УДК 582.26

С.С. БАРИНОВА[1], П.М. ЦАРЕНКО[2]

[1]Институт эволюции Хайфского ун-та, Хайфа, Израиль,
[2]Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины,
ул. Терещенковская, 2, 01601 Киев, Украина
e-mail: barinova@research.haifa.ac.il, ptsar@ukr.net

ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ ВОДОРОСЛЕЙ И БИОИНДИКАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕРА ХУЛА (СЕВЕРНЫЙ ИЗРАИЛЬ)

Исследована динамика видового состава водорослей оз. Хула за последние сто лет. Выявлены пики развития сообществ водорослей в озере в 1995, 1998 и 2006 гг. в результате антропогенного воздействия на его экосистему. Биоиндикационный анализ показал, что воды озера остаются пресными, слабощелочными, слабо-, среднезагрязненными с тенденцией усиления солености и органического загрязнения. Увеличение видового богатства коррелирует с периодами антропогенной трансформации долины Хула, а также мелиорацией озера, начиная с 1995 г.

Ключевые слова: разнообразие водорослей, биоиндикация, многолетняя динамика, озеро Хула, Израиль.

Введение

Озеро Хула расположено в пределах охраняемой природной территории на севере Израиля и может служить мониторинговой реперной экосистемой для оценки многолетних изменений среды и биоты этого региона.

Целью наших исследований была оценка изменения сообществ водорослей оз. Хула на охраняемой природной территории одноименной долины в бассейне р. Верхний Иордан в результате антропогенной трансформации в течение последнего столетия.

Район исследования

Долина Хула расположена в северной части Сирийско-Аравийской рифтовой долины на уровне около 70 м н.у.м. Озеро Хула питается подземными источниками, в т.ч. источниками реки Иордан, а также атмосферными осадками в зимний период и талыми водами горы Хермон весной.

До мелиорации в 1950-х гг. площадь озера составляла 12–14 км^2, длина 5,3 км, ширина 4,4 км. В 1951–1958 гг. глубина его была почти 1,5 м летом и 3 м зимой. Затем болота были осушены и на остатках бывшей озерной системы организован заповедник площадью около 300 га.

В 1994 г. воды р. Иордан заполнили вновь реконструированую часть осушенных земель в центре долины Хула и было создано оз. Агмон площадью 110 га. Оно гораздо меньше и мельче, чем исходное озеро, имеет неправильную форму, площадь его составляет 1 км^2, а глубина менее 1 м. Для обеспечения защиты гнездовий птиц на середине озера создано несколько небольших островов.

До сих пор обитают постоянные стаи сотен видов птиц в пределах и вокруг озера, а также наблюдаются временные остановки больших стай мигрирующих

© С.С. Баринова, П.М. Царенко, 2014

пеликанов, аистов, бакланов, журавлей и других птиц на пути между Европой и Африкой, останавливающихся на единственном водно-болотном угодье – небольшом оз. Хула-Агмон.

Материалы и методы

В наших исследованиях использованы литературные данные 1938–1994 гг. и результаты оригинальных исследований 1995–2012 гг. с применением метода таксономического анализа и биоиндикации на основе экологических предпочтений видов (Баринова и др., 2006).

Первое описание фитопланктона оз. Хула появилось в 1938 г. (Rayss, Katschalsky, 1938). Авторы описали обитающие в нем виды водорослей, сезонный состав их сообществ и представили общую характеристику озера.

Следующее, более детальное обследование этого региона проведено в середине 90-х гг. на вновь созданной площади оз. Хула-Агмон (Царенко и др., 1996). Были изучены также его каналы, пруды и временные водоемы. Выявлено 136 видов водорослей, 17 из них оказались новыми для альгофлоры Израиля. В 1998 г. Pollingher с соавт. (1998) завершили свое четырехлетнее обследование оз. Хула-Агмон. Они представили данные о 276 видах, обитающих в озере, провели сравнение оригинальных и литературных данных о водорослях озера и пришли к выводу, что разнообразие видов в настоящее время возросло. Они объяснили эту разницу совершенствованием методов сохранения и отбора проб. В выявленном ими разнообразии водорослей нитчатые цианопрокариоты отсутствовали, что свидетельствует, по мнению авторов, о «более автотрофном» состоянии озера.

В 2006–2009 гг. нами продолжено обследование озера и водоемов его придаточной системы на территории природной охраняемой территории. В пробах перифитона и планктона озера выявлено 33 вида водорослей. Основу сообществ формировали зеленые водоросли, которые в равной мере были представлены в планктоне, донных и планктонно-бентосных местообитаниях. В перифитоне преобладали *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Kütz., *Cocconeis placentula* Ehrenb., в планктоне в изобилии развивались *Desmodesmus armatus* (Chodat) E. Hegew., *Monactinus* simplex (Meyen) Corda и *Coelastrum astroideum* De Not.

Параллельно с нашими исследованиями изучение оз. Хула проводили сотрудники Лимнологической лаборатории Океанографического института Израиля. Они отбирали пробы фитопланктона в течение 2007–2010 гг. В результате выявлено 176 видов водорослей. Доминировали представители *Chlorophyta*.

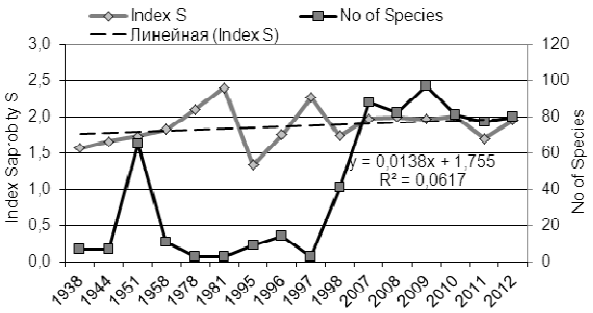
Последующие исследования проводили в 2011–2012 гг. Пробы планктона, перифитона и бентоса отбирали на охраняемой территории в разные сезоны как на исторической части озера, так и во вновь построенных каналах и протоках. Было обнаружено 193 вида водорослей, среди которых преобладали *Chlorophyta*, частично присутствовали *Bacillariophyta, Euglenophyta, Charophyta* и *Cyanoprokaryota*.

Результаты и обсуждение

По результатам литературных и оригинальных данных, с 1938 г. по 2012 г. во флоре оз. Хула обнаружено 382 таксона водорослей и цианопрокариот видового

и внутривидового ранга, большинство из которых (35 %) относилось к отделу *Chlorophyta*. Для наблюдения за изменениями таксономического состава сообществ и проведения биоиндикационного анализа реакции видового состава водорослей на изменения в бассейне озера, были построены гистограммы распределения видового состава и видов-индикаторов по годам (см. ниже).

Из гистограммы видно, что видовое богатство изучено по годам неравномерно с пиком в 1951 г. и широким плато начиная с 2006 г. Для того, чтобы более точно оценить участие отделов водорослей в сообществах, нами построена процентная гистограмма. Несмотря на неравномерность исследований до 1995 г., можно утверждать, что с 1938 г. сообщества менялись с диатомово-зеленого, до синезеленого в 1944 г., затем до зелено-синезелено-диатомового вплоть до 1978 г., затем диатомового в 1981 г. и диатомово-зеленого в 1995 г. Далее можно выделить три существенных этапа в изменениях видового состава. Первый (1995–1997 гг.) связан с замещением диатомовых и частично зеленых водорослей динофитовыми, второй (1998 г.) – с пиком развития диатомовых и третий (с 2006 г. по настоящее время) – с преобладанием *Chlorophyta*. С 2007 по 2010 гг. отмечено заметное количество динофитовых и вытеснение зеленых цианопрокариотами. В 2011 г. зафиксировано наступление эвгленовых, которые в 2012 г. вытеснились зелеными водорослями. Интересное явление наблюдалось с 2007 г. по 2011 г. В составе сообществ оз. Хула появилась весьма «консервативная» группа – желтозеленые водоросли. Это отмечено также в других водных объектах Израиля в этот период. Таким образом, внедрение динофитовых и синезеленых водорослей совпадает с антропогенной трансформацией. Из этого следует, что многолетние изменения в сообществе охраняемой территории оз. Хула связаны не только с мелиорацией озера и его водосборного бассейна, но и с климатическими флуктуациями в регионе.



Многолетняя динамика видового богатства и индекса сапробности в оз. Хула

Биоиндикационный анализ многолетней динамики показал, что сообщества водорослей оз. Хула представлены в основном видами-индифферентами по отношению к солености воды. Но с 1998 г. доля галофилов и мезогалобов постоянно увеличивалась, что свидетельствует о постепенном засолении водоема. Индикаторы pH представлены в основном индифферентами, но с 1998 г. в сообществах озера отмечается заметная доля алкалибионтов, свидетельствующих о постепенном повышении pH воды. Индикаторы типа питания представлены в основном автотрофами, но с 2009 г. фиксируется появление миксотрофов и гетеротрофов, что негативно влияет на фотосинтез. Индикаторы трофности во

все годы показали олиго-мезотрофное состояние озера. Начиная с 1995 г. происходит обогащение сообщества озера видами с широкой экологической амплитудой, предпочитающих эвтрофные воды. Индикаторы органического загрязнения показывали III класс в течение всего периода исследований, а с 1998 г. – уже IV, V и даже VI класс качества воды, что является признаком органического загрязнения оз. Хула.

Заключение

Исследование почти столетней динамики видового состава сообществ водорослей на основе таксономического и экологического анализа позволило выделить критические периоды природного и антропогенного воздействия на экосистему оз. Хула в 1995, 1998 и 2006 гг., а также определить параметры, которые имеют тенденцию к негативному изменению по отношению к природному состоянию солености, pH, органического загрязнения и трофности озера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – Тель Авив: Pil. Stud., 2006. – 498 с.

Царенко П.М., Ступина В.В., Вассер С.П. и др. Видовое разнообразие водорослей водоемов долины Хула (Северный Израиль) // Альгология. – 1996. – **6**(2). – С. 182–194.

Pollingher U., Zohary T., Fishbein T. Algal Flora in the Hula Valley – past and present // Israel J. Plant Sci. – 1998. – **46**. – P. 155–168.

Rayss T., Katschalsky E. On the plankton in Lake Hula // Teva ve Haar. – 1938. – **5**. – P. 483–490.

Подписала в печать А.В. Лищук-Курейшевич

S.S. Barinova[1], P.M. Tsarenko[2]

[1]Institute of Evolution, University of Haifa, Israel
Mt Carmel, 31905 Haifa, Israel
[2]N.G. Kholodny Institute of Botany NAS of Ukraine,
2, Tereschenkovskaya St., 01601 Kiev, Ukraine
e-mail: barinova@research.haifa.ac.il, ptsar@ukr.net

ALGAL COMMUNITY DYNAMIC AND BIOINDICATION STUDIES OF HULA LAKE (NORTHERN ISRAEL)

The historical algal species dynamics showed fluctuations of algal diversity in Hula Lake system with peaks due to anthropogenic influence on the aquatic ecosystems in 1995, 1998, and 2006 and at present. Bioindication show that the waters of Hula Lake system during about last century were fresh, alkaline and low to middle polluted with tendency of salinity and organic pollution. Increasing in algal species diversity correlated with anthropogenic influences impacting the aquatic ecosystems from 1995 at present as a result of anthropogenic transformation of the Hula Valley and the water management in the Hula Lake.

K e y w o r d s : algal diversity, bioindication, long-term dynamics, Hula Lake, Israel.