

УДК 579.26

А.К. Садвакасова,
Б.К. Заядан*, А.К. Акмуханова,
Д.К. Кирбаева, М.О. Бауенова, А.С. Аскарбаева
Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы
*E-mail: zbolatkhan@mail.ru

**Изучение качественного
и количественного состава альгофлоры
оз. Балхаш в районах заливов Бертыс и Байтал**

Изучен видовой состав микроводорослей озера Балхаш в районе бухты Бертыс и залива Байтал. В пробах воды, отобранных в районе бухты Бертыс, по видовому составу доминируют зеленые и синезеленые микроводоросли, однако по частоте встречаемости доминируют диатомовые микроводоросли. Определено 26 видов микроводорослей. В пробах воды, отобранных в районе залива Байтал, число определенных видовых таксонов микроводорослей возросло до 38. Среди определенных видов микроводорослей доминируют зеленые, затем диатомовые микроводоросли. Установлено, что число видов фототрофных микроорганизмов значительно возрастает с продвижением от максимально загрязненного залива Бертыс к более удаленному и менее подверженному антропогенному воздействию залива Байтал. На основе определения индикаторно-сапробных видов микроводорослей проведена оценка экологической ситуации озера. Установлено, что по мере уменьшения уровня загрязненности и улучшения качества воды наблюдается постепенное снижение показателя сапробности. Установлено умеренное загрязнение по -мезосапробному типу воды в районе бухты Бертыс и умеренное загрязнение по -мезосапробному типу воды в районе залива Байтал.

Ключевые слова: микроводоросли, цианобактерии, сапробность, альгофлора, биоиндикация.

A.K. Sadvakasova,
B.K. Zayadan, A.K. Akmuhanova,
D.K. Kirbaeva, M.O. Bauyenova, A.S. Askarbaeva
**The study of the qualitative and quantitative composition
of the algal flora of lake Balkhash in the areas of bays Bertis and Baytal**

The algae species composition of lake Balkhash in the bay Bertis area and Baytal gulf is studied. In water samples collected in the bay Bertis area, in species composition green and blue-green microalgae is dominated, however, the frequency of occurrence is dominated by diatom microalgae. 26 species of microalgae identified. In water samples collected in the bay Baytal area the number of species taxa of microalgae increased to 38. Among certain species of microalgae is dominated by green, then diatom microalgae. It is established that the number of species of phototrophic microorganisms increases significantly with advancing from the most polluted Bertis gulf to more remote and less susceptible to human impacts Baytal gulf. Based on the definition of the indicator-saprobic species of microalgae assess the environmental situation of the lake. It is established that as reduce pollution and improve water quality there has been a gradual decline saprobity. It is established a moderate contamination by – mesosaprobic type of water in the bay Bertis area and moderate for – mesosaprobic type of water in the Baytal gulf.

Key words: microalgae, cyanobacteria, supranote, algoflora, bioindication.

А.К. Садвакасова,
Б.К. Заядан, А.К. Акмуханова,
Д.К. Кирбаева, М.О. Бауенова, А.С. Аскарбаева
**Бертіс және Байтал шығанағындағы Балқаш көлінің
сандық және сапалық альгофлораларын анықтау**

Байтал шығанағы мен Бертіс түбегіндегі Балқаш көліндегі микробалдырлардың түрлік құрамы анықталды. Бертіс түбегіндегі су сынамаларында түрлік құрамы бойынша жасыл және көкжасыл микробалдырлар басымдылық көрсетті, алайда диатомды микробалдырлардың да кездесу жиілігі жоғары болды. Микробалдырлардың 26 түрі анықталды. Байтал шығанағындағы су сынамаларынан микробалдырлардың 38 таксоны анықталды. Түрлік құрамы бойынша жасыл және диатомды микробалдырлар басымдылық көрсетті.

Зерттеуде көп ластанған Бертіс шығанағынан антропогенділік әсері төмен және азырақ ластанған Байтал түбегіне дейін фототрофты микроорганизмдердің де сандық түрлерінің таралуы жоғарлайтыны белгіленді. Сапробтылық-көрсеткішті микробалдырлар түрлерін анықтау нәтижесінде көлдің экологиялық жағдайы бағаланды. Судың ластануы дәрежесі азайып және сапасы жақсарған кезде судың сапробтылық-көрсеткіші төмендейтіні анықталды. Бертіс түбегіндегі аймақтағы судың құрамы – мезосапробты орташа ластануға, ал Байтал шығанағы – мезосапробты орташа ластану үлгісіне жататыны белгіленді.

Түйін сөздер: микробалдырлар, цианобактериялар, сапробтылық, альгофлора, биоиндикация.

Возрастающее загрязнение водных экосистем усиливает необходимость проведения как химического, так и биологического мониторинга водоемов. При этом биологические показатели имеют очевидные преимущества перед химическими. В настоящее время широкое использование метода биоиндикации объясняется быстрой ответной реакцией организмов микроводорослей на изменение среды обитания в результате хозяйственной деятельности [1]. Преимуществом альгологических исследований является возможность оценить сукцессионные изменения водной экосистемы даже при проведении ограниченных по времени наблюдений. Фитоперифитон важен для мониторинга тем, что сообщества обрастаний отражают усредненные условия в данном водоеме, позволяя установить факт более длительного воздействия [2].

Балхаш является уникальным озером, которое, как известно, загадочным образом совмещает в одном водоеме пресную и соленую части. До недавнего времени характеризуемый уникальными разновидностями рыбы и богатым птичьим населением, со времен расцвета промышленной деятельности, Балхаш стал постепенно мелеть и в настоящее время находится под угрозой [3]. Несмотря на значительные запасы свежей воды в реках, впадающих в озеро, а также на некоторые успехи в осуществлении водоохраных мер, проблема борьбы с интенсивным загрязнением Балхаша все еще остается. Вода в озере Балхаш не может быть признана удовлетворительной по качеству, поскольку

загрязнена тяжелыми металлами, нефтепродуктами, фенолами и т.д.

Цель нашего исследования – оценка экологической ситуации озера Балхаш на основе изучения микроводорослевого состава озера и определение индикаторно-сапробных видов.

Материалы и методы

Отбор пробы воды из озера Балхаш проводили в летний период (июль) 2013 года в районе бухты Бертыс, поскольку именно в данном районе наблюдается максимальный уровень загрязнения воды различными органическими веществами и тяжелыми металлами, а также в районе залива Байтал, более удаленного от города района и соответственно менее подверженному антропогенному воздействию. Пробы отбирали объемом 0,5 л в различных точках на расстоянии 500 м в мелководных биотопах (глубина отбора проб колебалась от 0,3 до 1,6 м). Определение видового состава микроводорослей в пробах воды проводили по методике Сиренко с использованием следующих определителей: Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии, том 1-2; Определитель пресноводных водорослей СССР, том 1-14, 1951; Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии, 1 – 3 том, 1987; Определитель протококковых водорослей Ср. Азии, том 1-2, 1988; Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии, 1987; Определитель пресноводных водорослей СССР, 1951; Определитель протококковых водорослей Ср.

Азии, 1976; Краткий определитель хлорококковых водорослей Укр. ССР. Киев, 1990 [4-7]. Для оценки состояния пресноводных экосистем по фитопланктону использовали метод Пантле и Букка в модификации Сладечка [8].

Определение химического состава воды оз. Балхаш проводили по стандартным методикам, принятым в гидрохимии [9]. Для определения биологического потребления кислорода (БПК₅) пробы воды инкубировали в темноте при постоянной температуре 20°C в течение 5 дней с последующим определением концентрации растворенного в воде кислорода до и после инкубации с помощью специального прибора «Dissolved oxygen meter -YSI 5100» (Великобритания), после чего полученные данные рассчитывали по соответствующей формуле [9]. Определение нитратного азота по реакции взаимодействия иона нитрата с сульфатом брнциана в серной кислоте строго при температуре 100°C [10].

Результаты и их обсуждение

С целью изучения влияния техногенного воздействия на альгофлору озера Балхаш отбор пробы воды проводили с двух различных точек Западного побережья оз. Балхаш: б. Бертыс и з. Байтал.

Как известно, на уровень загрязненности озера Балхаш металлами оказывают влияние сбросы подразделения «Казахмыс» – ПО «Балхашмыс», со сточными водами которого объемом 91041 тыс.м.³ в год в этот водоем поступает ежегодно до 0,362 тонны меди, 0,435 т свинца, 0,465 т мышьяка [11].

Развитие металлургической промышленности и теплоэнергетики связано с высоким потреблением воды, которая забирается из бухты Бертыс. Несмотря на то, что с 1995 г. отработанная вода после очистки уже не в таком количестве сбрасывается обратно в бухту, вода в данном районе до сих пор подвергается воздушному техногенному влиянию. Основными загрязняющими веществами озера являются тяжелые металлы и нефтепродукты, в меньшей степени – фенолы.

Залив Байтал более удаленный от загрязненных районов оз. Балхаш и соответственно значительно менее подвержен техногенному воздействию. Для исследования образцы воды отбирали из 6 точек с каждого залива в зависимости от глубины, расстояния от берега. На мо-

мент отбора проб температура воды составляла 20-24°C. Значение рН воды составило 7,1 – 7,4.

Физико-химический состав воды исследуемых заливов представлен в таблице 1.

В отобранных пробах воды изучали видовое разнообразие микроводорослей и цианобактерий, определяли наличие индикаторно-сапробных видов микроводорослей, по полученным результатам судили о степени загрязненности воды оз. Балхаш в исследуемых регионах.

Во всех пробах воды, отобранных в районе бухты Бертыс, по видовому составу доминируют зеленые и синезеленые микроводоросли, однако по частоте встречаемости доминируют диатомовые микроводоросли. Определено 26 видов микроводорослей. Из определенных видов микроводорослей 31% – зеленые, 24% – диатомовые, 39% – синезеленые и 6% – эвгленовые водоросли. Часто встречаются: *Ankistrodesmus minutissimus* Korsch, *Chlorella vulgaris* var *vulgaris* Beijerinck, *Coelastrum microporum* Naegeli, *Merismopedia minima*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Phormidium foveolarum* (Mont) Gom.

Из всех определенных видов микроводорослей в бухте Бертыс 50% являются показателями сапробности воды. Здесь встречаются индикаторные виды микроводорослей всех зон сапробности, из них доминируют α-мезосапробные организмы, такие, как *Stephanodiscus Hantzschii*, *Oscillatoria brevis* (Kutz) Gom.

Установлено, что число видов фототрофных микроорганизмов значительно возрастает с продвижением от максимально загрязненного залива Бертыс к более удаленному и менее подверженному антропогенному воздействию залива Байтал.

В пробах воды, отобранных в районе залива Байтал, число определенных видовых таксонов микроводорослей возросло до 38. Из них в процентном соотношении большую часть составляют зеленые и диатомовые водоросли, так 36% составляют зеленые микроводоросли, 33% – диатомовые, 17% – сине-зеленые и 10% – эвгленовые водоросли. Среди определенных видов микроводорослей доминируют зеленые, затем диатомовые особенно виды порядка *Chlorococcales*, из них чаще встречаются *Ankistrodesmus minutissimus* Korsch, *Chlorella vulgaris* var *vulgaris* Beijerinck, *Coelastrum microporum* Naegeli, *Pediastrum boryanum* Turp Meneghini var *boryanum*, *Pediastrum duplex* Meyen var *duplex*, *Scenedesmus obliquus* Kuetz var *obliquus*, а также виды родов *Volvocales*,

Desmidiaceae. Из порядка *Volvocales* часто встречаются *Chlamydomonas rubrifilum* Korsch, *Chlamydomonas monadina* Stein, а из порядка *Desmidiaceae* – *Closterium acerosum* (Schronk) Ehr.

Из всех определенных видов водорослей 60% являются показателями сапробности воды. Из двух исследованных заливов оз. Балхаш залив Байтал отличается большим видовым разнообразием фототрофных микроорганизмов. Здесь встречаются индикаторные виды микроводорослей всех зон сапробности, из них доминируют β -мезосапробные организмы, такие, как: *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Brebisson, var *quadricauda*, *Scenedesmus obliquus* Kuetz var *obliquus*, *Pediastrum boryanum* Turp Meneghini var *boryanum*, *Pediastrum duplex* Meyen var *duplex*, *Microcystis aeruginosa*, *Merismopedia glauca* (Ehr) Naeg. Таким образом, нами установлено, что по систематическому положению микроводоросли озера Балхаш относятся к 62 видам и подвидам.

Сравнительный анализ альгофлоры 2-х заливов оз. Балхаш показал заметное увеличение видового и количественного состава микроводо-

рослей по мере удаления от более загрязненных районов (рисунок 1).

Как видно из рисунка 1, если большая часть альгофлоры бухты Бертыс представлена видами сине-зеленых водорослей, то мере удаления от более загрязненных районов озера наблюдается увеличение зеленых и диатомовых микроводорослей. А также при этом отмечается увеличение числа видов микроводорослей.

Как известно, одним из последствий загрязнения водных экосистем являются изменения микробных ценозов. Микрофлора водоемов как наиболее значимый и чувствительный фактор, обуславливающий биологическое равновесие, раньше других реагирует на изменения условий окружающей среды. Своевременная полноценная информация об этих явлениях позволяет предупредить влияние загрязнения водоемов на здоровье людей и окружающую среду.

Таким образом, данные по изучению видового состава микроводорослей и цианобактерий во всех точках исследуемых заливов свидетельствуют о зависимости их разнообразия от степени техногенного воздействия.

Таблица 1 – Физико-химический состав воды оз. Балхаш

Показатели		ПДК	Бухта Бертыс	залив Байтал
1	Температура (°C)	-	21	24
2	pH	-	7,2	7,1
3	БПК ₅ , O ₂ мг /г	-	9,5	5
4	Окисление, O ₂ мг/г	3	13,4	9,6
5	Хлорид мг/л	5,0	58,3	39,7
6	Сульфат мг/л	350,0	48,3	23,1
7	Аммиак мг/г	500,0	12,1	1,0
8	нитрит мг/л	0,05	1,1	0,001
9	нитрат мг/л	3,0	6,7	1,8
10	Фосфат мг/л	45,0	3,0	0,6
11	Фенол мг/л	3,5	0,09	-
12	Железо мг/л	0,25	0,19	0,12
13	Свинец мг/л	0,3	0,0021	-
14	Медь мг/л	0,003	0,20	-
15	Цинк мг/л	1,0	0,28	-
16	Кадмий мг/л	5,0	0,0028	-

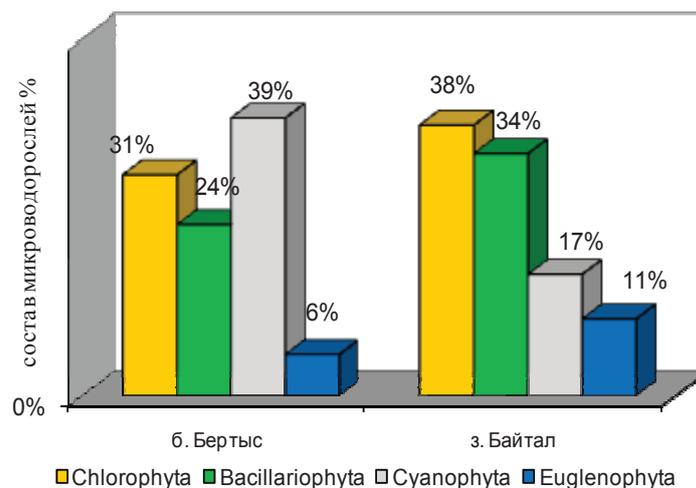


Рисунок 1 – Распространение видов микроводорослей в различных заливах оз. Балхаш

При загрязнении водоема одни формы микроводорослей погибают, другие – получают преимущества для своего развития. В результате этих событий на загрязненном участке происходит смена биоценоза. В зависимости от органического загрязнения водоемов изменяется спектр индикаторных видов микроводорослей, являющихся показателями сапробности воды. Это связано с тем, что состав микроводорослей зависит от класса и количества органических веществ. Так, определение индикаторно-сапробных видов микроводорослей показало, что вода в зоне залива Бертыс по органическому загрязнению характеризуется как амезосапробная зона, содержащая значительные концентрации нестойких органических веществ и продуктов их анаэробного распада, более низкие – кислорода и большие – растворенной углекислоты. Основная часть видов микроводорослей являются амезосапробионтами, из них доминируют *Closterium acutum*, *Cosmarium sublatereudatum*, *Navicula radiosa*, *Merismopedia tenussima*, *Oscillatoria angustissima*, *Euglena caudate*, *Euglena viridis*. Сапробный индекс по методу Пантле и Букка равен 3,51.

По органическому загрязнению зона в районе залива Байтал характеризуется как β-мезосапробная зона, поскольку в пробах в большем количестве встречались β-мезосапробные виды микроводорослей, такие, как *Ankistrodesmus minutissimus*, *Oocystis crassa*, *Nitzschia Hantzschiana*, *Microcystis aeruginosa*, в меньшем количестве встречаются индикаторные микроводоросли олигосапробных зон – *Synedra pulchella*, *Cyclotella Kuetzingiana*, индекс сапроб-

ности равен 2,5.

Полученные данные позволяют отнести залив Бертыс к «умеренно-загрязненному» по α-мезосапробному типу и залив Байтал к «умеренно-загрязненному» по β-мезосапробному типу. Таким образом, по мере уменьшения уровня загрязненности и улучшения качества воды наблюдается постепенное снижение показателя сапробности. Сапробный индекс в исследованных пробах изменяется от 3,51 до 2,5.

Результаты проведенных нами исследований свидетельствуют о том, что по мере очистки воды изменяется количественный и качественный состав микроводорослей, наряду с этим уменьшаются значения физико-химических показателей загрязнений.

Эти данные доказывают роль микроводорослей в процессе самоочищения воды, к тому же массовое развитие микроводорослей является свидетельством протекания процессов биологической очистки загрязненных вод от различных поллютантов.

Выводы

1. Определено 26 видов микроводорослей в пробах воды, отобранных в районе бухты Бертыс. Из определенных видов микроводорослей 31% – зеленые, 24% – диатомовые, 39% – сине-зеленые и 6% – эвгленовые водоросли.

2. Определено 38 видов микроводорослей в пробах воды отобранных в различных точках залива Байтал. Из них в процентном соотношении большую часть составляют зеленые и диатомовые водоросли, так 36% составляют зеленые

микроводоросли, 33% – диатомовые, 20% – сине-зеленые и 10% – эвгленовые водоросли.

Установлено, что по мере уменьшения уровня загрязненности и улучшения качества воды наблюдается постепенное снижение показателя сапробности. Сапробный индекс в исследован-

ных пробах изменяется от 3,51 (б. Бертыс) до 2,5 (з. Байтал). Полученные данные позволяют отнести залив Бертыс к «умеренно-загрязненному» по α -мезосапробному типу и залив Байтал к «умеренно-загрязненному» по β -мезосапробному типу.

Литература

- 1 Янкевич М.И. Формирование ремедиационных биоценозов для снижения антропогенной нагрузки на водные и почвенные экосистемы: автореферат дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук // М.И. Янкевич: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности РАСХН. – Щелково, 2002. – 50 с.
- 2 Баринаева С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – Тель-Авив, 2006. – 356 с.
- 3 Лопарева Т.Я., Амиргалиев Н.А. и др. Уровень накопления токсикантов в промысловых рыбах оз. Балхаш // Современные проблемы водной токсикологии. Борок. – 2002. – С. 17 – 18.
- 4 Сиренко Л.А., Сакевич А.И., Осипов Л.Ф., Лукина Л.Ф. и др. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. – Киев: Наукова думка, 1975. – 247с.
- 5 Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. – Киев: Наук. думка, 1990. – 208 с.
- 6 Киселев И.А. Определитель пресноводных водорослей СССР //Выпуск Пирофитовые водоросли. – М.: «Советская наука». – 1954. – 212 с.
- 7 Музафаров А.М., Эргашев А.Э., Халилова С.Х. Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии. – Ташкент: Фан, 1987. – Т. 1. – С. 3 – 405.
- 8 Определитель пресноводных водорослей СССР / отв. ред. М.М. Голлербах. – Л.: Наука, 1951. – Т. 1 – С.14–19.
- 9 Алекин О. А. Химический анализ вод суши. – Л., 1954. – 199 с.
- 10 Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 1984. – 284 с.
- 11 Хузина Г.Г., Лопарева Т.Я. Процессы самоочищения водоема на примере бухты Бертыс озера Балхаш // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – Алматы, 2007. – № 2. – С. 32 – 37.

References

- 1 Jankevich M.I. Formirovanie remediacionnyh biocenozov dlja snizhenija antropogennoj nagruzki na vodnye i pochvennye jekosistemy: avtoreferat dis. na soiskanie uch. stepeni kand. biol. nauk // M.I. Jankevich: Vserossijskij nauchno-isledovatel'skij i tehnologicheskij institut biologicheskoj promyshlennosti RASHN. – Shhelkovo, 2002. – 50 s.
- 2 Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. Bioraznoobrazie vodoroslej-indikatorov okruzhajushhej sredy. – Tel'-Aviv, 2006. – 356 s.
- 3 Lopareva T.Ja., Amirgaliev N.A. i dr. Uroven' nakoplenija toksikantov v promyslovyh rybah oz. Balhash // Sovremennye problemy vodnoj toksikologii. Borok. – 2002. – S. 17 – 18.
- 4 Sirenko L.A., Sakevich A.I., Osipov L.F., Lukina L.F. i dr. Metody fiziologo-biohimicheskogo issledovanija vodoroslej v gidrobiologicheskij praktike. – Kiev: Naukova dumka, 1975. – 247s.
- 5 Careno P.M. Kratkij opredelitel' hlorokokkovykh vodoroslej Ukrainskoj SSR. – Kiev: Nauk. dumka, 1990. – 208 s.
- 6 Kiselev I.A. Opredelitel' presnovodnyh vodoroslej SSSR //Vypusk Pirofitovyje vodorosli. – M.: «Sovetskaja nauka». – 1954. – 212 s.
- 7 Muzafarov A.M., Jergashev A.Je., Halilova S.H. Opredelitel' sine-zelenykh vodoroslej Srednej Azii. – Tashkent: Fan, 1987. – T. 1. – S. 3 – 405.
- 8 Opredelitel' presnovodnyh vodoroslej SSSR / отв. red. M.M. Gollerbah. – L.: Nauka, 1951. – Т. 1 – S.14–19.
- 9 Alekin O. A. Himicheskij analiz vod sushi. – L., 1954. – 199 s.
- 10 Lur'e Ju. Ju. Analiticheskaja himija promyshlennykh stochnykh vod. – M.: Himija, 1984. – 284 s.
- 11 Huzina G.G., Lopareva T.Ja. Processy samoochishhenija vodoema na primere buhty Bertys ozera Balhash // Vestnik sel'skhozajstvennoj nauki Kazahstana. – Almaty, 2007. – № 2. – S. 32 – 37.