

Заядан Б.К., Акмуханова Н.Р.,  
Садвакасова А.К.,  
Кирбаева Д.К., Болатхан К.,  
Бауенова М.О., Сейілбек С.Н.

**Изучение качественного  
и количественного состава  
альгофлоры оз. Биликоль**

Zayadan B.K., Akmuhanova N.R.,  
Sadvakasova A.K.,  
Kirbaeva D.K., Bolatkhan K.,  
Bauenova M. O., Seilbek S. N.

**Study of the qualitative and  
quantitative composition of  
algaeflora оз. Bilikol'**

Заядан Б.К., Акмуханова Н.Р.,  
Садвакасова А.К.,  
Кирбаева Д.К., Болатхан К.,  
Бауенова М.О., Сейілбек С.Н.

**Билікөл көлінің альгофлора  
құрамын сандық және сапалы  
зерттеу**

В статье представлены результаты изучения видового разнообразия альгофлоры оз. Биликоль. По результатам исследования для альгоценозов оз. Биликоль характерно преобладание зеленых водорослей по таксонам, но встречаемость сине-зеленых микроводорослей намного чаще, чем первых. Нами было определено 4 отдела, 9 классов, 9 порядков, 17 семейств, 32 рода, 96 видов. По результатам анализа определенных видов индикаторно-сапробных микроводорослей установлено что, оз. Биликоль характеризуется, как  $\alpha$ -мезосапробная зона органического загрязнения. Индекс сапробности по методу Пантле – Букка S равен 3,41. Основными представителями индикаторных микроводорослей в оз. Биликоль являются  $\rho$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ -мезосапробные виды микроводорослей. Согласно комплексной экологической классификации качества поверхностных вод по обилию фитопланктона оз. Биликоль относится к классу эвтрофных вод.

**Ключевые слова:** озеро Биликоль, альгофлора, видовая частота встречаемости, индекс сапробности.

The article presents the results of a study of the species diversity of algaeflora lake Bilikol. As a result of research for algaecenozov Bilikol' is characterized by the predominance of green algae on taxa, but the occurrence of blue-green algae are much more common than the first. We have defined the 4 division, 9 classes, 9 orders, 17 families, 32 genus, 96 species. As a result of the analysis of certain types of indicator-saprobic microalgae Bilikol' pond is characterized as  $\alpha$ -mezosaprobic area organic pollution. To the saprobic index according to Pantle and Buck S is 3.41. The principal representatives of the indicator of microalgae in Lake Bilikol are  $\rho$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ -waste types of microalgae. According to integrated environmental classification of surface water quality in the abundance of phytoplankton lake Bilikol belongs to the class of eutrophic waters.

**Key words:** lake Bilikol, algaeflora, species frequency of occurrence, saprobic index.

Мақалада Билікөл көлінің альгофлора құрамын сандық және сапалы зерттеу нәтижелері берілген. Зерттеу нәтижелері бойынша Билікөл көлінің альгоценозына таксон бойынша жасыл балдырлар, ал кездесу жиілігі бойынша көк жасыл балдырлар басымдылық көрсетеді. Зерттеу барысында 4 бөлім, 9 класс, 9 қатар, 17 тұқымдас, 32 туыс, 96 түр анықталды. Анықталған индикаторлы-сапробты түрлердің талдау нәтижесі бойынша Билікөл көлі органикалық ластану деңгейінің  $\alpha$ -мезосапробты аймағына тән. Сапробтылық индексі Пантле-Букка әдісі бойынша S- 3,41 тең Индикаторлы микроорганизмдердің негізгі өкілдері  $\rho$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ - мезосапробты микробалдыр болып саналады. Билікөл көлі фитопланктонның таралуы бойынша беткі сулардың сапасының экологиялық классификациясына сәйкес эвтрофты су классына қарайды.

**Түйін сөздер:** Билікөл көлі, альгофлора, түрлерінің кездесу жиілігі, сапробтылық индексі.

**ИЗУЧЕНИЕ  
КАЧЕСТВЕННОГО  
И КОЛИЧЕСТВЕННОГО  
СОСТАВА  
АЛЬГОФЛОРЫ  
ОЗ. БИЛИКОЛЬ**

**Введение**

Вопросы экологии и охраны окружающей среды в нашей стране приобрели в последние годы чрезвычайно острый характер. Вследствие того, что многие промышленные, коммунально-бытовые и сельскохозяйственные стоки непосредственно сбрасываются в открытые водоемы без предварительной очистки, некоторые водоемы находятся в угрожающем для природы и здоровья человека состоянии, так как содержат высокие концентрации органических веществ, токсичных элементов и ионов тяжелых металлов [1].

Озеро Биликоль находится в 75 километрах к юго-востоку от города Тараз. Это самое глубокое и крупное озеро в Жамбылской области. Озеро характеризуется уникальной экосистемой. В 80-х годах прошлого века аварийные залповые сбросы сточных вод химических предприятий Жамбылской области привели к экстремально высокому уровню концентрации загрязняющих веществ в озере, что в результате привело к гибели озерной фауны и флоры. Уже с 1983 года озеро Биликоль перестало существовать как чистый водоем и вошло в приоритетный список загрязненных водоемов РК [2]. В сложившейся ситуации контроль состояния экосистемы озера Биликоль и качества его вод является весьма важной задачей. Проводимый на озере Биликоль в рамках экологического мониторинга контроль качества воды по химическим показателям, несомненно, имеет большое значение, но недостаточен для выявления направления процессов, происходящих в экосистеме озера. Наиболее полное представление о состоянии экосистемы озера Биликоль может дать сочетание химического и биологического мониторинга. Одним из преимуществ биомониторинга является то, что сообщества водных организмов не только реагируют на большое разнообразие различных факторов, определяющих качество воды, но и суммируют эффект смешанных загрязнений, что недоступно химическому контролю [3]. При этом видное место при проведении биомониторинга принадлежит исследованиям фитопланктона – первого звена трофической цепи, во многом определяющего функционирование водных экосистем и качество их вод. Исследования фитопланктона позволяют познать

процессы самоочищения вод и решить многие вопросы рациональной эксплуатации водоемов. Фитопланктону принадлежит ведущая роль в индикации природных модификаций пресноводных экосистем, антропогенное воздействие на которые вызывает как эвтрофирующий, так и регрессирующий эффекты [4]. Видовой состав, структура и обилие фитопланктона являются важнейшими показателями, позволяющими оценить трофический уровень и санитарное состояние водных объектов, определить их экологическое состояние в целом и выявить направление происходящих в них процессов. Полученные при биомониторинге данные необходимы для планирования и проведения природоохранных мероприятий в водных бассейнах. В связи с этим целью нашей исследовательской работы является изучение видового разнообразия микроводорослей озера Биликоль.

### Объекты и методы исследования

Материалом для данной работы послужили пробы микроводорослей собранные в весенний период из берегов оз. Биликоль. Было собрано 7 перифитонных и 5 бентосных проб на небольшой глубине, в местах с ярко выраженной вегетацией водорослей. Всего собрано 12 альгологических проб, в том числе образцы планктона, бентоса, перифитона. В момент получения альгологических проб температура воды была в пределах 18-20° С, рН 4,8-5,3, прозрачность – 0,5-1 м, глубина от 0,5 до 1,5-2 м.

Пробы были доставлены в пробирках, затем перелиты в более емкую посуду для сохранения и дальнейшего выделения.

Определение таксономического состава проходило в лаборатории фототрофных микроорганизмов на кафедре биотехнологии КазНУ им. аль-Фараби. При определении микроводорослей были использованы определители из серии «Определители пресноводных водорослей СССР» под редакцией Голлербаха М.М., «Определитель протококковых водорослей Средней Азии», «Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии» [5,6,7]. Количественный учет организмов проводили общепринятыми в водной микробиологии методами [8].

Просматривали 50 полей зрения не менее чем на 3 препаратах. Результаты выражали в количестве клеток на 1 мл воды. Число организмов оценивали по шкале частот после перечисления на 100 полей зрения. Частоту встречаемости учитывали по девятибалльной шестиступенчатой

шкале частот со следующими обозначениями: 1- очень редко; 2 – редко; 3 – нередко; 5 – часто; 7 – очень часто; 9- масса [9]. Виды индикаторов -микроводорослей устанавливали по определителям, указанным в списке литературы. Индекс сапробности водоема вычисляли по методу Пантле и Букка [10].

### Результаты и их обсуждение

Озеро Биликоль практически потеряло свое рыбохозяйственное значение, когда-то из него вылавливали по 200 тонн рыбы в год. Ученые, специалисты таразского НИИ водного хозяйства считают, что необходимо детально обследовать озеро, прежде чем принимать решения о его спасении. В 1985 г. совместно Казахским научно-исследовательским институтом водного хозяйства и центром гидрометеорологии Жамбылской области были проведены работы по изучению состояния озера, дана оценка загрязнения и рекомендации по восстановлению озера попусками по р. Асса. В дальнейшем была построена плотина, разделяющее озеро на большую и малую чашу, для сохранения водоема. На 1985 г. площадь водозабора составила 5170 км<sup>2</sup>, площадь водоема 86,9 км<sup>2</sup>, глубина 6-7 м, максимальная отметка была 835 см, на сегодняшний день отметка озера 369 см. Озеро имеет неправильную форму, линейные размеры и площадь озера меняется в зависимости от колебания уровня, режим которого зависит от реки Асса. Состояние озера на сегодня заново изучается, после большого перерыва проведения гидрохимических наблюдений и как показывают данные, озеро по прежнему относится к сульфатному классу, высокая минерализация, фториды, БПК – 5 превышает ПДК в 22,1 раза.

По результатам исследования для альгоценозов оз. Биликоль характерно преобладание зеленых водорослей по таксонам, но встречаемость сине-зеленых микроводорослей намного чаще, чем первых. Все количество видов определенных в оз. Биликоль равно 96 видам и подвидам. Нами было определено 4 отдела, 9 классов, 9 порядков, 17 семейств, 32 рода, 96 видов. Установлено, что обрастания формировали представители родов *Spirogyra*, *Ulothrix* как на грунтах, так и на высших водных растениях. Из диатомовых доминировали представители родов *Navicula*, *Fragilaria*, *Synedra*. Из зеленых доминировали протококковые водоросли родов *Scenedesmus*, *Chlorella*. Из эвгленовых были определены в основном полисапробные виды рода *Euglena*, а из

сине-зеленых встречались представители рода *Merismopedia* и *Anabaena*, *Oscillatoria* (Рис 1).

Высоким видовым богатством отличались в фитопланктоне оз. Биликоль зеленые и сине-зеленые водоросли, число их видов, разновидностей и форм составляет чуть более половины таксономического списка (60% от их общего числа). Большинство указанных водорослей относится к порядку Protococcales (11 видов, разновидностей и форм). Цианобактерии в фитопланктоне оз. Биликоль занимали второе место по видовому богатству. Численность цианобак-

терий высокая, но их удельное значение в общей биомассе фитопланктона невелико. Диатомовые водоросли, создающие значительную часть численности и биомассы фитопланктона оз. Биликоль, заметно уступали по видовому богатству зеленым и синезеленым. Все обнаруженные диатомовые относятся к классу Pennatophyceae (рис 1). Определенные в фитопланктоне оз. Биликоль эвгленовые водоросли относятся к порядку *Euglenales* и к семейству *Euglenaceae* из них 4 вида полисапробные организмы (табл. 1, рисунок 1).

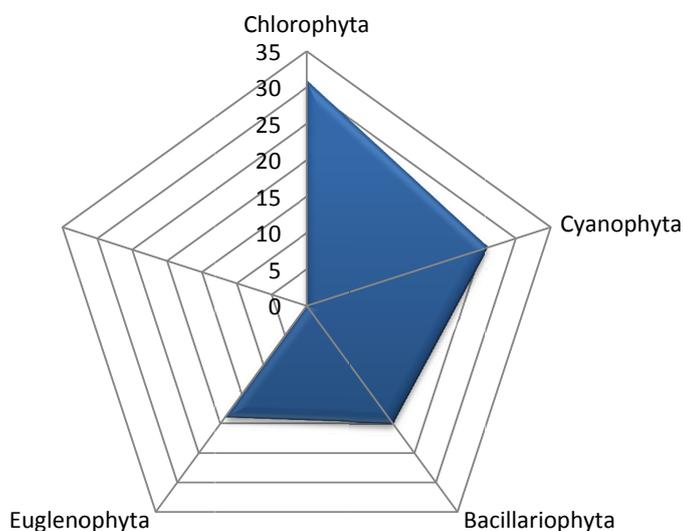
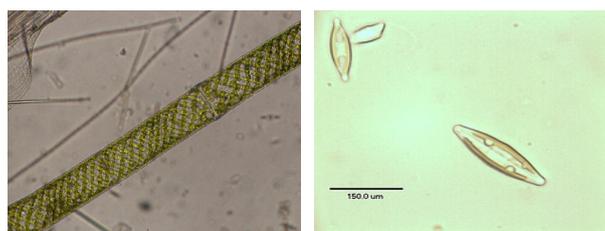


Рисунок 1 – Соотношение определенных видов микроводорослей оз.Биликоль



*Spirogyra sp. Navicula sp Scenedesmus acutus*



*Oscillatoria brevis Ankistrodesmus longissimus Euglena viridis*

Рисунок 2 – Микрофотографии часто встречаемых микроводорослей в оз. Биликоль (при увеличении x40)

Как известно, определение биоразнообразия микроводорослей различных водоемов позволяет с высокой степенью достоверности оценить степень загрязненности каждого водоема. На ряду с многочисленными функциями альгофлоры, водоросли благодаря стенотопности многих видов, их высокой чувствительности к условиям окружающей среды играют важную роль в биологическом анализе воды. Так, изменении их состояния от сильно загрязненного к умеренно – загрязненному, сопровождается количественными сдвигами видового состава водорослей, т.е. развитие различных видов микроводорослей, в большой ме-

ре, зависит от изменений условий окружающей среды. Таким образом изучение биоразнообразия микроводорослей водоема и определение индекса сапробности позволяет определить экологическое состояние данного объекта. В результате анализа определенных видов индикаторно-сапробных микроводорослей оз. Биликоль нами выявлено наличие 29 видов и разновидностей индикаторных видов микроводорослей, из них альфа-мезосапробов ( $\alpha$ ) -2, бета-мезосапробов ( $\beta$ ) – 4, бета-альфа –мезосапробов ( $\beta$ - $\alpha$ ) -4, поли-альфа-мезосапробов (p- $\alpha$ ) -10, поли-мезосапробов (p) – 7, мезосапробов (m) -2 (табл. 1, рисунок 3).



Рисунок 3 – Соотношение индикаторных видов микроводорослей оз. Биликоль

Таблица 1 – Индикаторно-сапробные микроводоросли обнаруженные в оз. Биликоль

№	Вид	Сапробность	S	Частота h	Sh
1	<i>Oscillatoria putrida</i>	p	3,8	7	26,6
2	<i>Oscillatoria chlorina</i>	p	3,8	5	19
3	<i>Oscillatoria brevis</i>	$\alpha$	2,8	9	25,2
4	<i>Arthrospira jenneri</i>	p- $\alpha$	3,6	7	25,2
5	<i>Pseudanabaena catenata</i>	$\alpha$ -p	3,6	7	25,2
6	<i>Pseudanabaena constricta</i>	$\alpha$ -p	3,5	7	24,5
7	<i>Phormidium uncinatum</i>	$\beta$ - $\alpha$	2,6	5	13
8	<i>Nostoc pruniforme</i>	$\beta$	2	3	6
9	<i>Mastgamoeba limax</i>	m	5,55	5	27,75
10	<i>Nitzschia palea</i>	$\alpha$	2,75	5	13,75
11	<i>Navicula cuspidata</i>	$\alpha$ - $\beta$	2,6	5	13
12	<i>Pediastrum boryanum</i>	$\beta$	2	5	10

№	Вид	Сапробность	S	Частота h	Sh
13	<i>Scenedesmus acuminatus var. biseriatus</i>	β	2	5	10
14	<i>Scenedesmus acutus var. quadricauda</i>	β	2	7	14
15	<i>Chlorella vulgaris</i>	p-α	3,6	7	25,2
16	<i>Chlorogonium euchlorum</i>	α-p	3,6	5	18
17	<i>Gonium pectorale</i>	α-p	3,25	5	16,25
18	<i>Cercobodo longicauda</i>	m	5,9	5	29,5
19	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	β-α	2,35	5	11,75
20	<b>Euglena viridis</b>	p-α	3,55	7	24,85
21	<b>Euglena caudata</b>	α-p	3,15	5	15,75
22	<b>Euglena proxima</b>	p-α	3,45	5	17,25
23	<i>Euglena geniculata</i>	p-α	3,5	5	17,5
24	<i>Euglena deses</i>	p	4,65	5	23,25
25	<i>Euglenopsis vorax</i>	p	3,9	7	27,3
26	<i>Mastigamoeba gigantea</i>	p	4	7	28
27	<i>Mastigella penardi</i>	p	4	7	28
28	<i>Polytomella agilis</i>	p	4	7	28
29	<i>Spirogyra decimina</i>	β-α	2,5	5	12,5

Так, состав видов – индикаторов микроводорослей в оз. Биликоль характеризует водоем как α -мезосапробную зону органического загрязнения. Индекс сапробности по методу Пантле – Букка S равен 3,41. Основными представителями индикаторных микроводорослей в оз. Биликоль являются p, α, β –мезосапробные виды – *Pediastrum boryanum* Meyen., *Scenedesmus*

*acuminatus var. biseriatus*, *Scenedesmus acutus var. quadricauda*., *Euglena proxima*, *Oscillatoria chlorina*. Согласно комплексной экологической классификации качества поверхностных вод по обилию фитопланктона оз. Биликоль относится к классу эвтрофных вод. Доминирующий комплекс водорослей отличается богатством состава и насыщенностью видами отделов *Chlorophyta*.

#### Литература

- 1 Мухамеджанов В., Баранов Р., Жданов Г. Эколого-экономический аспект использования водно-земельных ресурсов в условиях аридной зоны, Тараз, 1996 -146 с.
- 2 Отчеты Шу – Таласской бассейновой инспекции по использованию и охране водных ресурсов за период 1986-2007 гг. БВО, г.Тараз, 2008г.
- 3 Федоров В.Д. Загрязнение водных экосистем (принципы изучения и оценка действия) // Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод. – М., 1980. – С. 21-54.
- 4 Абакумов В.А. Экологические модификации и развитие биоценозов /Экологические модификации и критерии экологического нормирования. Труды Междунар. симпозиума. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 18-40.
- 5 Определитель пресноводных водорослей СССР / Отв. ред. М.М. Голлербах. – Л.: Наука, 1951. – Т.1-14.
- 6 Музафаров А.М., Эргашев А.Э., Халилова С.Х. Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии. – Ташкент: Фан, 1987. – Т. 1. – С.3-405.
- 7 Музафаров А.М., Эргашев А.Э., Халилова С.Х. Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии. – Ташкент: Фан, 1988. – Т.2. – С.406-815.
- 8 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.
- 9 Унифицированные методы исследования качества воды // Методы биологического анализа воды. Приложение II. Атлас сапробных организмов. -М.: СЭВ, 1977 – С.11-42.
- 10 Абакумов В.А. Продукционные аспекты биомониторинга пресноводных экосистем // Продукционно-гидробиологические исследования водных экосистем. – Л.: Наука, 1997. С. 51-61.

### References

- 1 Muhamedzhanov V., Baranov R., Zhdanov G. Jekologo-jekonomicheskij aspekt ispol'zovaniya vodno-zemel'nyh resursov v usloviyah aridnoj zony, Taraz, 1996 -146 s.
- 2 Otchety Shu – Talasskoj bassejnojvoj inspekcii po ispol'zovaniju i ohrane vodnyh resursov za period 1986-2007 tg. BVO, g.Taraz, 2008g.
- 3 Fedorov V.D. Zagrjaznenie vodnyh jekosistem (principy izuchenija i ocenka dejstvija) // Samoochishhenie i bioindikacija zagrjaznennyh vod. – M., 1980. – S. 21-54.
- 4 Abakumov V.A. Jekologicheskie modifikacii i razvitie biocenozov /Jekologicheskie modifikacii i kriterii jekologicheskogo normirovaniya. Trudy Mezhdunar. simpoziuma. – L.: Gidrometeoizdat, 1991. – S. 18-40.
- 5 Opredelitel' presnovodnyh vodoroslej SSSR / Otv. red. M.M. Gollerbah. – L.: Nauka, 1951. – T.1-14.
- 6 Muzafarov A.M., Jergashev A.Je., Halilova S.H. Opredelitel' sine-zelenyh vodoroslej Srednej Azii. – Tashkent: Fan, 1987. – T. 1. – S.3-405.
- 7 Muzafarov A.M., Jergashev A.Je., Halilova S.H. Opredelitel' sine-zelenyh vodoroslej Srednej Azii. – Tashkent: Fan, 1988. – T.2. – S.406-815.
- 8 Sirenko L.A., Sakevich A.I., Osipov L.F., Lukina L.F. i dr. Metody fiziologo-biohimicheskogo issledovanija vodoroslej v gidrobiologicheskoy praktike. – Kiev: Naukova dumka, 1975. -247s.
- 9 Unificirovannye metody issledovanija kachestva vody // Metody biologicheskogo analiza vody. Prilozhenie II. Atlas sap-robnyh organizmov. -M.: SJeV, 1977 – S.11-42.
- 10 Abakumov V.A. Produkcijnyye aspekty biomonitoringa presnovodnyh jekosistem // Produkcijno-gidrobiologicheskie issledovanija vodnyh jekosistem. – L.: Nauka, 1997. S. 51-61.

Заядан Б.К., Акмуханова Н.Р.,  
Садвакасова А.К.,  
Кирбаева Д.К., Болатхан К.,  
Бауенова М.О.,  
Құлымбетова А.О.

**Изучение видового  
разнообразия альгофлоры реки  
Илек и выделение  
микроводорослей  
перспективных  
для применения  
в биотехнологии**

В статье представлены результаты изучения видового разнообразия альгофлоры реки Илек, крупный левобережный приток Урала. В пробах воды отобранных из различных точек р. Илек обнаружено 181 видов и разновидностей микроводорослей, при этом основным структурным звеном по встречаемости являются зеленые и сине-зеленые водоросли, из которых 68% представлены индикаторными видами. По результатам биоиндикационного анализа установлено, что индекс сапробности составил 2,5 ( $\beta$ -мезосапробная зона); отмечена тенденция смещения уровня сапробности в  $\alpha$  – мезосапробную зону по мере продвижения воды к городу. По результатам работ по выделению чистых культур из проб, отобранных из реки Илек получены 4 альгологически и бактериологически чистые культуры микроводорослей: *Chlorella* sp. I-1, *Chlorella vulgaris* I-2, *Scenedesmus obliquus* I-3, *Chlamydomonas* sp. I-4.

**Ключевые слова:** река Илек, альгофлора, видовая частота встречаемости, биоиндикационный анализ.

Zayadan B.K., Akmuhanova N.R.,  
Sadvakasova A.K.,  
Kirbaeva D.K., Bolathan K.,  
Bauenova M.O.,  
Kylymbetova A.O.

**Study of the species diversity  
of algae flora of Ilek River  
and allocation of microalgae  
promising for use in  
biotechnology**

The article presents the results of a study of the species diversity of algae flora River Ilek, a major tributary of the left bank of the Ural River. In water samples taken from various points of River Ilek detected 181 species, the main structural element are green and blue-green algae, of which 68% are indicator species. According to the results of bioindication analysis found that the index stood at 2.5 saprobe ( $\beta$ -mezosaprobic); trend saprobe level offset in  $\alpha$ -mezosaprobic zone as it moves water to the city. Based on the results of the work of allocating pure cultures from samples taken from the river Ilek received 4 algae and bacteriologic pure culture: *Chlorella* sp. I-1, *Chlorella vulgaris* I-2, *Scenedesmus obliquus* I-3, *Chlamydomonas* sp. I-4.

**Key words:** Ilek river, algae flora, species frequency of occurrence, bioindication analysis.

Заядан Б.К., Акмуханова Н.Р.,  
Садвакасова А.К.,  
Кирбаева Д.К., Болатхан К.,  
Бауенова М.О.,  
Құлымбетова А.О.

**Елек өзенінің альгофлора  
құрамының алуантүрлілігін  
зерттеу және биотехнологияда  
қолдану болашағы бар  
микробалдырларды бөліп алу**

Мақалада Орал өзенінің ең ірі сол жақ жағалауының саласы Елек өзенінің альгофлора құрамының алуан түрлілігінің зерттеу нәтижелері берілген. Елек өзенінің әртүрлі нүктелерінен алынған су сынамаларынан 181 микробалдырлардың түрлері анықталды, кездесу жиілігі бойынша оның негізгі құрылымды тізбектерін жасыл және көк жасыл балдырлар құрайды. Барлық анықталған түрлердің 68% индикаторлы ағзалар болып саналады. Биоиндикациялық талдау бойынша сапробтылық индекс 2,5 ( $\beta$ -мезосапробты аймақ) тең; су ағысы қалаға бағытталған сайын  $\alpha$  – мезосапробты аймаққа біртіндеп сапробтылық деңгейінің беталыс үдерісі бақыланады. Таза дақылдарды бөліп алу жұмыс нәтижелері бойынша Елек өзенінен 4 альгологиялық және бактериологиялық таза дақылдар: *Chlorella* sp. I-1, *Chlorella vulgaris* I-2, *Scenedesmus obliquus* I-3, *Chlamydomonas* sp. I-4 бөлініп алынды.

**Түйін сөздер:** Елек өзені, альгофлора, түрлерінің кездесу жиілігі, биоиндикациялық талдау.

**Заядан Б.К., Акмуханова Н.Р., \*Садвакасова А.К.,  
Кирбаева Д.К., Болатхан К., Бауенова М.О.,  
Құлымбетова А.О.**

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
\*E-mail: aknurbio@list.ru

---

**ИЗУЧЕНИЕ  
ВИДОВОГО  
РАЗНООБРАЗИЯ  
АЛЬГОФЛОРЫ РЕКИ  
ИЛЕК И ВЫДЕЛЕНИЕ  
МИКРОВОДОРОСЛЕЙ  
ПЕРСПЕКТИВНЫХ  
ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ  
В БИОТЕХНОЛОГИИ**

**Введение**

В настоящее время усиление хозяйственной деятельности человека и увеличение темпов производства сопровождается возрастанием прессинга на все сферы существования живых организмов. Изучение малых и средних рек является важным вопросом не только с теоретической точки зрения, но и в практическом отношении. Самым крупным левобережным притоком р. Урал является трансграничная река Илек, протекающая по Актубинской области Казахстана и Оренбургской области России. По последним данным в реке Илек содержатся такие опасные элементы, как бор и хром, что делает ее непригодной для использования жителями городов и сел, расположенных ниже по течению. Известно, что уровень содержания в воде хрома в отдельные периоды превышает предельно допустимую концентрацию в 7 раз [1]. Источником загрязнения воды бором считаются бесхозные объекты, оставшиеся после бывшего Актубинского химзавода им. Кирова. Наиболее опасными являются бывшие шламонакопители, построенные без противофильтрационного экрана, что привело к обширному загрязнению бором подземных вод и реки Илек. Кроме того, в реку периодически сбрасываются недоочищенные сточные воды в объеме до 10,0 млн куб. м<sup>3</sup> г. Актобе, где в неудовлетворительном состоянии находится комплекс очистных сооружений АО «Акбулак». За качеством воды в Илеке наблюдают на 6 постах, как показывают наблюдения, предельная концентрация бора порой превышает допустимые нормы [2,3].

В условиях нарастания темпов антропогенной нагрузки, происходящих климатических изменений, учитывая неустойчивость и ранимость наземных и водных экосистем, все больше внимания уделяется получению информации по фоновым показателям биологического разнообразия и изучению его антропогенной динамики. Наиболее информативное звено состояния трофических цепей – водные и почвенные водоросли, имеющие высокую скорость воспроизводства. Их экологические группировки обладают относительно высокой чувствительностью к уровню загрязнений, что позволяет им быстро реагировать на изменяющиеся условия среды. Биоиндикационные

оценки состояния экосистем по низшим трофическим уровням используются довольно широко [4,5]. Метод основан на определении сапробности – способности индикаторных организмов выживать в среде, загрязненной органическими веществами. При применении этой методики основными показателями являются видовой состав, структура и обилие сообществ водорослей, позволяющие оперативно оценить трофический статус водоема, его экологическое состояние и направления происходящих изменений. Поэтому проведение комплексных исследований по изучению биологического разнообразия данного объекта является актуальным.

В связи с выше изложенным, целью исследовательской работы было изучение видового разнообразия альгофлоры реки Илек и выделение микроводорослей перспективных для применения в биотехнологии.

### Материалы и методы

В процессе исследования проводили полевые сборы и лабораторные анализы, используя методы, общепринятые в альгологической практике. Сбор альгологических проб, изучение таксонов осуществляли в районе 6 наблюдательных постов реки Илек. Альгологические образцы собирали летом. Всего собрано 12 альгологических проб, в том числе образцы планктона, бентоса, перифитона. В момент получения альгологических проб температура воды была в пределах 18-20° С, рН 4,8-5,3, прозрачность – 0,5-1 м, глубина от 0,5 до 1,5-2 м.

Определение таксономического состава микроводорослей проходило в лаборатории фототрофных микроорганизмов на кафедре биотехнологии КазНУ им. аль-Фараби. При определении микроводорослей были использованы определители из серии «Определители пресноводных водорослей СССР» под редакцией Голлербаха М.М., «Определитель протококковых водорослей Средней Азии», «Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии» [6,7,8]. Количественный учет организмов проводили общепринятыми в водной микробиологии методами [9].

Просматривали 50 полей зрения не менее чем на 3 препаратах. Результаты выражали в количестве клеток на 1 мл воды. Число организмов оценивали по шкале частот после перечисления на 100 полей зрения. Частоту встречаемости учитывали по девятибалльной шестиступенчатой шкале частот со следующими обозначениями: 1-

очень редко; 2 – редко; 3 – нередко; 5 – часто; 7 – очень часто; 9 – масса [10]. Виды индикаторов -микроводорослей устанавливали по атласу. Индекс сапробности водоема вычисляли по методу Пантле и Букка [11]. Получение накопительной культуры микроводорослей проводили по традиционной методике. Для выделения альгологически чистой культуры из накопительной использовали обычные микробиологические методы [12]. Очистку штаммов микроводорослей от бактерий и грибов проводили смесью антибиотиков [13]. Микроводоросли выращивали в колбах объемом 500 мл в стерильных условиях. Использовали минеральные среды 04, Громова 6 (Г.6), Тамия (Т), Зарукка.

### Результаты и их обсуждение

Актюбинская область богата многими видами полезных ископаемых, которые составляют значительную часть минерально-сырьевого комплекса Казахстана. На территории Актюбинской области сосредоточены все республиканские запасы хромитовых руд, 46,2% – никеля, 28,3% – титана, 12% – кобальта, 5,9% – цинка, 5,6% – меди, золота – 3,6%, бокситов – 1,8%. Богатые подземные кладовые области привлекают внимание иностранных и отечественных инвесторов. В области создан ряд совместных предприятий, которые принимают участие в раскрытии сырьевого потенциала. Несмотря на принимаемые меры по экологизации производственных объектов обстановка в области остается напряженной. По данным АЦГМ РГП «Казгидромет» за 2015 г. в отобранной пробе воды с р. Илек среднее превышение ПДК составило по бору – 10,7 ПДК, максимальное превышение отмечено до 20 ПДК в апреле, по хрому (VI) – 8,6 ПДК, максимальное превышение отмечено в феврале до 17,5 ПДК. По характеристике воды р. Илек относятся к 4 классу (ИЗВ – 4,15 – загрязненная) [14].

Систематический анализ показал, что видовой состав альгофлоры р. Илек состоит из 87 видов, относящихся к 4 отделам, 12 классам, 20 порядкам, 49 семействам, 76 родам.

В отобранных из 1 поста р. Илек пробах воды выявлено наличие 35 видов и вариаций водорослей. Из них диатомовых – 10 видов, сине-зеленых – 11, евгленовых – 1, зеленых – 13. Чаше других встречались *Merismopedia elegans* A.Br., *M. glauca* (Ehr.) Naeg., *Gomphosphaeria aponina* Kuetz., *Nostoc commune* Vauch., *Hidrurus foetidus* Kirchn., *Melosira ambigua* (Grun.) O. Muell., *M. granulata*

(Ehr.), *Cyclotella comta* (Ehr.) Kuetz., *Meridion circulare* Ag., *Diatoma elongatum* (Lyngb.) Ag., *D. hiemale* (Lyngb.), *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr., *Cocconeis pediculus* Ehr., *C. placentula* Ehr., *Diploneis parma* Cl.

В полученных альгологических пробах из 2 поста выявлено 30 видов и вариаций водорослей. Из них сине-зеленых – 8 видов, эвгленовых – 2, зеленых – 10, диатомовых – 10. В этих пробах доминировали: из сине-зеленых – *Merismopedia punctata* Meyen, *Microcystis pulverea* (Wood) Forti emend Elenk., *Nostoc verricosum* Vauch., на почве, на каменистом субстрате – *Nostoc commune*, в быстротекучих местах – представитель эвгленовых водорослей *Hydrurus foetidus*, на различных предметах – прикрепленные зеленые *Cladophora glomerata* (L.) Kuetz., *Closterium lunula*, *Cosmarium granatum* Breb. Из диатомовых обнаружены *Cocconeis pediculus* Ehr., *C. placentula* Ehr., *Fragilaria crotonensis*, *F. construens* var. *subsalina* Hust., *F. caricina* var. *lanceolata* Grun. *Synedra ulna*, *S. gouldarii* (Breb.) Hust., *S. vaucheriae* var. *truncata* (Greg.) Grun, *S. rumpens* Kuetz., *Meridion circulare* Ag., *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kuetz., *Achnanthes minutissima* Kuetz., *A. minutissima* var. *cryptocephala*, *Navicula cari* Ehr., *Diatoma hiemale* (Lyngb.) Heib., *Calothrix fusca* (Kuetz.) et Flan., *Cymbella ventricosa* Kuetz., *C. affinis* Kuetz., *C. angustata* (W.Sm.) Cl., *C. laevis* Naeg., *C. delicatula* Kuetz., *Eucoconeis flexella* Kuetz., *Didymosphenia geminate* (Lyngb.) M. Schmid. Разнообразие диатомовых водорослей по видимому связано с гидрологическими и гидрохимическими особенностями воды данной реки.

В альгологических пробах взятых из 3 поста р. Илек выявлены представители 31 вида и вариаций водорослей. Из них 8 видов сине-зеленых водорослей, 12 зеленых 1 эвгленовая, диатомовые водоросли состоят из представителей 10 видов и вариаций. Основная часть альгофлоры состоит из диатомовых водорослей. Среди них доминировали *Diatoma elongatum*, *Synedra ulna*, *S. amphicephala* Kuetz., *Cocconeis pediculus*, *Navicula radiosa* Kuetz., *Cymbella cistula* (Hemp.) Grun., *C. ventricosa* Kuetz.

Такое же количество видов микроводорослей обнаружено в пробах отобранных с 4 наблюдательного поста р. Илек. Определены представители 31 вида и вариаций водорослей. Из них 9 – сине-зеленых, 1 – эвгленовая, 10 – зеленых, 11 видов (с вариациями) составляют диатомовые, среди которых чаще всего встречались *Diatoma elongatum*, *D. elongatum*

var. *tenue* (Ag.) V.H., *D. hiemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grun., *Ceratoneis arcus*, *Eucoconeis flexella*, *Synedra ulna*, *S. gouldarii* (Breb.) Hust., *Achnanthes linearis* (W.Sm.) Grun., *A. minutissima*, *Navicula cari* var. *angusta*, *N. falaisiensis* Grun., *Cymbella affinis* Kuetz., *C. cistula* (Hemp.) Grun., *C. delicatula* Kuetz., *Fragilaria intermedia* Grun., *F. leptostauron*, *F. brevistriata* Grun., *Cocconeis placentula*, *C. pediculus*, *Rhopalodia gibba* (Ehr.) O. Muell., *Gomphonema ventricosum* Greg.

В образцах воды взятых в районе 5 поста реки Илек выявлено 29 видов и разновидностей водорослей. В числе которых сине-зеленые представлены десятью, эвгленовые – одним, зеленые – одиннадцатью видами. Обнаружено 7 видов и разновидностей диатомовых водорослей. Основные представители микроводорослей данного района *Merismopedia elegans*, *Gomphosphaeria aponina*, *Hydrurus foetidus*, *Melosira granulate*, *Diatoma elongatum*, *Fragilaria crotonensis*, *Synedra amphicephala*, *Cocconeis minutissima*, *Navicula cryptocephala*, *Gyrosigma acuminatum*, *Scenedesmus acicularis*, *Ulothrix tenuissima*, *Pediastrum duplex*.

Значительно меньше видов микроводорослей обнаружено в пробах воды отобранных в районе 6 поста р. Илек. Здесь выявлено 25 видов и разновидностей водорослей, 6 из которых представители диатомовых, 12 – сине-зеленых и 7 – зеленых. Альгологические пробы в основном состояли из синезеленых *Chamaesiphon curvatus* (Borzi) Nordst., *Calothrix braunii f. major* Poljansk., *Phormidium uncinatum* (Ag) Gom., *Plectonema tomasinianum* (Kuetz.) Born. Среди них чаще других встречались *Merismopedia punctata* Meyen, *Gloeocapsa turgida* (Kuetz.) Hollerb. На каменистых субстратах попадаются *Cladophora glomerata* (L.) Kuetz., *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh., *P. integrum* Naegeli, *Scenedesmus quadricauda* var. *dispar* (Turp.) Breb., *S. bijugatus* var. *alternans* (Turp.) Kuetz.

В ходе анализа видового состава р. Илек в общем количестве обнаружено 181 видов водорослей, в том числе 32% видов *Cyanophyta*, 3% – *Euglenophyta*, 30% – *Bacillariophyta* и 35% видов *Chlorophyta* (табл.1)

Из определенных видов сине-зеленые водоросли составили 32% изученной альгофлоры. В порядке *Chroococcales*, представленного семейством *Microcystaceae*, выявлен 1 вид *Merismopedia punctata*. Достаточно разнообразным был род *Oscillatoria* (7 видов) из порядка *Nostocales*. Остальные роды этого порядка (*Spirulina*, *Phormidium*) были также одновидо-

выми. Большинство обнаруженных сине-зеленых имеют широкое географическое распространение и являются обычными возбудителями «цветения» в континентальных водоемах. Значительную роль в формировании фитопланктона играли *Bacillariophyta*. Выявлено 54 видов и внутривидовых таксонов, что составило более 30% выявленной альгофлоры. При этом, вклад классов в отдел неравнозначен – класс *Coccolodiscophyceae* включал всего 6 видовых

таксонов, относящихся к 2 родам – *Cyclotella* и *Melosira*. Класс *Fragilariophyceae* включал 8 видов, при этом достаточно разнообразными были роды *Synedra* и *Fragilaria* (4 и 3 вида, соответственно). Наиболее разнообразно был представлен род *Navicula* (7 видов). Как известно, пеннатные в подавляющем большинстве являются бентическими формами, но они постоянно попадают в планктоне из-за сильного волнения на мелководьях и взмучивания донных отложений.

Таблица 1 – Количественный состав видов альгофлоры реки Илек

Отделы водорослей	Общее количества водорослей реки Илек	Количественный состав видов альгофлоры реки Илек					
		I	II	III	IV	V	VI
<i>Cyanophyta</i>	58	11	8	8	9	10	12
<i>Bacillariophyta</i>	54	10	10	10	11	7	6
<i>Chlorophyta</i>	63	13	10	12	10	11	7
<i>Euglenophyta</i>	6	1	2	1	1	1	-
Всего	181	35	30	31	31	29	25

Систематический список *Chlorophyta* включал 63 вида. Основной вклад в видовое разнообразие зеленых водорослей внесли *Chlorophyceae*, в основном полисапробные виды микроводорослей. В семействе *Spirogyraceae* выявлен 1 вид *Spirogyra sp.* Протококковые виды водорослей составляют более 63% выявленных зеленых водорослей.

Установлено, что видовое богатство водорослей р. Илек колеблется в зависимости от расположения исследуемых мест, так видовой состав водорослей характеризуется сравнительно высоким разнообразием в районах 1, 2 наблюдательных постов, расположенных вблизи г. Актобе. Степень сходства водорослей, развивающихся на разных участках реки низкая, что вероятно объясняется особенностью гидрологического и гидротермического режимов изучаемого объекта, которые, видимо и являются основной причиной того, что на каждом участке реки сформировался свой специфический альгоценоз. Выявлено, что видовой состав водорослей, входящих в состав доминирующих по численности и биомассе комплексов, также отличается на различных участках реки.

По отношению к степени органического загрязнения водной толщи состав водорослей -показателей сапробности образован  $\alpha$  – мезосапробными видами, значительно менее разнообразны  $\beta$ -мезосапробы, хотя достаточно разнообразны индикаторы промежуточной степени загрязнения между  $\beta$ - мезо- и  $\alpha$  – мезо-, р-мезосапробной зоной. Оценка санитарного состояния воды р. Илек по индикаторным видам фитопланктона свидетельствовала о том, что она на всем протяжении водотока принадлежала к категории  $\beta$ -мезосапробной, только вблизи города степень загрязнения меняется на  $\alpha$  – мезосапробную категорию.

Наибольшее число выявленных индикаторов относится к зеленым (44% от общего числа индикаторов), диатомовым (22%), сине-зеленым (32%) и эвгленовым водорослям (2%) и в целом соответствует значимости этих отделов в структуре фитопланктона реки. В фитопланктоне р. Илек отмечены индикаторы всех зон сапробности, кроме олигосапробной. Большинство показательных организмов относятся к  $\alpha$  – мезосапробам, виды, развивающиеся в переходной зоне между полисапробной и  $\beta$  -мезосапробной зонами занимают второе место (табл. 2).

Таблица 2 – Распределение индикаторных видов фитопланктона р. Илек по систематическим отделам и зонам сапробности

Отдел	Зоны сапробности							
	р	α	β	р-α	β-α	α-р	m	Всего
<i>Cyanophyta</i>	3	4	2	3	4	2	1	19
<i>Bacillariophyta</i>	2	3	2	2	2	2	-	13
<i>Chlorophyta</i>	5	6	2	4	3	4	1	25
<i>Euglenophyta</i>	-	2	-	-	-	-	-	2
Всего	10	15	6	9	9	8	2	59

Результаты таксономического анализа альгофлоры р. Илек отражают ее широкое разнообразие и богатство. В р. Илек выявлено 181 вид водорослей, при этом основным структурным звеном по встречаемости являются зеленые и сине-зеленые водоросли, из них 33% составляют индикаторные виды. По результатам биоиндикационного анализа установлено, что индекс сапробности составил 2,5 (β-мезосапробная зона); отмечена тенденция смещения уровня сапробности в α – мезосапробную зону по мере продвижения воды к городу.

С целью изменения сложившейся к настоящему времени ситуации, связанной с увеличением нагрузки на р. Илек в результате развития отраслей производства, нужно отметить о необходимости принятия действенных мер по снижению негативного воздействия. В связи с тем, что р. Илек имеет трансграничный характер, и к тому же во многом определяет параметры основного водотока р. Урал необходимо вести постоянный контроль, за экологическим состоянием и уровнем загрязнения воды в данном объекте.

В пробах воды из р. Илек обнаружено множество представителей альгофлоры, приспособленных к существованию в данных условиях. Многие из этих представителей интересны с точки зрения получения на их основе высокодеструктивных штаммов микроводорослей для применения в экологической биотехнологии. Однако, прежде чем приступить к исследованиям характеристик диких видов необходимо получить из их симбиотических сообществ альгологические, а затем и бактериологические чистые культуры.

В результате проведенных пересевов из проб, отобранных из р. Илек, были получены накопительные культуры микроводорослей, после чего в результате серии многократных пересевов на селективные среды и среды, содержащие антибиотики, получены 4 альгологически и

бактериологически чистые культуры микроводорослей: *Chlorella sp.* I-1, *Chlorella vulgaris* I-2, *Scenedesmus obliquus* I-3, *Chlamydomonas sp.* I-4.

Морфолого-физиологические характеристики выделенных альгологически чистых культур:

*Chlorella sp.* I-1, – одноклеточная зеленая микроводоросль, относящаяся к классу *Chlorococconeae*. Размеры клеток 2-3,5 μ в диаметре, перед делением размеры их увеличиваются до 4-5 μ. Пиреноиды незаметны. Хорошо растет при температуре воздуха 20-28°C на жидких и агаризованных питательных средах 04, ТАР, Тамия (рисунок 1).

*Chlorella vulgaris sp.* I-2 – одноклеточная зеленая микроводоросль, относящаяся к классу *Chlorococconeae*. Клетки шаровидные, 3-5.5 μ в диаметре, оболочка тонкая, хромотофор широкий, поясковидный с пиреноидом, не имеет жгутиков. Размножение только бесполое. Размножается автоспорами, выходящими из материнской клетки через разрыв оболочки. Хорошо растет при температуре воздуха 22-30°C на жидких и агаризованных питательных средах 04, ТАР, Тамия (рисунок 2).

*Scenedesmus obliquus* I-3 – зеленая микроводоросль, относящаяся к классу *Chlorophyceae*, размеры клеток – 2,5-4 μ ширины и 4,5-5 μ длины. Форма клеток веретеновидная, состоящая обычно из ценобных форм. Ценобии состоят из 2, 4, 8 клеток, которые соприкасаются между собой боковыми сторонами и не имеют шипов. Оболочка гладкая. Хромотофор периферический с одним переноидом. Размножаются автоспорами, организованными в дочерние ценобии. В оптимальных условиях размножаются апланоспорами. Нейтрофил, мезофил, автотроф, светолюбивый. Хорошо растет при температуре воздуха 18-30°C на питательной среде Громова, Тамия (Рисунок 3).

*Chlamydomonas sp.* I-4 – Зеленая водоросль из вольвоксовых. Клетки подвижные, окру-

жены пектиновой оболочкой. Размеры клеток – 2,2- 4 м ширины и 4,5-5 м длины. Жгутики расположены на суженном переднем конце клетки. Возле основания жгутиков имеются две небольшие сократительные вакуоли. Размножаются бесполым и половым путями. Хо-

рошо размножаются на органо-минеральной и органической питательных средах. Мезотермные. Избегают сильного освещения и высокой температуры. Хорошо растет при температуре воздуха 18-30°C на питательной среде L-min (Рисунок 4).



Рисунок 1 – *Chlorella sp. sp. I-1*, (при увеличении x100)

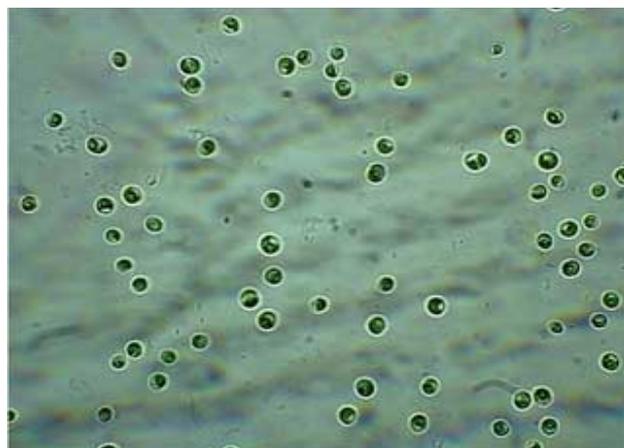


Рисунок 2 – *Chlorella vulgaris I-2*, (при увеличении x100)

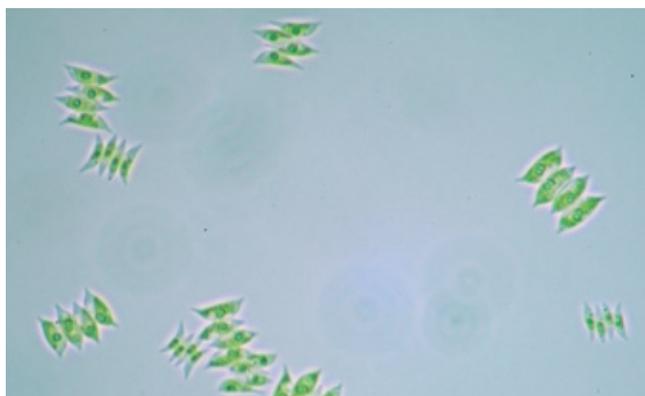


Рисунок 3 – *Scenedesmus obliquus I-3*  
(при увеличении x100)

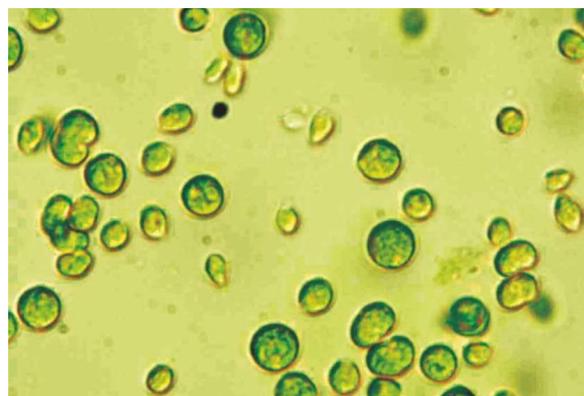


Рисунок 4 – *Chlamydomonas sp. I-4*  
(при увеличении x100)

По результатам работ по выделению чистых культур из проб, отобранных из р. Илек нами получены 4 альгологически и бактериологически чистые культуры. Все полученные чистые культуры хранятся в коллекции фототрофных микро-

организмов кафедры биотехнологии КазНУ им. аль-Фараби и подвергаются регулярным пересевам на селективные среды, для дальнейшего исследования их роли в очистке водных экосистем, загрязненных различными тяжелыми металлами.

#### Литература

1 Воздействие хромовой промышленности на здоровье населения и окружающую среду (на примере г. Актобе, республика Казахстан) [Электронный ресурс] / Ж. М. Алдонгарова; науч. рук. Н. В. Барановская // Проблемы геологии и освоения недр : труды XVII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, Томск, 1-5 апреля 2013 г.

- 2 Информационный бюллетень трансграничного переноса токсичных компонентов по Программе 018 «Проведение наблюдений за состоянием окружающей среды» за 2014 год
- 3 Порох А.Н. Россия и Казахстан в решении трансграничных водных проблем // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4: История. Регионоведение. Международные отношения Выпуск № 2 / 2009
- 4 Федоров В.Д. Загрязнение водных экосистем (принципы изучения и оценка действия) // Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод. – М., 1980. – С. 21-54.
- 5 Абакумов В.А. Экологические модификации и развитие биоценозов / Экологические модификации и критерии экологического нормирования. Труды Междунар. сим-позиума. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – С. 18-40.
- 6 Определитель пресноводных водорослей СССР / Отв. ред. М.М. Голлербах. – Л.: Наука, 1951. – Т.1-14.
- 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 Музафаров А.М., Эргашев А.Э., Халилова С.Х. Определитель сине-зеленых водорослей Средней Азии. – Ташкент: Фан, 1988. – Т.2. – С.406-815.
- 9 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.
- 10 Унифицированные методы исследования качества воды // Методы биологического анализа воды. Приложение II. Атлас сапробных организмов. – М.: СЭВ, 1977 – С.102
- 11 Унифицированные методы исследования качества вод // Методы биологического анализа воды. Приложение I. Индикаторы сапробности. – М.: СЭВ, 1977. – С.11-42.
- 12 Гайсина Л.А., Фазлутдинова А.И., Кабиров Р.Р. Современные методы выделения и культивирования водорослей: учебное пособие [Текст]. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2008. – 152с.
- 13 Темралеева А.Д., Минчева Е.В., Букин Ю.С., Андреева А.М. Современные методы выделения, культивирования и идентификации зеленых водорослей (Chlorophyta). – Кострома: Костромской печатный дом, 2014. – 215 с.
- 14 Европейская экономическая комиссия совещание сторон конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер предварительный доклад об оценке состояния трансграничных рек, впадающих в каспийское море, и их основных трансграничных притоков <http://www.uralbas.ru/doc/ECE.MP.WAT.2006.16.Add2.r.pdf>

#### References

- 1 Vozdejstvie hromovoj promyshlennosti na zdorov'e naselenija i okruzhajushhiju sredu (na primere g. Aktobe, respublika Kazahstan) [Elektronnyj resurs] / Zh. M. Aldongarova; nauch. ruk. N. V. Baranovskaja // Problemy geologii i osvoenija neдр : trudy XVII Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M. A. Usova studentov i molodyh uchenyh, Tomsk, 1-5 aprelya 2013 g.
- 2 Informacionnyj bjulleten' transgranichnogo perenosa toksichnyh komponentov po Programme 018 «Provedenie nabljudenij za sostojaniem okruzhajushhej sredy» za 2014 god
- 3 Poroh A.N. Rossiya i Kazahstan v reshenii transgranichnyh vodnyh problem // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija 4: Istorija. Regionovedenie. Mezhdunarodnye otnoshenija Vypusk № 2 / 2009
- 4 Fedorov V.D. Zagrizaznenie vodnyh jekosistem (principy izuchenija i ocenka dejstvija) // Samoochishhenie i bioindikacija zagrizaznennyh vod. – M., 1980. – S. 21-54.
- 5 Abakumov V.A. Jekologicheskie modifikacii i razvitie biocenzov / Jekologicheskie modifikacii i kriterii jekologicheskogo normirovanija. Trudy Mezhdunar. simpoziuma. – L.: Gidrometeoizdat, 1991. – S. 18-40.
- 6 Opredelitel' presnovodnyh vodoroslej SSSR / Otв. red. M.M. Gollerbah. – L.: Nauka, 1951. – T.1-14.
- 7 Muzafarov A.M., Jergashev A.Je., Halilova S.H. Opredelitel' sine-zelenyh vodoroslej Srednej Azii. – Tashkent: Fan, 1987. – T. 1. – S.3-405.
- 8 Muzafarov A.M., Jergashev A.Je., Halilova S.H. Opredelitel' sine-zelenyh vodoroslej Srednej Azii. – Tashkent: Fan, 1988. – T.2. – S.406-815.
- 9 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.
- 10 Unificirovannye metody issledovanija kachestva vody // Metody biologicheskogo analiza vody. Prilozhenie II. Atlas saprobnyh organizmov. – M.: SJeV, 1977 – S.102
- 11 Unificirovannye metody issledovanija kachestva vod // Metody biologicheskogo analiza vody. Prilozhenie I. Indikatory saprobnosti. – M.: SJeV, 1977. – S.11-42.
- 12 Gajsina L.A., Fazludtinova A.I., Kabirov R.R. Sovremennye metody vydelenija i kul'tivirovanija vodoroslej: uchebnoe posobie [Tekst]. – Ufa: Izd-vo BGPU, 2008. – 152s.
- 13 Temraleeva A.D., Mincheva E.V., Bukin Ju.S., Andreeva A.M. Sovremennye metody vydelenija, kul'tivirovanija i identifikacii zelenyh vodoroslej (Chlorophyta). – Kostroma: Kostromskoj pechatnyj dom, 2014. – 215 s.
- 14 Evropejskaja jekonomicheskaja komissija soveshhanie storon konvencii po ohrane i ispol'zovaniju transgranichnyh vodotokov i mezhdunarodnyh ozer predvaritel'nyj doklad ob ocenke sostojanija transgranichnyh rek, vpadajushhih v kaspijskoe more, i ih osnovnyh transgranichnyh pritokov <http://www.uralbas.ru/doc/ECE.MP.WAT.2006.16.Add2.r.pdf>