, *Gonyaulax verior*, *Nodularia spumigena*, *Prorocentrum minimum*); 2) виды, бурное развитие которых начинается при довольно высоких температурах поздней весной или ранним летом и продолжается до глубокой осени уже при более низких температурах (*Aphanizomenon flos-aquae*, *Planktonema lauterbornii*); 3) виды, постоянно входящие в состав доминантов на протяжении всего вегетационного периода (*Stephanodiscus hantzschii*, *Stephanodiscus spp.*, *Skeletonema subsalsum*, *Chroomonas acuta*).

Большое внимание уделялось явлению цветения воды как следствию процесса эвтрофикации. В заливе цветение воды – регулярное ежегодное явление. В мае оно вызывается диатомовыми водорослями (главным образом *Stephanodiscus hantzschii* и *Diatoma tenuis*) и достигает интенсивного уровня (биомасса свыше 10 мг/л). В летне-осенний период (июль–ноябрь) цветение вызывается сине-зелеными водорослями (*Aphanizomenon flos-aquae*) и достигает уровня гиперцветения (биомасса свыше 100 мг/л). В прибрежной зоне моря в мае интенсивное цветение воды вызывают динофитовые водоросли, главным образом *Peridiniella catenata*; в июле–августе – сине-зеленые, в основном *Coelomonon*

pusillum, *Aphanizomenon flos-aquae* и *Nodularia spumigena*. Цветение наблюдается в более короткие сроки и не достигает такого высокого уровня, как в заливе.

В последнее время особый интерес привлекают потенциально токсические водоросли, способные при определенных условиях среды продуцировать губительные для водных беспозвоночных и рыб фитотоксины. Они могут накапливаться в пищевой цепи и вызывать гастрологические или неврологические болезни у высших животных и человека. В исследуемом районе отмечено 30 видов таких водорослей: 19 видов из класса *Cyanophyceae*, 6 – *Dinophyceae*, 3 – *Chlorophyceae* и 2 – *Prymnesiophyceae*. Из них в Куршском заливе критических или близких к таковым значений биомассы достигают два вида (*Aphanizomenon flos-aquae* и *Microcystis aeruginosa*). В море наиболее высоких концентраций достигают *Nodularia spumigena* и *Prorocentrum minimum*.

Данные многолетних исследований используются также для своевременного обнаружения и наблюдения за чужеродными видами. В Балтийском море отмечено 10 чужеродных видов фитопланктона [9], 8 из них образовали устойчивые популяции в юго-западной части моря, но только один вид – *Prorocentrum minimum* (Dinoflagellata) – распространился по всей Балтике, вплоть до Ботнического залива. Лабораторными исследованиями [10] показана токсичность этого вида, его клетки выделяют токсин венерупин (гепатотоксин), который опасен для человека. Этот вид также интересен своим редким умением приспосабливаться к широкому спектру условий окружающей среды, встречаясь и в никогда незамерзающем полносоленом Ла Манше, и в сильно распресненных водах восточной Балтики. В исследуемом районе он впервые появился в 1992 г. и в настоящее время стал одним из доминантов осеннего фитопланктона [11, 12].

В международных, а также в национальных программах мониторинга исключительно важная роль отводится качеству получаемых данных. В рамках HELCOM (Хельсинская Комиссия по охране окружающей среды Балтийского моря) существует специальная программа по гарантии качества биологических измерений (Quality Assurance on Biological Measurements). Группа экспертов-фитопланктологов (в состав которой входит и автор этой работы), участвующих в международном мониторинге Балтийского моря, регулярно проводит интеркалибрации, ревизию и стандартизацию существующих методов исследования, школы-семинары по таксономии. Все это способствует повышению качества и сравнимости получаемых результатов. Результатом этой многолетней работы стало опубликование руководства по подсчету биообъема и определению размерных классов фитопланктона Балтийского моря [13]. Данные по видовому, размерному составу и численности фитопланктона используются для подсчета биомассы, которая, в свою очередь, нужна для энергетических и продукционных расчетов, а также для моделирования экосистемы моря.

Summary

I.A. Olenina. Results of the phytoplankton studies in the south-eastern Baltic and the Curonian Lagoon.

The paper presents results of the phytoplankton investigations in the south-eastern part of the Baltic Sea and the Curonian Lagoon in 1980–2006. During this period, 1036 species, forms and varieties belonging to 12 classes of algae were identified. The diatom *Chaetoceros*

throndsenii var. *throndsenia* was recorded for first time for the Baltic Sea. The data on phytoplankton structure was used for typology of the lagoon's and sea's waters. Three areas were identified in the Curonian Lagoon and four areas in the south-eastern Baltic Sea. Typical seasonal complexes of phytoplankton were identified for all distinguished areas. The seasonal successions were described for all complexes, and plankton calendars were compiled for each month in relation to variability in water temperature. List of potentially toxic phytoplankton species is given and their quantitative seasonal dynamic is presented.

Литература

1. HELCOM: Guidelines for the Baltic monitoring programme for the third stage. Part D. Biological determinants. – Helsinki, 1988. – P. 23–87.
2. *Schmidt-Ries H.* Das Plankton der Ostsee vor der ostpreussischen Küste // J. du Conseil. – 1939. – Bd. 14. – S. 7–24.
3. *Уселюте С.* Фитопланктон залива Куршю - Марес и его сезонная динамика / Куршю Марес. Итоги комплексного исследования. – Вильнюс, 1959. – С. 139–163.
4. *Uselyte S.* Baltijos Juros Lietuvos TSR krantu kompleksiniai tyrimai. (4. Fitoplanktonas ir jo rysys su Kursiu mariomis) // Lietuvos TSR Mokslu. Akademijos Darbai, serija C. – 1961. – Bd. 3, N 26. – S. 101–113.
5. *Кель Ф.* Фитопланктон // Очерки по биологической продуктивности Балтийского моря. Т. 2. – М., 1984. – С. 5–55.
6. *Edler L., Hällfors G., Niemi Å.* A preliminary check-list of the phytoplankton of the Baltic Sea // Acta Bot. Fennica. – 1984. – V. 128. – P. 1–26.
7. *Крылова О.И.* Сезонная изменчивость фитоценоза Куршского залива // Исследования биологических ресурсов Атлантического океана. – Калининград: АтлантНИИ-РО, 1980. – С. 25–42.
8. *Hajdu S., Olenina I.* Species description and distribution *Chaetoceros throndsenii* var. *throndsenia* (Marino, Montresor et Zingone) Marino, Montresor et Zingone 1991. // Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea. – 1997. – V. 4, No 45. – P. 118.
9. *Olenin S., Leppakoski E., Daunys D.* (eds.). Baltic Sea Alien Species Database. – 2007. – Режим доступа: <http://www.corpi.ku.lt/nemo/mainnemo.html>.
10. *Denardou-Queneherve A., Grzebyk D., Pouchus Y.F. et al.* Toxicity of French strains of the dinoflagellate *Prorocentrum minimum* experimental and natural contaminations of mussels // Toxicon. – 1999. – V. 37, No 12. – P. 1711–1719.
11. *Hajdu S., Edler L., Olenina I., Witek B.* Spreading and establishment of the potential toxic dinoflagellate *Prorocentrum minimum* in the Baltic Sea // Internat. Rev. Hydrobiol. – 2000. – V. 85. – P. 561–575.
12. *Olenina I.* Abiotic factors controlling abundance of the invasive dinoflagellate *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller in the coastal waters of Lithuania, Baltic Sea // Baltic – the sea of aliens, Gdynia, Poland 25–27.08.2004, Abstr. – 2004. – P. 39–40.
13. *Olenina I., Hajdu S., Edler L. et al.* Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea // HELCOM Balt. Sea Environ. Proc. – 2006. – No 106. – 144 p. – Сведения доступны также по Интернет: <http://www.helcom.fi/stc/files/Publications/Proceedings/bsep106.pdf>.

Поступила в редакцию
04.07.07

Оленина Ирина Аркадьевна – кандидат биологических наук, ведущий гидробиолог Центра морских исследований, г. Клайпеда, Литва.
E-mail: i.olenina@jtc.am.lt