

УДК 574.21
МРНТИ 37.27.27

**МАКРОФИТЫ ОЗЕРА ПЕСТРОЕ ҚЫЗЫЛЖАРСКОГО РАЙОНА
СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ
БИОИНДИКАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Галактионова Е.В.¹

¹*СКГУ им. М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан*

Аннотация

Постоянное увеличение разнообразия загрязняющих веществ с каждым годом усложняет химические способы анализа загрязнений водоемов, которые также требуют крупных финансовых затрат, поэтому для определения наличия загрязняющих веществ в экосистемах все чаще стали использовать биологическую индикацию, которая является оперативным, информативным и надежным методом диагностики, менее дорогостоящим и трудозатратным, по сравнению с химическими методами. Северо-Казахстанская область (СКО) имеет большие площади водных ресурсов, являющихся средой обитания для многих организмов, а также используются в качестве питьевой воды населением, для нужд сельского хозяйства, - то оценка пригодности водоема для тех или иных потребностей является весьма важной. В статье представлены результаты исследования озер Кызылжарского района биоиндикационными методами исследования. Был установлен таксономический состав макрофитов. Определено видовое сходство растительности с помощью коэффициента Жаккара. Дана оценка качества воды исследуемых озер на основании флористического состава гидромакрофитов.

Ключевые слова: биомониторинг, водные экосистемы, гидромакрофиты, биоиндикация, виды-биоиндикаторы, коэффициент Жаккара.

**СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫ ҚЫЗЫЛЖАР АУДАНЫНЫҢ ПЕСТРОЕ
ӨЗЕНІНІҢ МАКРОФИТТЕРІН БИОИНДИКАЦИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ ӘДІСІМЕН
СУДЫҢ САПАСЫН БАҒАЛАУ**

Е.В. Галактионова¹

¹*М. Қозыбаев атындағы СҚМУ, Петропавл, Қазақстан*

Аңдатпа

Ластаушы заттардың әрдайым артуы жыл сайын су объектілерінің ластануын талдаудың химиялық әдістерін қиындатады, бұл сонымен бірге үлкен қаржылық шығындарды талап етеді, сондықтан ластаушы заттардың экожүйелерде болуын анықтау үшін биологиялық индикатор көбейе бастады, бұл жедел, ақпараттық және сенімді диагностикалық әдіс, онша қымбат емес және еңбекті көп қажетсінетін химиялық әдістермен салыстырғанда еңбек сыйымдылығы. Солтүстік Қазақстан облысында (СҚО) көптеген ағзалардың тіршілік ету ортасы болып табылатын су ресурстарының үлкен аудандары бар, сонымен қатар халықтың ауылшаруашылық қажеттіліктері үшін ауыз су ретінде пайдаланылады, сонымен су қоймасының ерекше қажеттіліктерге жарамдылығын бағалау өте маңызды. Мақалада Қызылжар ауданының көлдерін биоиндикация әдісімен зерттеу нәтижелері келтірілген. Макрофиттердің таксономиялық құрамы анықталды. Жаккар коэффициентінің көмегімен өсімдіктер түрлерінің ұқсастығы анықталды, гидромакрофиттердің флоралық құрамына сүйене отырып зерттелген көлдердің су сапасына баға берілді.

Түйінді сөздер: биомониторинг, су экожүйелер, гидромакрофиттер, биоиндикация, биоиндикатор түрлері, Жаккар коэффициенті.

**MACROPHYTES OF LAKE PESTROYE OF KYZYLZHAR DISTRICT
OF THE NORTH-KAZAKHSTAN REGION FOR ASSESSING WATER QUALITY
BY BIOINDICATING METHODS OF RESEARCH****E.V. Galaktionova¹***¹M. Kozybaev NKSU, Petropavlovsk, Kazakhstan***Abstract**

The constant increase in the variety of pollutants complicates the chemical methods for analyzing pollution of water bodies every year, which also require large financial costs, therefore, to determine the presence of pollutants in ecosystems, biological indication has become increasingly used, which is an operational, informative and reliable diagnostic method, less expensive and labor intensive compared to chemical methods. North Kazakhstan region has large areas of water resources that are the habitat for many organisms, and is also used as drinking water by the population, for agricultural needs - the assessment of the suitability of a reservoir for various needs is very important. The article presents the results of a study of the lakes of the Kyzylzhar district with bioindication research methods. The taxonomic composition of macrophytes was established. The species similarity of vegetation was determined using the Jacquard coefficient. An assessment is made of the water quality of the studied lakes based on the floristic composition of hydromacrophytes.

Key words: biomonitoring, aquatic ecosystems, hydromacrophytes, bioindication, bioindicator species, Jacquard coefficient.

Введение

Северо-Казахстанская область (СКО) имеет большие площади водных ресурсов (на Северный регион приходится около 45% всех озер республики [1], являющихся средой обитания для многих организмов, а также используются в качестве питьевой воды населением, для нужд сельского хозяйства, - то оценка пригодности водоема для тех или иных потребностей является весьма важной.

Как известно, оценка качества среды и антропогенных изменений водных экосистем может производиться и по их биотическими абиотическим параметрам. Постоянное увеличение разнообразия загрязняющих веществ с каждым годом усложняет химические способы анализа загрязнений водоемов, которые также требуют крупных финансовых затрат, поэтому для определения наличия загрязняющих веществ в экосистемах все чаще стали использовать биологическую индикацию, которая является оперативным, информативным и надежным методом диагностики, менее дорогостоящим и трудозатратным, по сравнению с химическим методом [2].

Что же касается территории СКО, то до настоящего времени очень мало информации о видах организмов, которые могут выступать в роли индикаторов загрязнения водной среды, отсутствуют сведения о способах оценки степени загрязнения, а также не были применены и исследованы существующие биоиндикационные методы для рассматриваемой территории.

Озеро Пёстрое расположено в черте города, имеет пресную воду и его зеркальная поверхность превышает 1км².

Оно имеет эстетическое и хозяйственное значение. В зимний период, масса лыжников прокладывает лыжню по льду озера и в его окрестностях, в летний период тысячи горожан купаются и загорают на пляжах озера. На берегу озера, в непосредственной близости от водоёма возвышаются корпуса бывших летних лагерей отдыха и профилакториев для детей, сейчас ставших частной собственностью.

Озеро служит не только естественным украшением города, но и представляет собой объект хозяйственного интереса с точки зрения медицинского и экологического благополучия города, оно также выполняет средообразующую роль.

Несмотря на очевидную благодать, данную от природы, озеро всё больше загрязняется органикой и процессы самоочистки воды уже не проходят на должном уровне.

Для реанимации озера необходимы действенные меры, но как и чем помочь, на что обратить внимание, чтобы процессы саморегуляции и восстановления начали действовать ответить сложно или невозможно без описаний и наблюдений за всем трёхкомпонентным составом бионаселения озера.

Общеизвестно, что растения способны адсорбировать и накапливать в себе разнообразные элементы и вещества, губительно влияющие на живые организмы. Растения становятся живыми фильтрами, которые улавливают городскую пыль и выхлопные газы, очищают ливневые и сточные воды от нефтепродуктов, бытовой химии и ядохимикатов.

Какие виды растений способны противостоять натиску человека? Этот вопрос далеко не праздный и имеет не только научный интерес, но и практический хозяйственно-экономический аспект. Чем больше мы будем иметь сведений о разрушительной деятельности антропогенных факторов, тем более действенной и современной будет польза и охрана, тем легче будет прогнозировать экологическую ситуацию.

Методы исследования

Исследование проводилось в период с мая по сентябрь 2019 года на территории оз. Пестрое.

В работе применялись традиционные методы исследования прибрежно-водной растительности. Для изучения таксономического состава гидромакрофитов использовались учетные площадки размером 1 м^2 ($100 \times 100 \text{ см}$), на каждой опытной станции располагалось по 2 площадки через 5 метров друг от друга в типичных участках растительности: на берегу водоема и в воде рядом с берегом. Всего было изучено и проанализировано 8 опытных станций.

Одной из главных характеристик любого биоценоза являются виды, доминирующие (преобладающие количественно) в его составе. Определяли, какой из видов является наиболее значимым в биоценозе. Для каждого вида вычислялась средняя арифметическая численность. Также важным показателем является встречаемость вида (p), выраженная в процентах, которую определялась по формуле (1) [4]:

$$p = \frac{n}{m} 100\%, \text{ где} \quad (1)$$

где n – число проб, в которых встретился вид, m – общее число проб.

Коэффициент Жаккара (видовое сходство) вычисляли по формуле (2):

$$K_J = \frac{c}{a+b-c} \times 100, \text{ где} \quad (2)$$

a – число видов 1 площадки, b – число видов второй площадки, c – общее для двух площадок число видов. Чем больше значение коэффициента, тем больше сходства между сравниваемыми площадками [3].

Численность и проективное покрытие особей растений подсчитывали по глазомерной оценке в баллах по Шкале Друде в соответствии с Таблицей 1 [4]:

Таблица 1 Шкала оценок обилия по Друде с дополнениями
А.А. Уранова, П.Д. Ярошенко.

Балл	Обозначение обилия по Друде	Характеристика обилия	Среднее наименьшее расстояние между особями, см	Проективное покрытие, %
1	sol (solitariae)	единично	не более 150	менее 10
2	sp (sparsae)	рассеянно	100 – 150	30 – 10
3	cop 1 (copiosae 1)	довольно обильно	40 – 100	50 – 30
4	cop 2 (copiosae 2)	обильно	20 – 40	70 – 50
5	cop 3 (copiosae 3)	очень обильно	не более 20	90 – 70

Результаты исследования и дискуссия

При проведении оценки качества вод озер Кызылжарского района рассматривался таксономический состав прибрежно-водной растительности озера Пестрое. Исследования проводились в июле 2019 г., в период цветения большинства растений, произрастающих в данном биотопе [5]. Для изучения таксономического состава макрофитов использовались учетные площадки размером 1м² (100×100 см), на каждой станции располагалось по 2 площадки в местах с типичной растительностью: одна площадка располагалась на берегу озера, вторая – в зарослях растительности непосредственно в воде. Всего было изучено и проанализировано 8 учетных площадок, по две на каждой станции, где отбирались пробы зообентоса.

Всего было выявлено 26 видов прибрежно-водной растительности, принадлежащих к 23 родам и 18 семействам. Из отдела Polypodiophyta (папоротниковидные), класса Equisetophyta (хвощевые) – 1 семейство, из класса Liliopsida (однодольных) – 8 семейств, класса Magnoliopsida (двудольных) – 9 семейств.

В основном в семействах были представлены по одному виду растений, наиболее многочисленными являются семейства Potamogetonaceae (рдестовые), Typhaceae (рогозовые), Cyperaceae (осоковые), Hydrocharitaceae (водокрасовые), Polygonaceae (гречишные) и Fabaceae (бобовые), в которых растения представлены 2-3 видами. Наибольшее количество видов было зафиксировано на С2 и С3 станциях отбора проб по 13 и 14 видов соответственно. На учетных площадках Ю1 и В1 было зарегистрировано наименьшее количество видов растений – 3–4 вида. Видовое разнообразие водных площадок было в несколько раз выше, чем береговых. На береговых станциях часто встречались: Phragmites australis (тростник обыкновенный), Carex acuta (осока острая), Stratiotes aloides (телорез обыкновенный) и Rumex confertus (щавель конский).

На водных станциях часто встречались: Potamogeton perfoliatus (рдест пронзеннолистный), Myriophyllum sibiricum (уруть сибирская), Phragmites australis (тростник обыкновенный) и Schoenoplectus lacustris (камыш озерный).

Видовое сходство растительности на площадках определяли с помощью коэффициента Жаккара (KJ). Сравнение видового состава растительности проводили между станциями берега (С1, Ю1, С1, В1) и отдельно между площадками, находящимися в воде (С2, Ю2, С2, В2). В результате наибольшее сходство между береговыми станциями было С1 и В1 – 50%, с 3 общими видами. Видовое сходство от

20% до 33,3% было характерно для станций С1-31, Ю1-В1, 31-В1 с 1-2 общими видами. Наименьшим сходством, с 1 общим видом 9% было между станциями Ю1-31.

Растительность водных площадок была более схожей друг с другом, коэффициент Жаккара колебался от 29,4 до 46,7%, наибольшее сходство в 46,7% отмечено между станциями С2-В2, с 7 общими видами, а наименьшее в 29,4 % между станциями В2 и 32. Значение коэффициента Жаккара не подсчитывали между береговыми и водными станциями, так как это 2 различных типа участка одного биотопа, и некоторые растения, такие как полупогруженная и погруженная растительность не могут произрастать на береговом участке (таблица 2). Среди жизненных форм растений на пробных площадках расположенных на берегу озера доминировали многолетние травы, на водных пробных площадках – водные многолетние травы. В целом, исходя из таксономического состава 50%, т.е. 13 видов было представлено многолетними травами, 42% (11 видов) растительности – водными многолетними травами, 4% (1 вид, *Ledum palustre* (багульник болотный)) – кустарниками, и 4%, также 1 вид (*Salix babylonica* (ива плакучая)) – деревьями.

Таблица 2 Сходство видового состава растительности на станциях оз. Пестрое по коэффициенту Жаккара (КJ)

Станции оз. Пестрое	Значение коэффициента Жаккара (KJ), %							
	С1	Ю1	31	В1	С2	Ю2	32	В2
С1	-	33,3%	27,3%	50%	-			
Ю1	33,3%	-	9%	20%				
31	27,3%	9%	-	20%				
В1	50%	20%	20%	-				
С2	-				-	43,8%	44,4%	46,7%
Ю2					43,8%	-	35%	46,2%
32					44,4%	35%	-	29,4%
В2					46,7%	46,2%	29,4%	-

Доминирующие виды определяли с помощью шкалы оценок обилия по Друде с дополнениями А.А. Уранова, П.Д. Ярошенко [4]. Данные представлены на Рисунке 1, где отмечено количество видов на станциях, принадлежащих к различным группам обилия: sol – единично встречающиеся, sp – рассеяно, сор1 – довольно обильно, сор2 – обильно и сор3 – очень обильно.

Несмотря схожесть видового состава некоторых пробных площадок, обилие видов было разным. В результате очень обильно (сор 3) встречались на станциях С-1, С- 2 и Ю-1 виды: *Phragmites australis* (тростник обыкновенный) и *Carex acuta* (осока стройная), с проективным покрытием около 70-90%. Обильно (сор2), т.е. виды с проективным покрытием около 70-50% встречались на станциях С-2 – *Schoenoplectus lacustris* (камыш озерный) и *Myriophyllum sibiricum* (уруть сибирская), на Ю-2 – *Phragmites australis* (тростник обыкновенный) и *Lemna minor* (ряска малая), на 3-1 – осока стройная, на 3-2 – *Myriophyllum sibiricum* (уруть сибирская) и *Ceratophyllum demersum* (роголистник погруженный), на станции В-2 – *Phragmites australis* (тростник обыкновенный). Виды, встречающиеся довольно обильно (сор1), с проективным покрытием 50-30%, обнаружены на 5 станциях из 8-ми, на С-2 такую оценку имели 5 видов прибрежно-водной растительности: *Elodea canadensis* (элодея канадская), *Potamogeton pectinatus* (рдест гребенчатый), *Typha latifolia* (рогоз широколистный), *Lemna minor* (ряска малая) и *Ceratophyllum demersum* (роголистник погруженный). На

станции Ю-2, 3 вида: *Equisetum fluviatile* (хвощ речной), *Potamogeton crispus* (рдест курчавый) и *Typha latifolia* (рогоз широколистный). На станции 3-1 довольно обильно встретился *Convolvulus arvensis* (вьюнок полевой); 3-2 – *Sagittaria natans* (стрелолист плавающий); В-1 – осока стройная; В-2 – *Equisetum fluviatile* (хвощ речной) и *Typha angustifolia* (рогоз узколистый).

Виды, с характеристикой обилия по шкале Друде, обозначенные как рассеянные (Sp), с проективным покрытием 30-10%, присутствовали на всех опытных станциях оз. Пестрое: на С-1, 2 вида – *Lathyris palustris* (чина болотная) и *Rolygonum amphibium* L (горец земноводный); на С-2, 2 вида – *Hydrocharis morsusranae* (водокрас лягушачий) и *Potamogeton perfoliatus* (рдест пронзеннолистный); Ю-1 – *Bytomus umbellatus* (сусак зонтичный), Ю-2 – *Schoenoplectus lacustris* (камыш озерный) и *Ceratophyllum demersum* (роголистник погруженный); 3-1 – *Lathyris palustris* (чина болотная), 3-2, 5 видов – *Hydrocharis morsusranae* (водокрас лягушачий), *Potamogeton perfoliatus* (рдест пронзеннолистный), *P. Crispus* (рдест курчавый), *Schoenoplectus lacustris* (камыш озерный), *Lemna minor* (ряска малая); В-1 – *Typha latifolia* (рогоз широколистный), В-2 – *Potamogeton perfoliatus* (рдест пронзеннолистный), *P. pectinatus* (рдест гребенчатый), *Schoenoplectus lacustris* (камыш озерный), *Myriophyllum sibiricum* (уруть сибирская) и *Ceratophyllum demersum* (роголистник погруженный). Необходимо отметить, что на станциях было много видов, которые встречались единично (sol), наибольшее их количество был зарегистрировано на станции 3-2 – 6 видов, 3-1 – 5 видов, на станциях С-2 и Ю-2 по 3 вида, и на станциях С-1, Ю-1, В-1 и В-2 по 1 виду соответственно (Рисунок 1).

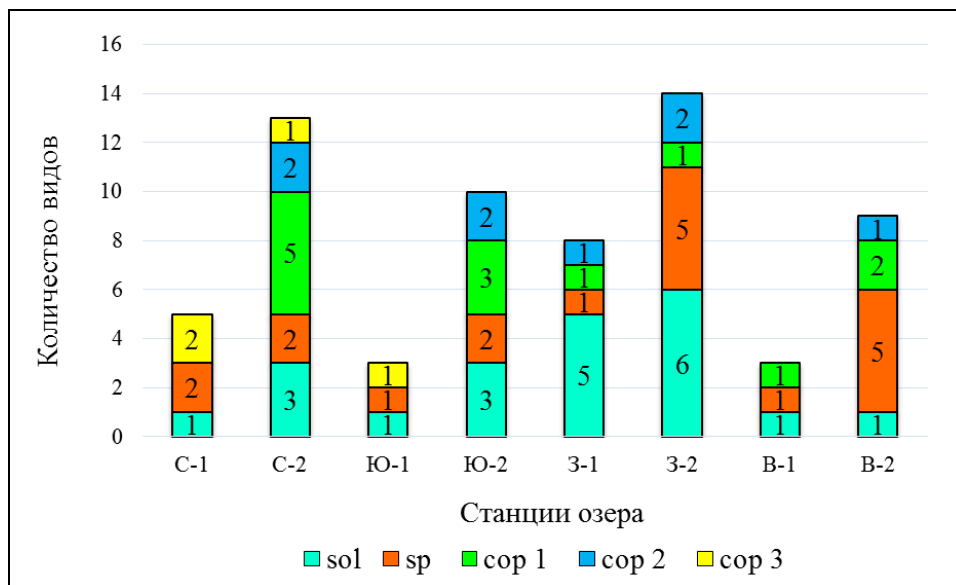


Рисунок 1 Распределение видов растений по опытным станциям в зависимости от шкалы обилия Друде: sol – единично, sp – рассеяно, cop1 – довольно обильно, cop2 – обильно, cop3 – очень обильно

Заклучение

Таким образом, в период исследования было определено 26 видов прибрежно-водной растительности из 23 родов и 18 семейств. Преобладающими жизненными формами являются многолетние травы и водные многолетние травы.

Коэффициент сходства Жаккара показал переменчивое сходство (от 9% до 50%) видового состава береговых пробных площадок и стабильное среднее сходство (от 29% до 47%) для водных пробных площадок.

Доминирующими видами растительности являются: *Phragmites australis* (тростник обыкновенный) и *Carex acuta* (осока стройная), на некоторых опытных станциях *Schoenoplectus lacustris* (камыш озерный) и *Myriophyllum sibiricum* (уруть сибирская). Субдоминантами являются *Potamogeton pectinatus* (рдест гребенчатый), *P. Crispus* (рдест курчавый), *Typha latifolia* (рогоз широколистный), *Lemna minor* (ряска малая), и *Ceratophyllum demersum* (роголистник погруженный). На некоторых опытных участках довольно обильно встречаются *Elodea canadensis* (элодея канадская), *Equisetum fluviatile* (хвощ речной) и *Butomus umbellatus* (сусак зонтичный). Единично и рассеянно встречающиеся виды представлены в семействах *Polygonaceae* (гречишные), *Rubiaceae* (мареновые), *Ranunculaceae* (лютиковые), *Ericaceae* (вересковые), *Fabaceae* (бобовые), *Convolvulaceae* (вьюнковые) и *Salicaceae* (ивовые).

Литература:

1. Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии. Алматы - 2004. 125 с.
2. Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем): учеб. пособие / Е. А. Зилов. – Иркутск: Изд-во Иркут.гос. ун-та, 2009. – 147 с.
3. Методы математической статистики в учебном эколого-биологическом исследовании [Электронный ресурс]: Использование методов статистической обработки результатов учебных исследований по экологии водоемов. Режим доступа: http://www.kebc.park.su/index.files/statistik/st_index.htm.
4. Ассоциация «Экология непознанного» [Электронный ресурс]: Шкала оценок обилия по Друде с дополнениями А.А. Уранова, П.Д. Ярошенко. – Режим доступа: <http://aeninform.org/kmb/shkala-obiliya-rastanii-po-drude>.
5. Садчиков А.П. Гидробиология: Прибрежно-водная растительность: уч. пособие для студ. высш. уч. заведений. – М. Издательский центр «Академия», 2005 г. 240 с.