

УДК

## МАКРОФИТНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ОЗЕР РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН КАК ИНДИКАТОР САПРОБНОСТИ

© 2010 г. Д.С. Пакина

*Муниципальное образовательное учреждение дополнительного образования детей  
«Детский эколого-биологический центр» городского округа г. Уфа, Республика  
Башкортостан*

\*Работа является призером Российского национального конкурса водных проектов старшеклассников-2010 (3 место).

**Ключевые слова:** сапробность, геоботанический метод, водная растительность, качество воды в озерах.



Представлены исследования экологического состояния озер Республики Башкортостан по видовому составу макрофитов и распространению высшей водной растительности за период 2008–2009 гг., с применением методик биоиндикации по макрофитам. Летом 2009 г. исследовано 8 водоемов, расположенных в разных районах РБ и находящиеся в разных экологических условиях. Данная работа стала призером Российского национального конкурса водных проектов старшеклассников-2010 (3 место).

Целью проекта являлось определение сапробности озер Республики Башкортостан (РБ), изучены гидрологический режим и морфологические параметры 9 озер; видовой состав и распространение высшей водной растительности; определена степень сапробности по методике Кнеппе, индекс сапробности по Пантле и Букку. В результате исследований собран видовой гербарий, разработаны рекомендации по охране водоемов, предложен проект «ключа» для определения класса качества воды в озерах Республики по гидрологическому режиму, морфологическим параметрам, видовому составу и распространению высшей водной растительности.

Предложенный метод определения класса качества воды по гидрологическому

режиму, морфологическим параметрам, видовому составу и распространению высшей водной растительности в Республике Башкортостан ранее не применялся. Отработанную в данной работе методику можно использовать для определения качества воды небольших водоемов РБ, используемых главным образом для рекреационных целей.

Исследования в данной области очень актуальны. Водоемы имеют довольно большой запас прочности и способны к самовосстановлению, но только до известного предела. Очевидна необходимость принятия срочных мер по охране водоемов. А для этого чрезвычайно важно углубленное комплексное изучение водных экосистем, всех составляющих их компонентов – биотических и абиотических, взаимосвязей между ними.

### **Методика исследования**

Одним из важнейших компонентов водных экосистем, недостаточно изученных, являются водные макрофиты – крупные водоросли, мхи и сосудистые растения, нормально развивающиеся в условиях водной среды и избыточного увлажнения и обитающие как в воде, так и в прибрежной зоне. Будучи вовлечены в разнообразные процессы, макрофиты играют огромную роль в поддержании сложившегося естественного равновесия в водоемах и в природных ландшафтах. Поскольку макрофитная растительность водоема отражает его гидрологический и термический режим, может характеризовать специфику его химизма, трофический статус, возраст (как стадию развития). Водные фитоценозы и отдельные виды макрофитов можно использовать в качестве биоиндикаторов, как в чистых водах, так и при определении степени и характера антропогенного воздействия [1].

Особенностью среды обитания макрофитов являются: высокая плотность (плотнее воздуха в 800 раз); высокая теплоемкость, сглаживающая сезонные колебания температуры; уменьшение с глубиной интенсивности света и изменение его спектрального состава (уменьшение доли красных лучей, обладающих наибольшей фотосинтетической активностью); низкое содержание газов (кислорода, азота, углекислого газа), их неравномерная концентрация, а также присутствие метана и сероводорода, образующихся при разложении органических веществ [2].

Степень развития растительности, видовой и экобиоморфологический состав макрофитов, их распределение в водоеме обуславливаются особенностями

экологических условий и подчиняются определенным закономерностям. Факторы, формирующие облик растительности водоема: *морфологические* характеристики водоема – глубина, крутизна уклона дна, изрезанность береговой линии, наличие мелководных участков и защищенных от ветра и волн участков; *оптические свойства* воды – прозрачность и цвет; *динамические факторы* – подвижность водных масс и воздействие ветра; *химические факторы* – состав растворенных солей и органических веществ, рН воды; *газовый режим* – динамика количества растворенных кислорода и углекислого газа; *механические и химические свойства грунтов*; *температурный режим*; *степень проточности водоема*; *облесенность берегов*. Все эти факторы в комплексе влияют на распределении макрофитов в водоемах [1].

В процессе исследований были использованы следующие методы.

*Метод геоботанических описаний* [3]. Маршрутным методом составлялся флористический список высших водных растений, выделялись сообщества и наносились на картосхему. Водоем условно делился на 4 части, в каждой из которых закладывали по 1 пробной площадке 10×10 м, где проводили морфологические описания водоема и геоботанические описания высшей водной растительности. Обилие видов оценивали по 7 балльной шкале Браун-Бланке.

Средняя величина сапробности биоценоза по макрофитам определялась по методу Н. Кнеппе, проводилась выборка видов-индикаторов, 7-балльная шкала Браун-Бланке переводилась на 7-балльную шкалу Н. Кнеппе. Отдельно была подсчитана сумма баллов олиго-, β-мезо-, α-мезо- и полисапробных видов. По этим данным построили график, отражающий величину сапробности водоема [4].

Был использован индекс сапробности ( $S$ ) Р. Пантле и Н. Букка. Индикаторная значимость ( $s$ ) олигосапробов принималась за 1, β-мезо- – за 2, α-мезосапробов – 3, полисапробов – 4. Относительное количество особей одного вида ( $h$ ) оценивалось следующим образом: случайные находки приняты за 1; часто встречаемые – 3, массовое развитие – 5. Индекс сапробности обследуемой станции вычисляется по формуле:  $S = \Sigma sh / \Sigma h$  и в полисапробной зоне он равен 4–3,5; в α-мезосапробной – 3,5–2,5; β-мезосапробной зоне – 2,5–1,5; олигосапробной зоне – 1,5–1,0 [4].

Для получения дополнительной характеристики различий в видовом составе между фитоценозами, относящимися к различным ассоциациям, вычислялся коэффициент общности видового состава фитоценозов по формуле Серенсена:

$$Z = 2C / (A + B),$$

где  $A$  – число видов в одной ассоциации;  $B$  – число видов в другой ассоциации;  $C$  – число общих видов в двух ассоциациях;  $Z$  – коэффициент общности.

Определение высших растений проводили по определителям высших растений РБ под редакцией Е.В. Кучерова [5, 6].

## Результаты полевых исследований

Гидрологический режим и морфологическая характеристика озер Республики Башкортостан существенно различаются. Озера имеют различные площади, источники водного питания, проточность, глубину и различные сообщества макрофитов. По происхождению озера делятся на 3 группы: карстовые, старичные и искусственные.

Исследованные озера малопроточные, неглубокие, максимальная глубина в карстовых озерах – до 6 м. Водное питание озер – атмосферные осадки, небольшие донные родники. Вода в озерах пресная, лишь на оз. Аслы-куль она местами солоноватая. Все озера имеют приозерную растительность и развитые сообщества макрофитов. Антропогенное воздействие ограничивается замусориванием прибрежной зоны бытовым мусором. Донные отложения – илистые, песчаные, каменистые.

Флористическая характеристика поясов прибрежно-водных и водной растительности исследованных озер представлена в табл.1.

**Таблица 1.** Флористическая характеристика исследованных нами озер Республики Башкортостан

№	Макрофиты	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Гидрофиты – настоящие водные растения</b>										
1	Рдест пронзенолистный			+	+		+		+	+
2	Рдест блестящий	+		+	+					+
3	Рдест плавающий	+					+	+		
4	Рдест сплюснутый				+					
5	Рдест гребенчатый							+		+
6	Рдест курчавый							+		
7	Рдест нитевидный		+							
8	Полушник озерный									+
9	Кубышка желтая	+	+	+	+		+		+	
10	Кувшинка белая	+					+			
11	Горец земноводный	+		+	+		+		+	
12	Сальвиния плавающая						+			
13	Многокоренник						+			
14	Ряска трехдольная			+	+	+		+		
15	Водокрас лягушачий			+	+		+		+	
16	Роголистник	+	+	+	+	+	+		+	

	погруженный									
17	Пузырчатка малая		+							
18	Элодея канадская	+			+	+				+
19	Турча болотная							+		
20	Чилим, водяной орех	+								
21	Ряска малая					+				
<b>Гелофиты- водно-болотные растения (гидрогигрофиты)</b>										
22	Хвощ топяной (речной)	+			+	+	+		+	
23	Стрелолист обыкновенный		+	+	+		+	+	+	+
24	Белозор болотный		+							
25	Ежеголовник прямой			+	+		+			
26	Ежеголовник всплывший							+	+	
27	Водяная сосенка						+			
<b>Гигрогелофиты – наземные болотные растения сильно увлажненных мест</b>										
28	Сусак зонтичный		+	+	+		+	+	+	+
29	Осока стройная						+			
30	Тростник обыкновенный		+	+	+		+			
31	Камыш озерный	+	+	+		+	+	+		
32	Частуха подорожниковая			+		+	+	+		+
33	Аир болотный						+		+	
34	Осока вздутая						+			
35	Осока вздутоносая.						+			
36	Ситняг болотный						+			
37	Лютик ядовитый						+			
38	Рогоз узколистный			+			+			
39	Рогоз широколистный					+		+		
40	Осока пузырчатая		+	+						
41	Ситник развесистый		+		+					
42	Сыть бурая		+	+	+			+		
43	Горец перечный			+	+					
44	Зюзник европейский		+	+			+	+		
45	Поручейница водная			+	+					
	Всего видов	10	13	19	18	8	25	13	10	8
	Коэффициент Серенсена	до 0,26		От 0.47 до 0,76			до 0.33			

*Примечание:* 1 – оз. Упкан-куль, 2 – оз. Аслы-куль, карстовые по происхождению; 3 – оз. Кустаревка, 4 – оз. Архимандритское, 5 – оз. возле Булгаково, 6 – старица Агидели (Юрактау) – старичные; 7 – оз. Хадермет, 8 – оз. на 89 км Уфа-Алкино, 9 – оз. Глубокое – искусственные по происхождению.

Видовой состав макрофитов исследованных озер представлен 45 видами, относящимися к 27 семействам, 32 родам. К растениям, нуждающимся в охране, относятся чилим, полушник озерный, кувшинка белая, кубышка желтая, сальвиния плавающая.

Видовой состав гидрофитов исследованных нами озер РБ представлен 21 видом, гелофитов – 6 видами, гигрогелофитов – 18 видами. Спорным остается отнесение к последней группе зюзника европейского, горца перечного и поручейницы водяной, но,

поскольку при описании все эти виды произрастали в воде, мы сочли нужным включить их в список гигрогелофитов.

Распределение видового состава в зависимости от происхождения озер представлено на рис. 1 (среднее количество видов на одном озере).

Из графика видно, что наиболее богатый видовой состав макрофитов присутствует в старичных водоемах, затем в карстовых и меньше всего в искусственных. Возможно, это объясняется тем, что в старицах идут процессы заболачивания, возраст всех стариц примерно 60–70 лет, а также их географическим положением: в половодье происходит водообмен с реками, что приводит к привнесению органических и неорганических веществ, семян новых растений. Этим же можно объяснить тот факт, что коэффициент Серенсена низок для искусственных и карстовых озер – от 0,26 до 0,33, достаточно высок для старичных озер – от 0,47 до 0,76.

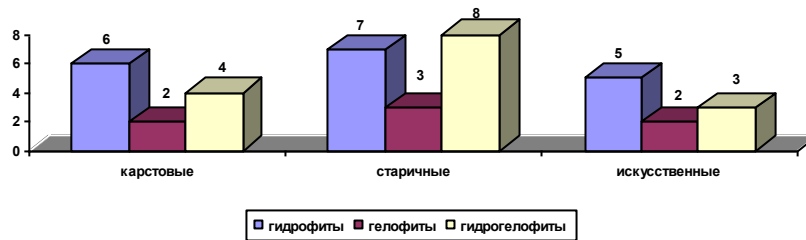
### **Степень загрязнения старицы по показательным организмам**

В [4] приведены списки сапробных организмов, где водные растения распределены по 5 классам сапробности для пресных вод с указанием степени сапробности  $s$ , индекса сапробности  $S$  и индикаторного значения вида  $I$ .

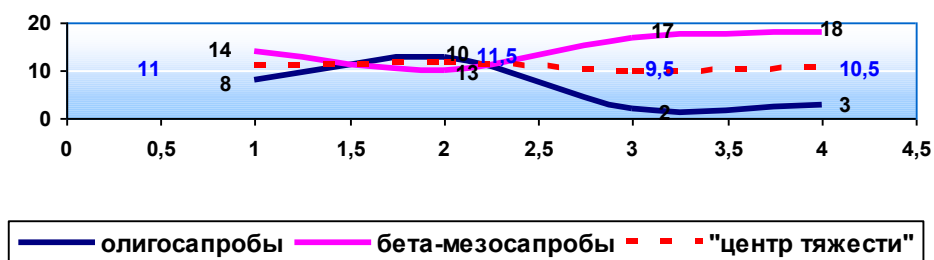
К олигосапробам из нашего списка относятся сальвиния плавающая, хвощ топяной. Кувшинка белая, кубышка желтая, рдест блестящий, ряска трехдольная, стрелолист обыкновенный, водокрас лягушачий проявляют и олиго- и бета-мезосапробность. К ксеносапробным – полушник озерный, все остальные виды относятся к бета-мезосапробным видам. Всего из 26 видов гидрофитов и гелофитов индикаторными являются 17 видов.

Средняя величина сапробности исследованных биоценозов по Кнеппе будет иметь только положительное значение, так как отсутствуют альфа-, мезо- и полисапробные виды. На рис. 2 представлена средняя величина сапробности на примере старицы Агидели:

Чтобы уловить различия внутри каждой из зон сапробности (R. Pantle, 1960), мы о –вычислили индекс сапробности ( $S$ ) по Р. Пантле и Н. Букку.



**Рис. 1.** Распределение видового состава макрофитов в озерах Республики Башкортостан.



**Рис.2.** Средняя величина сапробности старицы Агидели близ Юрактау.

**Таблица 2.** Средний индекс сапробности в исследованных озерах

№	Тип сапробности	Виды	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$\beta$	Рдест пронзенолистный	1		5	1	5			1	
2	$\beta - o$	Рдест блестящий			5	1					1
3	$\beta$	Рдест плавающий	1					3			1
4	$\beta - \acute{\alpha}$	Рдест гребенчатый					1	1			
5	$\chi$	Полушник озерный					1				
6	$\beta - o$	Кубышка желтая	5	1	5	1				5	5
7	$\beta - o$	Кувшинка белая	5								3
8	$\beta$	Горец земноводный	1		1			1		1	1
9	$o$	Сальвиния плавающая	1								
10	$\beta$	Многокоренник	1							1	
11	$o - \beta$	Водокрас лягушачий	3			1				1	
12	$\beta$	Роголистник погруженный	3	3	5	1			1	1	1
13	$\beta$	Пузырчатка малая		1							
14	$\beta$	Элодея канадская			5		1		1		1
15	$o - \beta$	Ряска трехдольная				1		1			
16	$o$	Хвощ топяной (речной)				1			1	3	
17	$o - \beta$	Стрелолист обыкновенный	5	1	5	1	1	1		3	
Индекс сапробности (S) по Р.Пантле и Н.Букку			1,8	1,9	1,7	1,8	1,7	1,8	1,7	1,7	1,6

*Примечание:* 1 – оз. Упкан-куль, 2 – оз. Аслы-куль, карстовые по происхождению; 3 – оз. Кустаревка, 4 – оз. Архимандритское, 5 – оз. возле Булгаково, 6 – старица Агидели (Юрактау) – старичные; 7 – оз. Хадермет, 8 – оз. на 89 км Уфа-Алкино, 9 – оз. Глубокое – искусственные по происхождению.

Как видно из табл. 2, средний индекс сапробности в озерах РБ варьирует от 1,6 до 1,9, что является подтверждением бета-мезосапробности этих водоемов.

Таким образом, несмотря на различное географическое положение, разные экологические условия, различный видовой состав макрофитов, средняя сапробность и индекс сапробности исследованных озер остаются примерно одинаковыми.

По результатам исследований была начата разработка проекта ключа для определения класса качества воды в водоемах РБ.

## **Выводы и рекомендации**

1. Изученные озера находятся в разных экологических условиях, имеют разный гидрологический режим и отличаются между собой морфологически. По происхождению озера делятся на карстовые, старичные и искусственные, что определяет видовой состав и распространение высшей водной растительности. Общее для всех озер географическое положение – башкирское Предуралье. Все озера подвержены затоплению паводковыми водами.

2. Видовой состав гидрофитов исследованных озер РБ представлен 21 видом, гелофитов – 6, гигрогелофитов – 18. Всего 45 видов, относящихся к 27 семействам, 32 родам. К растениям, нуждающимся в охране, относятся чилим, полушник озерный, кувшинка белая, кубышка желтая, сальвиния плавающая.

3. Средняя величина сапробности исследованных биоценозов по Кнеппе имеет только положительное значение, так как отсутствуют альфа-, мезо- и полисапробные виды. Все озера относятся к бета-мезосапробным.

4. Среднее значение индекса сапробности по Пантле и Букку во всех озерах от 1,6 до 1,9, что подтверждает  $\beta$ -мезосапробность озер.

5. В результате исследований нами разработан иллюстрированный проект ключа для определения класса качества воды в водоемах РБ по гидрологическому режиму, морфологическим параметрам, видовому составу и распространению высшей водной растительности.



6. С целью охраны водоемов на территории РБ необходимо формировать экологический менталитет населения. Одним из первых шагов в этом направлении может стать наш иллюстрированный определитель чистоты водоемов, доступный для пользования любой категорией населения. Он может способствовать бережному отношению к водным ресурсам и стремлению людей сделать водоемы чище, поскольку многие проблемы в природе возникают от экологической безграмотности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Папченков В. Г. О классификации макрофитов водоемов и водной растительности // Экология. 1985. № 6. С. 8–13.
2. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов. Методика изучения. Л.: Наука, 1981. 187 с.
3. Миркин Б.М. Экология вокруг нас. Уфа: «Гилем», 2005. 41 с.
4. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Гидробиотаника. Прибрежно-водная растительность. М.: АСАДЕМА, 2005. 240 с.
5. Определитель высших растений Башкирской АССР / под ред. Е.В. Кучерова, А.А. Мулдашева. М.: Наука, 1988. 316 с.
6. Определитель высших растений Башкирской АССР / под ред. Е.В. Кучерова, А.А. Мулдашева. М.: Наука, 1989. 375 с.

#### Сведения об авторе:

Пакина Дарина Сергеевна, ученица 11 класса, МОУ СОШ № 104 имени М. Шаймуратова, МОУ ДОД «Детский эколого-биологический центр» городского округа г. Уфа, Республика Башкортостан, 450015, г. Уфа, ул. М. Карима, 69/2; e-mail: gdebc@mail.ru