

УДК 581.526.3

А.Е. Зиновьева, Д.А. Дурникин

**Влияние минерализации и общей жесткости воды
на распределение гидрофитов в экосистемах
(на примере водоемов юга Обь-Иртышского междуречья)**

A.E. Zinovyeva, D.A. Durnikin

**Effect of Salinity and Total Hardness of Water
on the Distribution of Hydrophytes in the Ecosystems
(on an Example of the Water Reservoirs of the South Part
of the Ob-Irtysh Interfluve)**

Рассмотрена зависимость распределения водных и прибрежно-водных растений от минерализации и общей жесткости в водоемах юга Обь-Иртышского междуречья.

Ключевые слова: минерализация, жесткость воды, влияние, водные растения, прибрежно-водные растения, приспособления.

The dependence of the distribution of water and coastal-water plants on salinity and total hardness of water reservoirs of the south part of the Ob-Irtysh interfluve is considered.

Key words: salinity, water hardness, impact, water plants, coastal and aquatic plants, devices.

Вопрос влияния минерализации воды на распространение и численность организмов неоднократно рассматривался в литературе. Сведения по солевыносности гидрофильных растений встречаются часто, но они, в целом, имеют общий характер [1–7]. Для флоры водоемов юга Обь-Иртышского междуречья, отличающейся огромным разнообразием минерализованных озер, характерно повышенное содержание солей. Несомненный интерес представляет анализ солевыносности водных видов из различных таксономических групп. Сведения по солевыносности были получены нами для 95 видов, из которых 54 вида (93,1%) входят в состав «гидрофильного ядра». Информация по галотолерантности каждого вида оказалась различной ввиду того, что сборы проб воды проводились иногда только в летнюю межень (июль). Для редких видов оценка галотолерантности осуществлялась 3 раза за вегетационный сезон (весна-лето-осень). Учитывая слабую изученность многих водных растений, считаем возможным использовать для предварительных выводов имеющиеся материалы.

Для выявления изменений биологического разнообразия растений водоемов юга Обь-Иртышского междуречья в зависимости от минерализации применяем классификацию поверхностных вод О.А. Алекина [8], дополненную Б.Ф. Свириденко [2], согласно которой воды с минерализацией до 1 г/л являются пресными, 1,1–3 г/л – условно-пресными, от 3,1 до 8 г/л – слабосоленоватыми, от 8,1 до 25 г/л – соленоватыми и более 25 г/л – солеными.

Считаем, что нет необходимости дробного деления на дополнительные группы и подгруппы, так как это лишь усложняет и придает данным условность и субъективизм. Это связано с тем, что показания минерализации могут сильно варьировать не только по годам, но и внутри года (по сезонам), в течение суток и даже нескольких часов. Несмотря на то, что минерализация может изменяться в широких пределах (особенно по сезонам года), минимальные и максимальные значения все же можно выделить. Анализ данных по минерализации показал, что все виды водных и прибрежно-водных растений на изученной территории обитают в диапазоне от 0,8 до 80 г/л. Минимальные и максимальные границы минерализации в целом характеризуют уникальные природные условия юга Обь-Иртышского междуречья, охватывающего лесостепную и степную зоны континента. Территория представлена как пресными, так и минерализованными водоемами с различным ионным составом. Близкие показатели минерализации были отмечены в соседних регионах, например, для Северного Казахстана – 0,1–79,7 г/л [2], а для Тобол-Ишимской лесостепи – 0,1–70,8 г/л [7]. Для объективной оценки приуроченности видов к различным группам по минерализации выделяем облигатные и факультативные виды.

Для оценки влияния минерализации на биологическое разнообразие водных и прибрежно-водных растений исследованной территории использованы приемы корреляционного анализа. Установлено, что имеется сильная степень связи между параметрами этих двух

показателей (отрицательная) – при увеличении минерализации наблюдается уменьшение количества видов ($r = -0,83$), критерий достоверности ($t = 3,94$), уровень значимости ($P = 0,01$).

Полученные данные о составе флоры разнотипных по минерализации водоемов исследованной территории позволили выделить две совокупности видов (группы), которые мы обозначили как пресноводный и солоновато-водный флористические комплексы. Общее количество видов, входящих в пресноводный флористический комплекс, – 167, или 98,2% от общего количества видов. Комплекс сложен из видов, произрастающих в группе пресных, условно-пресных и слабосоленых вод (TDS 0,8–8 г/л). Рассмотрим подробнее каждую из групп. Типично пресноводная группа включает 143

вида (рис. 1). Это самая многочисленная группа, составляющая 84,1% от общего количества видов. Среди всех видов, вошедших в эту группу, облигатными являются 131 вид (77,0%), остальные виды представлены факультативным включением других групп вод, их всего 12 видов. Среди облигатных видов выделяется стеногалинная группа, виды которой не встречаются факультативно в водах другой минерализации. Это виды, произрастающие в водах с соленостью до 1 г/л: *Potamogeton natans*, *P. rutilus*, *Stratiotes aloides*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Nymphoides peltata*, *Utricularia vulgaris* и др. Пресноводные виды «гидрофильного ядра» представлены 46 облигатными (79,3% от общего количества видов, входящих в «гидрофильное ядро») и 4 факультативными видами (рис. 2).

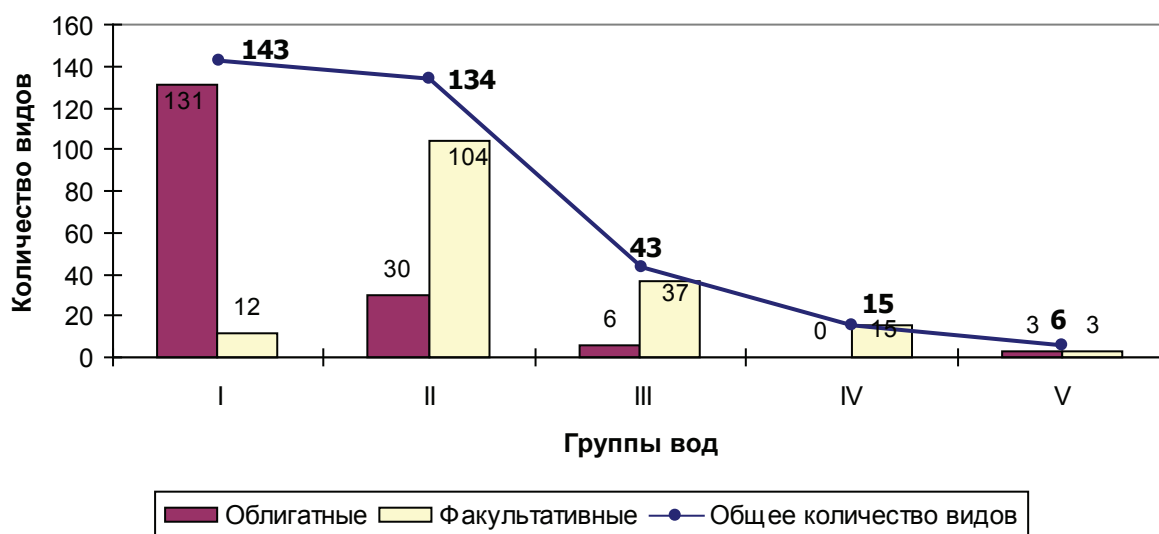


Рис. 1. Распределение водных и прибрежно-водных растений в группах вод по минерализации: I – пресные (до 1 г/л), II – условно-пресные (1–3 г/л), III – слабосоленые (3–8 г/л), IV – солоноватые (8,1–25 г/л), V – соленые (более 25 г/л)

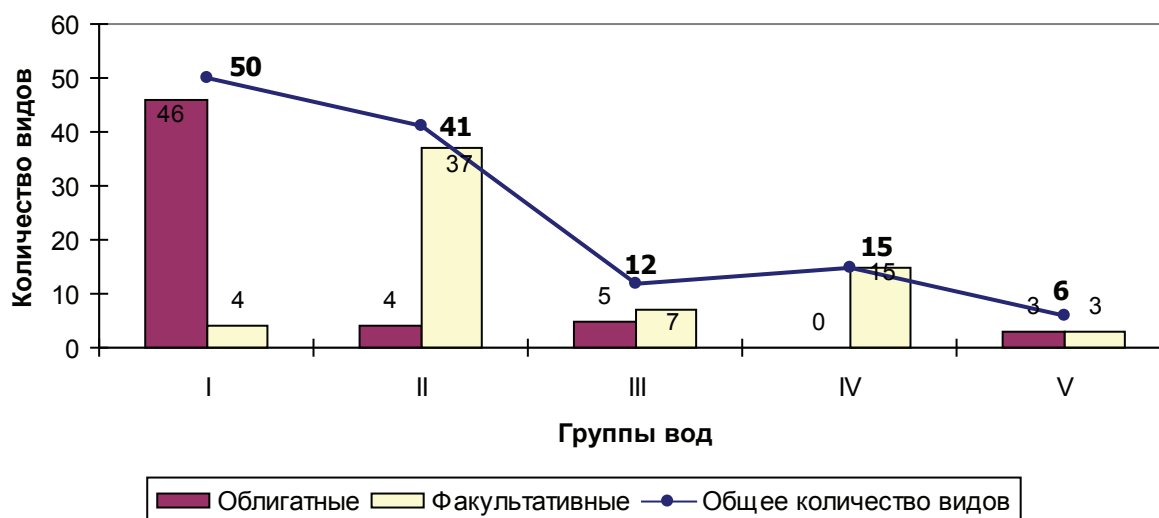


Рис. 2. Распределение видов «гидрофильного ядра» в группах вод по минерализации: I – пресные (до 1 г/л), II – условно-пресные (1,1–3 г/л), III – слабосоленые (3,1–8 г/л), IV – солоноватые (8,1–25 г/л), V – соленые (более 25 г/л)

В группу облигатных входят такие виды, как *Utricularia intermedia*, *Callitriche hermaphroditica*, *Myriophyllum sibiricum*, *M. spicatum*, *Ceratophyllum demersum*, *Persicaria amphibian*, *Nuphar lutea*, *Nymphaeae candida* и др. Факультативное включение представлено видами, произрастающими преимущественно в условно-пресных водах, это *Potamogeton pectinatus*, *Zannichellia palustris*, *Najas major* и *Caulinia flexilis*. Группа видов условно-пресных вод включает 134 вида (78,8% от общего количества видов), среди которых 30 являются облигатными и 104 – факультативными. Группа облигатных видов представлена *Potamogeton pectinatus*, *Typha laxmanii*, *Alisma gramineum*, *A. lanceolatum*, *Puccinellia dolicholepis*, *Juncellus pannonicus*, *Blysmus rufus* и др. Факультативное включение представлено преимущественно видами предыдущего комплекса – обитателями типично пресных вод. Виды «гидрофильного ядра», произрастающие в условно-пресных водах, составляют группу из 41 вида (70,6% от общего количества видов, входящих в «гидрофильное ядро»), из которых 4 вида отмечены как облигатное включение и 37 – факультативные. Облигатные виды представлены *Caulinia flexilis*, *Najas major*, *Zannichellia palustris* и *Potamogeton pectinatus*. Большинство видов этой группы вод близки по солевойносливости к предыдущей группе, так как отмечены при близких показаниях минерализации, незначительно превышающих рубеж в 1 г/л.

Группа видов, относящихся к слабосоленоватым водам, значительно меньше и включает 43 вида (25,2% от общего количества видов). Меньшее число видов объясняется тем, что минерализация приближается к универсальному барьеру – критической солености, разделяющей пресноводный и солоновато-водный флористические комплексы, при этом «зона стыка» по минерализации составляет диапазон в пределах 8–16 г/л. К облигатным видам слабосоленоватых вод отнесены *Marsilea strigosa*, *Potamogeton macrocarpus*, *P. marinus*, *Zannichellia pedunculata* Z. *repens*, *Najas marina*.

Факультативное включение (37 видов) характеризуется видами, произрастающими преимущественно в условно-пресных водах. Слабосоленоватые виды «гидрофильного ядра» представлены 12 видами (20,6% от общего количества видов, входящих в «гидрофильное ядро»), среди которых 5 облигатных и 7 факультативных.

Солоновато-водный флористический комплекс представлен видами, произрастающими в солоноватых (8,1–25 г/л) и соленых (более 25 г/л) водах. Это немногочисленная группа видов, не встречающихся в пресных, условно-пресных и слабосоленоватых водах. Группа видов солоноватых вод представлена 15 видами (8,8% от общего количества видов), они все факультативные. Наиболее интересны в солоновато-водном флористическом комплексе виды, произрастающие облигатно в соленых водах. Это высокоспециализированные виды, обитающие в хлоридно-натриевых

водах: *Ruppia drepanensis*, *Ruppia drepanensis* и *Althenia filiformis*. Данные по экологии и распространению этих видов рассмотрены в немногочисленных научных публикациях [2; 8; 9]. В Северном Казахстане данные виды обитают в диапазоне минерализации от 5 до 80 г/л, причем эти субэвригалитные виды не принадлежат к типично морским видам, диапазон солевойносливости которых расположен в пределах 30–40 г/л [8]. При исследовании озер Бельгачской степи в весеннее и летнее время (с мая по июль) все три вида были обнаружены нами в оз. Маралбай, причем в мае во время цветения этих видов минерализация воды в озере составляла 2,5 г/л, т.е. цветение происходило в условно-пресной воде. В июле в летнюю межень минерализация была уже 80 г/л, в это время шел процесс образования и созревания семян. Это новые данные по биологии и экологии этих видов. Таким образом, данные растения способны произрастать в воде при диапазоне минерализации от 1,5 до 80 г/л, при этом цветение происходит в условно-пресной воде. Во внутриконтинентальных водоемах такой диапазон минерализации не выдержит ни одно другое сосудистое водное растение. Факультативно в водах с минерализацией выше 25 г/л отмечены также *Triglochin palustre*, *Cyperus fuscus* и низкорослые угнетенные особи *Phragmites australis*. В целом, по преобладанию видов пресноводного флористического комплекса (98,2%) можно считать водную ценофлору юга Обь-Иртышского междуречья пресноводной. С учетом распределения видов по галогруппам водная ценофлора является солоноватоводно-пресноводной, при этом наличие высокоспециализированных видов соленых вод придает исследуемой ценофлоре оригинальность и неповторимость.

Интересно и своеобразно изменяются минерализация и состав флоры в реках исследованной территории, особенно если исток и устье реки находятся в бессточной области Обь-Иртышского междуречья (реки Кулунда и Бурла). В 2010 г. были взяты пробы воды (измерение суммы основных ионов) в летнюю межень (июль) у истоков, в среднем течении и в устье каждой из этих рек. В точке отбора проб был исследован флористический состав водных и прибрежно-водных растений на километровом участке реки. На р. Бурла были взяты пробы: 1) исток (отрезок реки от д. Высокая Грива до д. Прыганка); 2) среднее течение (отрезок реки от д. Хабары до д. Утянка); 3) устье (отрезок реки от д. Михайловка до д. Петровка). На р. Кулунда были взяты следующие пробы: 1) исток (отрезок реки от д. Куликово до д. Шарчино); 2) среднее течение (отрезок реки от д. Андроновое до д. Прослауха); 3) устье (отрезок реки ниже д. Шималино).

Степень минерализации воды оказывает непосредственное влияние на количественный состав флоры. С повышением минерализации воды происходит уменьшение видового разнообразия от истока до устья. В истоке рек отмечено наибольшее видовое

разнообразие – 68 видов (р. Бурла) и 51 (р. Кулунда). С увеличением минерализации число видов уменьшается, и в среднем течении рек отмечено только 42 вида в р. Бурла и 38 – в р. Кулунда. Сокращение видового разнообразия с повышением минерализации воды происходит за счет исчезновения как отдельных видов (*Calla palustris*, *Nymphoides peltata*, *Utricularia vulgaris*), так и целых семейств (Hydrocharitaceae, Callitrichaceae, Haloragaceae), имеющих высокую чувствительность к минерализации. В дальнейшем повышение минерализации воды ближе к устью приводит к исчезновению семейств Polygonaceae, Nymphaeaceae, Ceratophyllaceae, Callitrichaceae, некоторых представителей рода *Potamogeton*. В целом, смена видового состава исследуемых рек, связанная с увеличением минерализации, схожа с таковой в озерах.

В изученных водоемах юга Обь-Иртышского междуречья жесткость воды находится в прямолинейной зависимости от минерализации, при этом коэффициент корреляции этих показателей равен 0,99 [2]. В связи с очень сильной корреляцией указанных факторов выделенные нами на основании солевойности группы растений достаточно точно отражают и отношение видов к общей жесткости. Большинство видов пресноводного флористического комплекса обитают в водах, имеющих диапазон жесткости 0,8–82,0 мг-экв/л. Облигатные типично пресноводные виды отмечены в мягких и умеренно жестких водах

(0,8–6 мг-экв/л), это такие виды, как *Utricularia intermedia*, *Callitriche hermaphrodita*, *Myriophyllum sibiricum*, *M. spicatum*, *Ceratophyllum demersum*, *Persicaria amphibian*, *Nuphar lutea*, *Nymphaeae candida*, *Potamogeton natans*, *P. rutilus*, *Stratiotes aloides*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Nymphoides peltata*, *Utricularia vulgaris*. Эти виды могут быть использованы при индикации данного свойства воды, важного в техническом отношении. Кроме этого, в данную группу входят виды условно-пресных вод, которые имеют более широкий диапазон жесткости (до 18,2 мг-экв/л), и они не могут быть использованы как виды-индикаторы мягких и умеренно жестких вод. Группа видов, относящихся к слабосоленоватым и солоноватым водам, обитает в диапазоне жесткости от 0,8–83,0 мг-экв/л. Это виды, способные произрастать в водах от мягких до очень жестких. Среди данных видов можно отметить *Potamogeton pectinatus*, *P. macrocarpus*, *Typha laxmanii*, *Alisma gramineum* и др. Особый интерес вызывают виды солоновато-водного флористического комплекса, способные существовать в диапазоне жесткости от 84,2 до 425 мг-экв/л.

Знание количественных характеристик экологических спектров видов водных и прибрежно-водных растений необходимо для регулирования и прогнозирования развития водных экосистем. Кроме того, эти данные необходимы для использования гидрофитов как индикаторов среды при определении степени воздействия антропогенных факторов.

Библиографический список

1. Катанская В.М. Растительность степных озер Северного Казахстана и сопредельных с ним территорий // Озера семиаридной зоны СССР. – Л., 1970.
2. Свириденко Б.Ф. Флора и растительность водоемов Северного Казахстана. – Омск, 2000.
3. Зарубина Е.Ю., Дурников Д.А. Флора соленых озер Кулундинской равнины (юг Западной Сибири) // Сибирский экологический журнал. – Новосибирск, 2005.
4. Богдановская-Гиенэф И.Д. Водная растительность СССР // Ботанический журнал. – 1974.
5. Токарь О.Е. Оценка экологического состояния р. Ишим по данным фитоиндикации // Вестник Омского

государственного педагогического университета : электронный научный журнал. – 2006.

6. Культиясов И.М. Экология растений. – М., 1982.
7. Николаенко С.А. Экологическая структура флоры водоемов Тобол-Ишимской лесостепи (юг Тюменской области) // Гидробиотика 2010 : материалы I(VII) международной конференции по водным макрофитам. – Ярославль, 2010.
8. Таубаев Т.Т. Флора и растительность водоемов Средней Азии. – Ташкент, 1970.
9. Цвелев Н.Н. *Althenia Petit*. – новый для флоры СССР род водных растений // Ботанический журнал. – 1975.