

12. *Sphingosine-1-phosphate* stimulates cell migration through a Gi-coupled cell surface receptor / F. Wang, J. R. Van Brocklyn, J. P. Hobson [et al.] // *J. Biol. Chem.* – 1999. – Vol. 274. – P. 35343–35350.
13. *The role of endogenous* phosphatidylcholine and ceramide in the biosynthesis of sphingomyelin in mouse fibroblasts / W. D. Marggraf, R. Zertani, F. A. Anderer [et al.] // *Biochim. Biophys. Acta.* – 1982. – Vol. 710. – P. 314–323.
14. *Vaskovsky V. E.* A universal reagent for phospholipids analysis / V. E. Vaskovsky, E. V. Kastetsky, I. M. Vasedin // *J. Chromatogr.* – 1985. – Vol. 114. – P. 129–141.

Ю.И. Сеньк, О.О. Рабченко, В.З. Курант

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка, Украина

ИЗМЕНЕНИЯ ФОСФОЛИПИДНОГО СОСТАВА МИТОХОНДРИЙ КЛЕТОК ПЕЧЕНИ КАРПА И ЩУКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИОНОВ КАДМИЯ

Исследовано влияние 0,005 и 0,02 мг/дм³ ионов кадмия на липидный состав митохондрий клеток печени карпа (*Cyprinus carpio* L.) и щуки (*Esox lucius* L.). Установлено, что действие повышенных концентраций металла вызывает структурно-функциональные изменения фосфолипидного состава митохондрий исследуемых рыб, которые направлены на противодействие прямого и косвенного влияния ионов Cd²⁺.

Ключевые слова: карп, щука, митохондрии печени, фосфолипиды, кадмий

Yu.I. Senyk, O.O. Rabchenyuk, V.Z. Kurant

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

CHANGES OF PHOSPHOLIPID COMPOSITION OF LIVER CELL MITOCHONDRIA IN CARP AND PIKE UNDER THE ACTION OF CADMIUM IONS

The influence 0.005 mg/dm³ and 0.02 mg/dm³ Cd²⁺ ions on the lipid composition of the mitochondria of cells liver of (*Cyprinus carpio* L.) and pike (*Esox lucius* L.). Found that the effect of elevated concentrations of metals causes structural and functional changes in mitochondrial phospholipid composition of the studied fish.

Keywords: carp, pike, mitochondria, liver, phospholipid, cadmium

УДК 574.52

Г.В. ТЕРЕНЬКО

Украинский научный центр экологии моря

Французский бульвар, 89, Одесса, 65009, Украина

Посвящается светлой памяти Теренько Людмилы Михайловны

ЗИМНИЙ ФИТОПЛАНКТОН ОДЕССКОГО ЗАЛИВА ЧЕРНОГО МОРЯ

В работе изложены результаты пятилетнего исследования зимнего фитопланктона. В альгоценозе залива в 2011-2015 гг. выявлено 168 видов и разновидностей микроводорослей. Зимой отмечено доминирование морских форм (59%), высокой доли пресноводных (27%), пресноводно-солонатоводных – 12% и солонатоводных – 2%. Большинство видов были планктонными (86%), бентосные формы составили 14%. Показана связь фитопланктона с гидролого-гидрохимическим режимом. Отмечена «важная» роль зимних «цветений» микроводорослей в формировании кислородного режима водоёма.

Ключевые слова: зимний фитопланктон, численность, биомасса, «цветение» воды, Одесский залив

В сезонном ходе развития фитопланктона северо-западной части Черного моря наблюдается два основных максимума количественных показателей – зимний и летний. Зимний пик

развития фитопланктона, как правило, связан с активной вегетацией бореальных и аркто-бореальных видов диатомовых водорослей в период отсутствия лимита неорганических форм биогенных элементов [1]. Зимние «цветения» в естественном ходе сезонных сукцессионных процессов способствуют формированию абсолютного максимума концентрации кислорода в морской среде, что благоприятно сказывается на существовании гидробионтов. Большинство имеющихся работ содержат данные о состоянии планктонного альгоценоза залива в целом [2, 3]. Сведения, о функционировании фитопланктонного сообщества Черного моря в зимний период отрывочны.

Цель работы – изучить видовой состав, количественные характеристики и особенности функционирования зимнего фитопланктона Одесского залива Черного моря.

Материал и методы исследований

Материалом для работы послужили 102 пробы фитопланктона, отобранные в акваториях 2-х станций, расположенных в прибрежной зоне Одесского залива – Аркадия (открытая) и Мыс Малый Фонтан (полузамкнутая) в зимний период 2011-2015 гг. Пробы фитопланктона отбирали батометром Молчанова с поверхностного горизонта 4 раза в месяц, параллельно проводили определение гидрологических и гидрохимических параметров морской среды. Пробы воды объёмом 1,5-2 л концентрировали методом обратной фильтрации, с использованием ядерных (нуклеопоровых) фильтров с диаметром пор 1,5 мкм, сгущая до объема 50-60 мл, с последующей фиксацией 40%-ным нейтрализованным формалином. В дальнейшем, при необходимости, проводили повторное сгущение, доводя объем пробы до 20–30 мл. Количественный учёт клеток проводили в счётной камере Ножотта объёмом 0,05 мл под световым микроскопом «Микмед-2» при увеличении $\times 400$, с использованием фазово-контрастной микроскопии. Расчёты численности и биомассы проводили с помощью программы РНУТО–2 © ГПОЭД УкрНЦЭМ, 1997 г. 2.2.

Результаты исследований и их обсуждение

Установлено, что в море гидрологические сезоны запаздывают по сравнению с климатическими, так как морская вода прогревается и охлаждается более медленно, чем воздух и суша. В данной работе зимний период (январь-март) соответствует гидрологическим сезонам [4], а также, определен по среднегодовой температуре морской воды за семнадцатилетний период времени (по материалам УкрНЦЭМ). В период наблюдений температура воды изменялась от $-0,05$ – $7,44^{\circ}\text{C}$, диапазон изменения солёности составил от 7,44‰ до 18,18‰. Минимальные концентрации растворенного в воде кислорода составили $7,63$ мг/дм³, максимальные – $14,40$ мг/дм³. Концентрации общего фосфора составили от 7,87–196 мкг/дм³, общего азота – 140–4319 мкг/дм³. В зимний период в заливе наблюдается преобладание северо-восточных ветров.

В зимнем фитопланктоне выявлено 168 видов и разновидностей микроводорослей из 9 отделов: Bacillariophyta (37%), Dinophyta (14%), Chlorophyta (25%), Cyanophyta (11%), Chrysophyta (7%), Cryptophyta (2%), Euglenophyta (2%), Choanoflagellata (1%) и Flagellata (1%). По числу видов преобладали диатомовые (63 вида), что является отличительной чертой зимнего фитопланктона, т.к. большинство представителей этого отдела относятся к холодолюбивым формам. В зимний период, в результате стратификации водных масс, в пелагиаль попадает довольно много бентосных форм диатомовых (14%): *Navicula* Bory, *Nitzschia* Hass., *Cocconeis* Ehr., *Tabularia* (Kütz.) D.M.Williams et Round, *Amphora* Ehr., *Licmophora* Ag. которые, зачастую могут составлять до 80% всех отмеченных в пробе видов. На втором месте по числу видов были зеленые водоросли (42), динофитовых насчитывалось 24 вида, синезеленых – 18, достаточно большое число золотистых – 12, криптофитовых и эвгленовых по 3 вида соответственно, хоанофлагеллят – 2 вида и 1 ультрапланктонная форма флагеллят.

Анализ количественных показателей фитопланктона показал, что численность микроводорослей зимой изменялась в широком диапазоне, от 25,76 тыс. кл./дм³ в январе до 117,91 тыс. кл./дм³ в феврале, составляя в среднем 66,00 тыс. кл./дм³; биомасса составила от 0,13 г/м³ в январе до 0,59 г/м³ в марте, составляя в среднем 0,40 г/м³.

Распределение водорослей за пятилетний период времени не отличалось однородностью. Максимальные значения средней численности отмечались в зимний период 2013 г. (168,80 тыс. кл./дм³), а биомассы – в 2011 г. (78,75 г/м³). В сезонном аспекте, вклад зимнего периода по численности, составил от 46% в 2011 г., 59% в 2012 г., до 40% в 2013 г., 42% в 2014 г.; по биомассе – от 56% в 2011 г., 44% в 2012 г., до 29% в 2013 г., 23% в 2014 г.

Особенностью современного периода зимней сукцессии фитопланктона является смена видов-возбудителей «цветения» воды. Так, в зимний период 2011 г., в результате преобладания ветров северо-восточного направления, усиливающих перенос водных масс из Днепровско-Бугского лимана, в заливе впервые наблюдали «цветение» воды, вызванное солонатоводной динофитовой *Peridiniopsis penardii* (Lemmerm.) Bourg. При этом, её развитие в открытой и полузамкнутой акваториях залива имело свои особенности. Так, в открытой акватории Аркадии промежуточная округлая стадия вида была обнаружена 19 января с численностью 13,02 тыс. кл/дм³ и биомассой 0,05 г/м³, при температуре морской воды 4,02°C и солёности 13,31‰, тогда как в полузамкнутой акватории Мыса Малый Фонтан на 2 месяца позже – в марте. Оформившаяся популяция *P. penardii* с численность 58,74 тыс. кл/дм³ и биомассой 0,88 г/м³, наблюдалась в Аркадии 11 марта при температуре морской воды 1,11°C и солёности 14,67‰. Как только, 16 марта, солёность воды уменьшилась на 6,8‰, а температура морской воды увеличилась на 2,42°C, численность вида резко возросла до величин «цветения» – 928,69 тыс. кл/дм³, биомасса 6,72 г/м³, при температуре морской воды 3,53°C и солёности 7,87‰. Столь высокие количественные характеристики вида определялись большим средневзвешенным объемом клеток от 7235 до 59704 мкм³. В этот период, отмечали максимальные концентрации органического азота 4317 мкг/дм³. Максимальные количественные показатели *P. penardii* были отмечены в полузамкнутой акватории – 1,29 млн. кл./дм³ и 9,35 г/м³, при температуре морской воды 3,46°C и солёности 7,44‰. Концентрация органического азота здесь составила 3857 мкг/дм³. В период «цветения» вида наблюдался максимум концентрации кислорода для холодного периода (10,2 мл/дм³ и 120%). Дальнейшее увеличение солёности 23 марта до 15,00‰, привело к резкому снижению численности вида до 5,46 тыс. кл/дм³, и биомассы до 0,04 г/м³, а дальнейшее её повышение до 16,17‰ (13 апреля), привело к полной элиминации вида в планктоне. На протяжении трех лет наблюдений, данный вид в планктоне не обнаруживался. Зимой 2015 г. (25 февраля) в заливе вновь наблюдали вспышку развития *P. penardii*, с максимумом развития в полузамкнутой акватории Мыса Малый Фонтан, где численность вида составила 655,68 тыс. кл/дм³, а биомасса 4,60 г/м³, при температуре морской воды 2,00 и солёности 12,94‰. Появление и развитие данного вида микроводорослей в альгоценозе связано, прежде всего, с формированием определенного температурного и солёностного режимов залива.

Основным видом-доминантом зимних «цветений» является *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl. Ретроспективный анализ 90-х годов показал максимальное число вспышек (6 «цветений») развития вида в год, с максимумом в феврале [5]. За пятилетний период наблюдений отмечено три «цветения» воды, вызванные массовым развитие *Skeletonema costatum*, с максимальной плотностью в феврале 2013 г. – 11,29 млн. кл./дм³ и биомассой – 1,43 г/м³, при температуре морской воды 3,01°C и солёности 10,96‰.

Одним из факторов, влияющих на интенсивность и продолжительность зимних «цветений» является наличие ледового покрова. Так, в феврале 2012 г. при полуметровой толщине льда, высокой освещенности и отсутствии активной турбулентности воды, с 15 по 22 февраля наблюдали подлёдное «цветение» воды, сформированное комплексом диатомовых – *S. costatum* (3,42 млн. кл./дм³), *Thalassiosira parva* Pr.-Lavr. (213,65 тыс. кл/дм³; 0,58 г/м³) и представителями рода *Chaetoceros* spp. (*Chaetoceros similis* f. *solitarius* Pr.-Lavr., *C. muelleri* Lemm., *C. gracilis* Schütt, *C. simplex* Ostf. – 132,26 тыс. кл/дм³), при температуре морской воды – 0,05°C и солёности 15,85‰. В период активной вегетации комплекса диатомовых в заливе наблюдали абсолютный максимум концентрации кислорода в поверхностном слое воды 14,40 мг/дм³ и 113%.

Выводы

Таким образом, в виду изменившихся климатических и экологических условий, за пятилетний период в прибрежном фитоценозе Одесского залива произошел ряд изменений, в том числе: снижение численности зимнего фитопланктона в 2,27 раз, биомассы в 1,26 раз; снижение числа видов динофитовых водорослей в 1,63 раза; смена видов-доминантов зимних «цветений»; увеличение вклада динофитовых водорослей в общую биомассу (57%) во второй декаде зимы. Из сохранившихся тенденций наибольший вклад по числу видов (39%) и по численности (64%) остается за диатомовыми водорослями.

1. Селифонова Ж. П. Экосистемы акваторий черноморских портов / Ж. П. Селифонова // Новороссийска и Туапсе, Спб.: Наука, 2012. – С. 24–38.
2. Гусяков Н. Е. Сезонная динамика фитопланктона прибрежной зоны Одесского залива Черного моря (Украина) / Н. Е. Гусяков, Г. В. Теренько // Альгология. – 1999. – Т. 9, № 4. – С. 10–23.
3. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология / Под ред. Ю. П. Зайцева, Б. Г. Александрова, Г. Г. Миничевой. – К.: Наукова думка, 2006. – 701 с.
4. Доценко С. А. Мінливість основних гідрологічних характеристик Одеського регіону північно-західної частини Чорного моря : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : спеціальність 11.00.08 / С. А. Доценко; Одес. держ. екол. ун-т. – Одеса, 2003. – 20 с.
5. Теренько Л. М. Многолетняя динамика «цветений» микроводорослей в прибрежной зоне Одесского залива (Чёрное море) / Л. М. Теренько, Г. В. Теренько // Морской экологический журнал. – 2008. – Т. 7, № 2 – Севастополь – С. 76–86.

Г.В. Теренько

Український науковий центр екології моря, Одеса

ЗИМОВИЙ ФІТОПЛАНКТОН ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ ЧОРНОГО МОРЯ

У роботі наведені результати п'ятирічного дослідження зимового фітопланктону. В альгоценозі у 2011–2015 рр. виявлено 168 видів і різновидів микроводоростей. Взимку відзначено домінування морських форм (59%), висока частка прісноводних (27%), прісноводно-солонатоводних (12%) і солонатоводних (2%). Більшість видів планктоні форми (86%), бентосні склали 14%. Виявлено зв'язок фітопланктону з гідролого-гідрохімічним режимом. Відзначена важлива роль зимових «цвітін» микроводоростей у формуванні кисневого режиму водойми.

Ключові слова: зимовий фітопланктон, чисельність, біомаса, «цвітіння» води, Одеська затока

G.V. Terenko

Ukrainian Scientific Centre of Ecology of the Sea, Odesa

THE WINTER PHYTOPLANKTON IN THE ODESA BAY OF THE BLACK SEA

The results of a five-year study of winter phytoplankton is presented in this article. There are identified 168 species and varieties of algae in Bay's algocoenosis in 2011–2015. In winter marine forms (59%) are dominated, part of freshwater algae (27%) is high, freshwater brackish species are 12% and brackish species are 2%. Most species were planktonic (86%), benthic forms were 14%. It is showed the link between phytoplankton and hydrological and hydrochemical regimes. Important role of winter "blooms" of algae in the formation of oxygen regime of the water are determined.

Keywords: winter phytoplankton, abundance, biomass, algal blooms, Odesa Bay