

УДК 574.587 (282.247.431.2)

СОЛЕНОСТНАЯ ТОЛЕРАНТНОСТЬ СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА МАЛЫХ РЕК БАСЕЙНА СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ ВОЛГИ

© 2016 Т.Д. Зинченко, Л.В. Головатюк, В.К. Шитиков

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Статья поступила в редакцию 20.04.2016

Выполнен сравнительный анализ изменчивости видовой структуры сообществ макрозообентоса в водотоках бассейна Средней и Нижней Волги с разным уровнем минерализации. На основе ординационной модели распределения чувствительности видов по градиенту солёности осуществлено выделение таксономических групп в условиях реализуемых состояний речных экосистем при колебаниях солёности. Рассматривается возможность использования биотического индекса SPEAR_{salinity} для оценки эффекта влияния минерализации на донные сообщества.

Ключевые слова: малые реки, минерализация, макрозообентос, галотолерантность видов, структура донных сообществ.

Работа выполнена в рамках программы Президиума РАН «Биологическое разнообразие», раздела «Динамика биоразнообразия и механизмы обеспечения устойчивости биосистем» и при финансовой поддержке грантов РФФИ 13-04-10119 и 13-04-00740; 15-04-03341.

ВВЕДЕНИЕ

Разные виды гидробионтов в силу своих определенных онтогенетических и экологических особенностей обладают различной степенью толерантности по отношению к факторам среды: одни и те же условия могут оказаться оптимальными для одной композиции таксонов и неоптимальными для другой. Поэтому основной задачей факториальной экологии является оценка толерантных интервалов, в пределах которых наблюдается устойчивое развитие каждой симпатрической совокупности видов. При этом выделяется зона оптимума, наиболее благоприятная для жизнедеятельности вида, и критические точки, определяющие границы адаптационных реакций организмов, за пределами которых угнетающее действие данного фактора становится ярко выраженным [1].

Изменение видовой структуры сообществ макрозообентоса речных беспозвоночных определяется как влиянием гидрохимических факторов, связанных с концентрацией в воде различных ингредиентов, так и геоморфологией рельефа, скоростью течения и глубиной реки, типом донных отложений, степенью зарастаемости участков макрофитами и другими биотопическими особенностями. В настоящее время ис-

пользуются два основных подхода, позволяющие отделить эффекты химического воздействия от влияния естественных экологических факторов. Первый сводится к применению методик статистического анализа, которые оценивают доли вариации, объясняемые каждым из факторов, в основе которых положены различные многомерные алгоритмы ординации [2, 3]. Другой подход сводится к нахождению такого подмножества показателей, которые не зависят от естественных ландшафтно-экологических флуктуаций (например, устойчивость видовой структуры вдоль градиента речного континуума), но чувствительны к экстремальной изменчивости токсикантов техногенного происхождения. Важным инструментом для оценки экологического состояния пресноводных экосистем являются, например, различные биотические индексы, основанные на таксономических свойствах сообществ беспозвоночных: индекс р.Тренд (Trend Biotic Index), индекс ЕРТ (доля групп Ephemeroptera, Plecoptera и Trichoptera, %), соотношение числа наблюдаемых и ожидаемых таксонов (О/Е) и др. [4].

Содержание в воде минеральных веществ является важнейшим абиотическим фактором, оказывающим определяющее влияние на видовую структуру сообществ беспозвоночных. Объектом многочисленных исследований являются водные экосистемы с высоким естественным уровнем минерализации, которые географически широко распространены, особенно в аридных зонах мира [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]. Такие мезо- и гипергалинные речные системы представляют значительный интерес в плане развития в них галотолерантных и галофильных видов, часто редких, имеющих ограниченное распространение или относящихся

Зинченко Татьяна Дмитриевна, доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией экологии малых рек. E-mail: tdz@mail333.com

Головатюк Лариса Владимировна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии малых рек. E-mail: gollarisa@mail.ru

Шитиков Владимир Кириллович, доктор биологических наук. E-mail: stok1946@gmail.com

к эндемичным формам [5, 12]. Можно привести пример обобщающего сравнительного анализ изменения видового состава гидробионтов в водотоках с различной степенью минерализации, выполненного для отдельных регионов Австралии [13]. На основе этих данных был разработан биотический индекс $SPEAR_{\text{salinity}}$ для оценки эффекта влияния минерализации на пресноводные сообщества, учитывающий различную физиологическую чувствительность организмов отдельных видов, а также особенности их размножения, питания и кислородного обмена [14].

В настоящей статье проводится обобщение многолетних данных гидробиологических исследований, проводимых на малых реках Среднего и Нижнего Поволжья, с целью сравнительного анализа изменчивости видовой структуры сообществ макрозообентоса в водотоках с различной минерализацией вод. На основе построения статистической модели распределения чувствительности видов по градиенту минерализации осуществляется выделение таксономических групп с разной степенью галотолерантности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Гидробиологическую съемку сообществ донных организмов проводили на 33 малых и средних реках Среднего и Нижнего Поволжья, в том числе, на 6 соленых реках в бассейне оз. Эльтон [15, 16]. Исследования выполняли в рамках гидробиологического мониторинга [17] в разные месяцы вегетационного периода 1990-2015 гг. с различной частотой отбора проб. Поскольку для статистического анализа необходимо условие однородности выборочного усилия при сопоставлении видового состава, то вся совокупность из 772 проб, взятых для расчетов, была разделена на 16 «кластеров», объединенных географической общностью и сходной морфологией рельефа. Подробные данные о составе кластеров, уровне минерализации вод, числе станций наблюдений и объеме гидробиологических исследований представлены в табл. 1.

Образцы макрозообентоса собирали в прибрежье и медиали рек дночерпателем Экмана-Берджи или гидробиологическим скребком. Фиксацию организмов и последующую камеральную обработку собранного материала проводили согласно общепринятым методикам [18, 19]. Всего было выявлено 666 видов и таксонов водных беспозвоночных (табл. 1).

Статистическая обработка проводилась с целью оценки градиента показателя, определяемого нами как «*максимум соленостной толерантности (МСТ)*». Ему соответствуют значения минерализации (мг/л), при которых в среднем предполагается наибольшее обилие (т.е. численность + встречаемость) каждого обнаруженного вида гидробионтов. Для расчета МСТ использовался

один из методов ординации – неметрическое многомерное шкалирование (NMS, nonmetric multidimensional scaling [20]).

Различие видовой структуры бентосных сообществ для каждой пары i и j выделенных кластеров оценивались по формуле Брея-Кертиса, которая обеспечивала по сравнению с другими метриками дистанций (Жаккара, Кульчицкого, Евклида и др.) максимум коэффициента корреляции Спирмена ($\rho = 0,68$) между искомой ординацией и фактором минерализации:

$$d_{ij} = 1 - 2 \sum_{k=1}^s \min[a_{ik}, a_{jk}] / \sum_{k=1}^s (a_{ik} + a_{jk}); a_k = p_k \log(N_k),$$

где p_k – относительная частота встречаемости, N_k – средняя численность (экз/м²) k -го вида, $k = 1, 2, \dots, s$, $s = 666$ – число обнаруженных видов. С учетом всех комбинаций i и j формировалась матрица взаимных расстояний D размерностью 16×16 .

Для получения NMS-ординации взаимные расстояния между точками отображаемых кластеров рек на плоскости с латентными осями S_1 и S_2 подбирались таким образом, чтобы внести минимальные искажения по сравнению с исходной конфигурацией объектов в многомерном пространстве видов. Одновременно оценивались среднезвешенные координаты отдельных видов донных организмов на NMS-проекции, устанавливающие их положение относительно выделенных местообитаний, в результате чего строилась совмещенная ординационная диаграмма (биplot – см. рис. 1).

Значения максимумов соленостной толерантности МСТ для каждого вида макрозообентоса рассчитывались следующим образом:

- по эмпирическим значениям минерализации вод каждого кластера рек подбирались трехмерная обобщенная аддитивная модель GAM [21] от координат S_1 и S_2 с использованием многомерных сглаживающих сплайнов;

- по построенной модели находились прогнозируемые значения \hat{Y}_k , соответствующие координатам наиболее вероятного положения каждого k -го вида на NMS-проекции, $k = 1, 2, \dots, s$, а также предикторные ошибки регрессии.

Расчеты проводились с использованием статистической среды R v. 3.02 и ее пакетов *vegan* и *mgcv*.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ видового разнообразия донных сообществ малых рек на исследуемой территории показал четкую дифференциацию водотоков в зависимости от минерализации. Как свидетельствует ординационная диаграмма на рис. 1, гидробиологические пробы из слабо минерализованных рек (1-12) и из притоков оз. Эльтон (13-16) заняли крайние положения на главной

Таблица 1. Состав изученных рек, объем и результаты гидробиологических исследований

Реки, составляющие кластеры	Место впадения реки	Соленость, мг/л		Стан-ции	Пробы	Виды
		Меди-ана	Диапа-зон			
Слабо минерализованные реки						
1. Сок (верхнее течение)	Саратовское водохранилище	563	537 ÷ 608	7	52	184
2. Сок (ниже с. Исаклы)	Саратовское водохранилище	476	184 ÷ 970	7	50	173
3. Байтуган	р. Сок	577	468 ÷ 625	8	67	230
4. Кондурча	р. Сок	772	377 ÷ 915	13	26	112
5. Липовка, Чесноковка, Шлама, Буян, Камышла, Сургут, Черновка.	рр. Сок и Кондурча	545	127 ÷ 1205.8	21	22	151
6. Уса, Маза, Муранка, Тайдаков	Куйбышевское водохранилище	310	260 ÷ 360	30	69	155
7. Б.Кинель	Саратовское водохранилище	846.5	453 ÷ 889	23	28	146
8. Самара с притоками Домашка и Съезжая	Саратовское водохранилище	462.5	263 ÷ 1310	20	26	146
9. Чапаевка (верхнее течение)	Саратовское водохранилище	752	729 ÷ 773	11	44	144
10. Чапаевка (среднее течение)	Саратовское водохранилище	1221	615.5 ÷ 1360.5	21	93	167
11. Б. Иргиз, Чагра	Саратовское водохранилище	772	309 ÷ 2306	23	24	114
12. Еруслан с притоками Гашон, Желт. Солянка, Сол. Куба, Яма	Волгоградское водохранилище	533	240 ÷ 1570	44	23	116
Итого				207	522	632
Соленые реки						
13. Хара	оз. Эльтон	13269	6548 ÷ 41375	18	70	50
14. Солянка, Ланцуг	оз. Эльтон	16949	4636 ÷ 30003	13	67	58
15. Б. Саморода, М. Саморода	оз. Эльтон	9870	3973 ÷ 96571	7	70	49
16. Чернавка, Карантинка	оз. Эльтон	28672	12145 ÷ 31695	8	43	29
Итого				46	250	85
Всего				253	772	666

оси S_1 неметрической проекции. Рассчитанный коэффициент корреляции между уровнем минерализации и проективными координатами s_1 ($R^2 = 0.976, p < 0.001$), отражает тесную статистическую зависимость вариации структуры сообществ макрозообентоса (по частоте встречаемости выделенных видов) с соленостью вод. Об этом же свидетельствует и расположение изолиний минерализации на рис. 1, полученных по модели трехмерного сглаживания.

Вторая ось ординации S_2 определяет изменчивость структуры донных сообществ, обуслов-

ленную широтным градиентом и ландшафтно-географическими особенностями. В частности, наблюдается вертикальная упорядоченность кластеров от равнинных рек лесостепной зоны - рр. Байтуган (3) и Сок (1 в верхнем течении) до р. Б. Иргиз (11) и Еруслан (12), протекающих в более засушливых степных регионах.

С ординацией рек тесно связана ординация групп донных организмов (см. рис. 1), где местоположение каждого вида рассчитывалось как средневзвешенное от нескольких его возможных местообитаний. Еще раз обратим внимание на

тот важный факт, что при расчете координат точек биплота ординационной диаграммы не учитывались факторы среды, а только взаимное различие-сходство видовой структуры сообществ бентоса для 16 групп водотоков. Однако, поскольку оказалась выявлена высокая статистическая связь между структурой сообществ и уровнем солёности водотоков, можно построить трехмерную сглаживающую поверхность распределения логарифма минерализации по ординационной диаграмме и рассчитать для каждого вида значение толерантности MST , при котором появление вида наиболее вероятно. Построенная аддитивная модель в форме сглаживающего сплайна с 6 степенями свободы имела коэффициент детерминации $R^2 = 0.946$ и предикторную ошибку не более 30 мг/л.

Вместе с тем, при интерпретации результатов нами допускается определенная условность, поскольку в составе исходных данных отсутствовали водотоки в промежуточном диапазоне солёности M от 1200 до 10000 мг/л. Например, вид *Ischnura elegans* 4 раза встретился в реках Сок, Шлама и Съезжая ($M = 450-550$ мг/л) и 7 раз в высокоминерализованных притоках оз. Эльтон ($M > 10000$ мг/л), что привело к рассчитанному по модели

средневзвешенному значению $MST = 1805$ мг/л. Поскольку реки с такой солёностью отсутствуют в исходной базе данных, эту величину нельзя обосновать эмпирическими параметрами. Поэтому показатель максимума солёностной толерантности использовался нами в основном для группировки: при MST до 1000 мг/л виды считались олигогалобными (пресноводными), при MST свыше 10000 мг/л – полигалобными (галофильными), а имеющие промежуточные значения – мезогалобными эвригалинными видами.

Из данных табл. 1 нетрудно сделать вывод, что солёные реки существенно уступают слабо минерализованным по своему видовому богатству. Если ограничиться видами, встретившимися в пробах не менее 10 раз (или не менее 3 раз в солёных реках), то из 183 видов галофильными можно считать 27, а эвригалинными – 16 (см. списки в табл. 2).

Дополнительными показателями группировки является соотношение абсолютных или относительных частот встречаемости вида в солёных и слабоминерализованных водотоках. Например, для *Nais elinguis* соотношение возможности обнаружения составляет $\phi = (22/250) /$

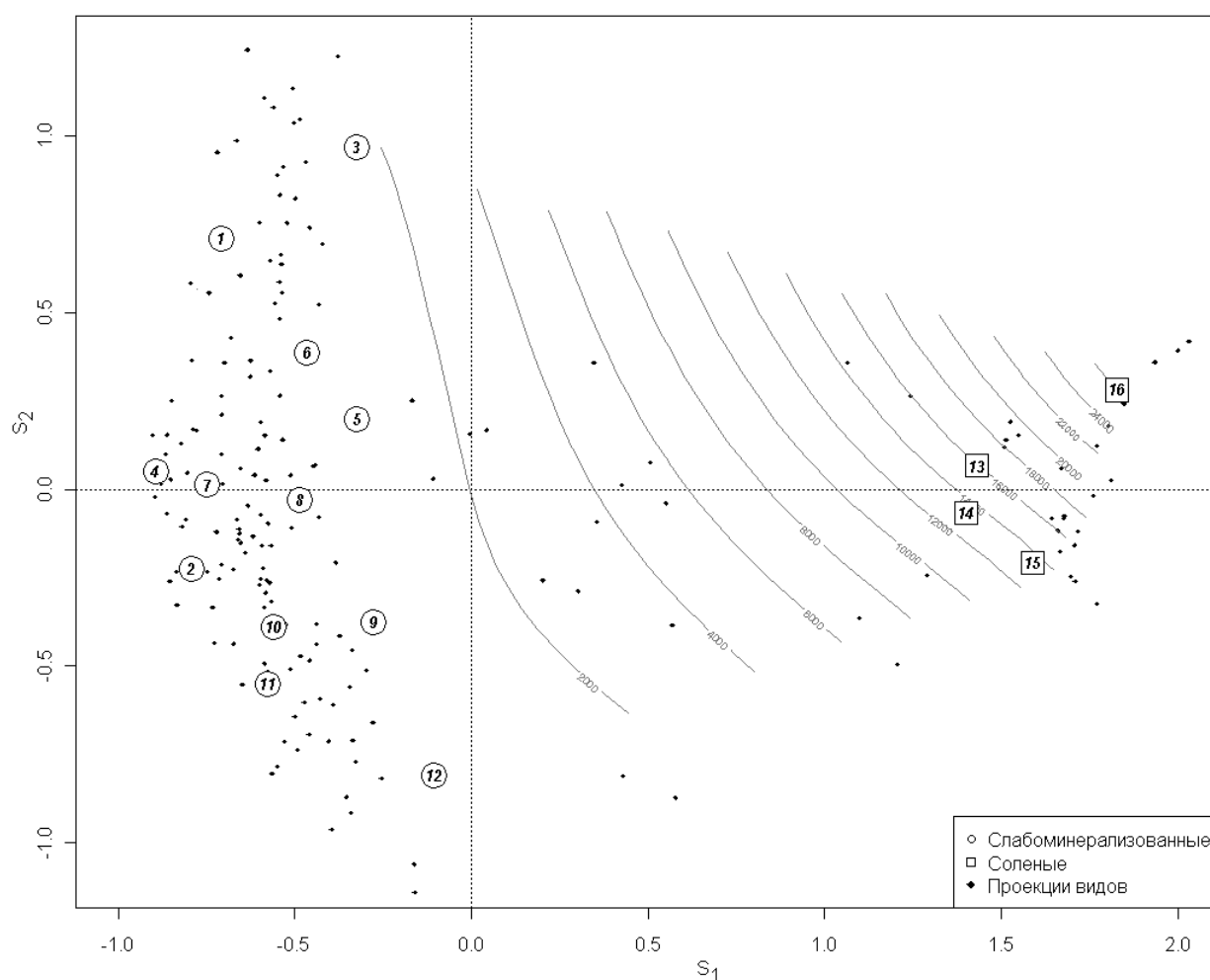


Рис. 1. Ординация сообществ макрозообентоса методом многомерного неметрического шкалирования. Обозначения номеров кластеров рек – в табл. 1. Серым цветом показаны изолинии минерализации воды (мг/л), рассчитанные по аддитивной модели

Таблица 2. Таксономический состав галофильных и эвригалинных групп мекрозообентоса (М – минерализация, МСТ = максимум соленостной толерантности, г/л)

Таксон высшего уровня	Наименование вида	Встречаемость			МСТ
		Все-го	М <1200	М > 10000	
Галофильные виды					
Chironomidae	Cricotopus salinophilus	149		149	30497
Coleoptera	Berosus bispina	10		10	29793
Chironomidae	Chironomus salinarius	110		110	29175
Oligochaeta	Enchytraeus issykkulensis	5		5	28566
Stratiomyidae	Stratiomys sp.	3		3	25737
Ceratopogonidae	Palpomyia sp.	70	3	67	25691
Coleoptera	Hygrotus enneagrammus	25		25	23951
Coleoptera	Berosus fulvus	16		16	22402
Culicidae	Culex sp.	8		8	19682
Coleoptera	Enochrus quadripunctatus	8	1	7	17559
Ephydriidae	Ephydra sp.	71	11	60	17172
Chironomidae	Tanytarsus kharaensis	55		55	16917
Ceratopogonidae	Dasyhelea sp.	4		4	16876
Heteroptera	Sigara lateralis	14		14	16834
Oligochaeta	Paranais simplex	39		39	16776
Chironomidae	Cricotopus (Isocladus) ornatus	13		13	16770
Heteroptera	Paracorixa concinna	10		10	16770
Chironomidae	Chironomus aprilinus	54		54	16748
Amphipoda	Gammarus lacustris	41		41	16564
Chironomidae	Glyptotendipes salinus	60		60	16408
Coleoptera	Berosus sp.	23	3	20	16378
Ceratopogonidae	Mallochohelea sp.	4		4	16054
Chironomidae	Microchironomus deribae	55		55	16043
Oligochaeta	Nais elinguis	27	5	22	13982
Heteroptera	Sigara sp.	35		35	13444
Muscidae	Lispe sp.	4	1	3	12943
Stratiomyidae	Nemotelus sp.	12	4	8	10919
Эвригалинные виды					
Stratiomyidae	Odontomyia sp.	14	5	9	7519
Coleoptera	Paracymus aeneus	9	1	8	7350
Coleoptera	Enochrus sp.	6	1	5	6258
Chironomidae	Cricotopus caducus	4	1	3	4303
Oligochaeta	Limnodrilus profundicola	34	14	20	2057
Odonata	Ischnura elegans	11	4	7	1805
Chironomidae	Paratanytarsus inopertus	5	1	4	1694
Heteroptera	Sigara assimilis	9	5	4	1690
Ceratopogonidae	Sphaeromias pictus (miricornis)	32	11	21	1529
Chironomidae	Cricotopus sp.	34	15	19	1527
Psychodidae	Psychoda sp.	13	7	6	1493
Ceratopogonidae	Culicoides sp.	209	133	76	1323
Chironomidae	Glyptotendipes paripes	9	3	6	1213
Chironomidae	Cricotopus gr.sylvestris	146	84	62	1170
Oligochaeta	Nais pseudoobtusa	9	6	3	1050
Oligochaeta	Nais communis	25	15	10	1002

(5/522) = 9.2, т.е. вероятность встретить этот вид в соленых водотоках почти в 10 раз выше, чем в слабоминерализованных.

Данные о галотолерантности видов в донных сообществах могут быть использованы для анализа речных экосистем в условиях происходящих

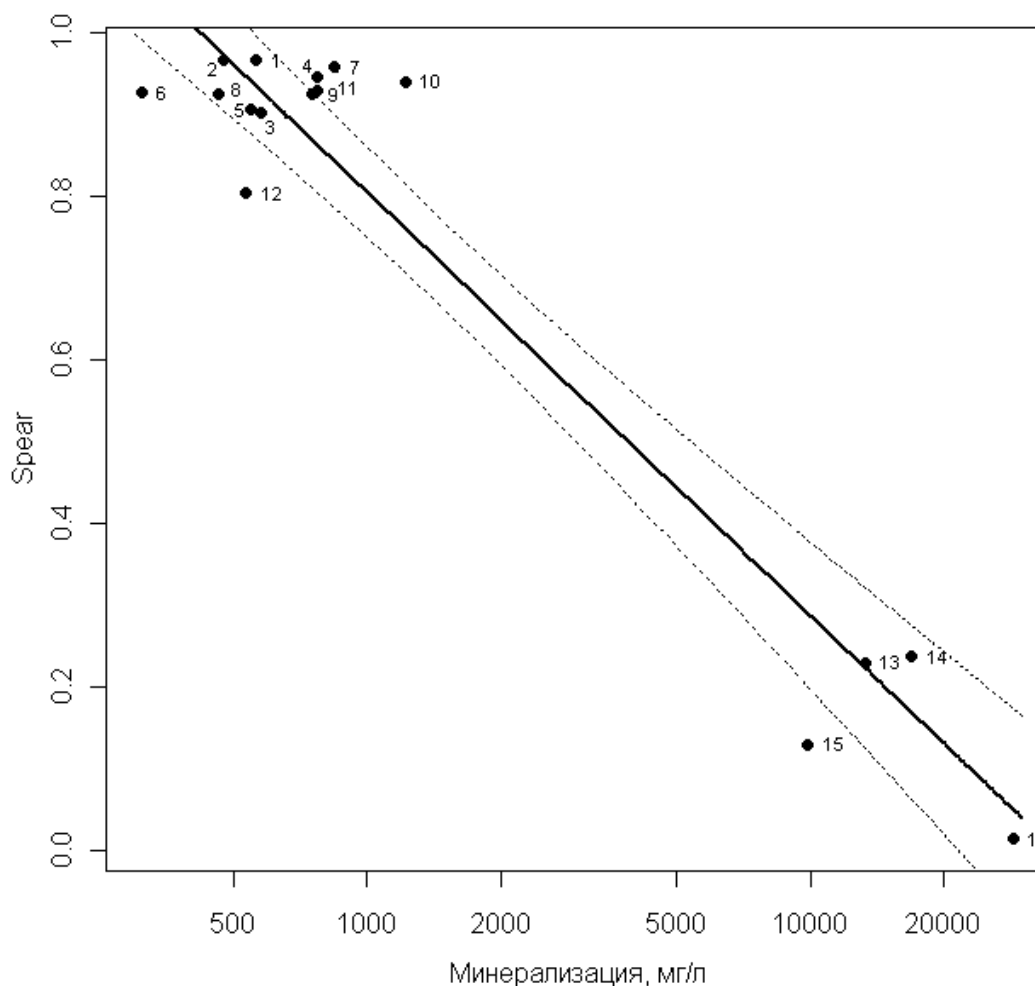


Рис. 2. Зависимость между структурой сообществ макрозообентоса, выраженной индексом $SPEAR_{\text{salinity}}$, и минерализацией в логарифмической шкале для водотоков Среднего и Нижнего Поволжья. Обозначения номеров кластеров рек – в табл. 1

климатических изменениях. Например, для оценки эффекта влияния засоления на пресноводные сообщества рек Южной Австралии [14] был предложен биотический индекс, который вычисляется как относительное обилие видов, чувствительных к воздействию минерализации, к общей численности организмов:

$$SPEAR_{\text{salinity}} = \frac{\sum_{i=1}^s \log(x_{i+1} + 1) y_i}{\sum_{i=1}^s \log(x_{i+1} + 1)},$$

где x_i – обилие (численность) вида i , $y_i = 1$, если вид i классифицирован как «вид, чувствительный к воздействию фактора», и $y_i = 0$ в противном случае, s – общее число анализируемых таксонов.

Нами были выполнены расчеты этого индекса применительно к рекам Среднего и Нижнего Поволжья. В качестве «чувствительных видов» $y_i = 1$ принимались все обнаруженные таксоны, за исключением перечисленных в табл. 2, которым было присвоено значение $y_i = 0$. На рис. 2 представлена модель регрессии, построенная по данным табл. 1:

$$SPEAR_{\text{salinity}} = 2.36 - 0.225 \ln(M), \quad (R^2 = 0.925, p \cong 0),$$

которая может служить для градуировки искомой зависимости и использоваться для прогноза уровня солености тестируемого водотока по рассчитанной величине SPEAR.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gauch H.G., Whittaker R.H. Coenocline simulation. // Ecology. 1972. Vol. 53. P. 446-451.
2. Legendre P., Legendre L. Numerical Ecology. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier Sci. BV, 2012. 990 p.
3. Шутиков В.К., Зинченко Т.Д., Розенберг Г.С. Макроэкология речных сообществ: концепции, методы, модели. Тольятти: Кассандра, 2012. 257 с.
4. Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Минск: Орех, 2004. 125 с.
5. Williams W.D. Salinization of rivers and streams: an important environment hazard // Ambio. 1987, Vol. 16. P. 180-185.
6. Williams W.D. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes // Hydrobiologia. 1988, Vol. 381, P. 191-201.
7. Williams W.D. Anthropogenic salinisation of inland waters // Hydrobiologia. 2001, Vol. 466. P. 329-337.
8. Laprise R., Dodson J.J. Nature of environmental variability experienced by benthic and pelagic animals

- in the St. Lawrence Estuary, Canada // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 94. 1993. P. 129-139.
9. Aquatic Coleoptera and Heteroptera assemblages in water bodies from ephemeral coastal streams ("ramblas") of south-eastern Spain / *Moreno J.L., Millán A., Suarez M.L., Vidal-Abarca M.R., Velasco J.* // *Archiv hydrobiol.* 1997, Vol. 141, P. 93-107.
 10. *Williams D.D., Williams N.E.* Aquatic insects in an estuarine environment: densities, distribution and salinity tolerance // *Freshw. Biol.* 1998. Vol. 39. P. 411-421.
 11. Структурно-функциональные характеристики экосистем малых соленых озер Крыма / Е.В. Балущкина, С.М. Голубков, М.С. Голубков, Л.Ф. Литвинчук // *Биология внутр. вод.* 2007. №2. С. 11-19.
 12. *Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В.* Соленостная толерантность донных организмов речных вод (обзор) // *Аридные экосистемы.* 2013. Т. 19. № 3(56). С. 5-11.
 13. The definition of species richness used by species sensitivity distributions approximates observed effects of salinity on stream macroinvertebrates / *Kefford B.J., Marchant R., Schäfer R.B., Metzeling L., Dunlop J.E., Choy S.C., Goonan P.* // *Environ Pollut.* 2011. Vol. 59. P. 302-310.
 14. A similarity-index based method to estimate chemical concentration limits protective for ecological communities / *Kefford B.J., Schäfer R.B., Liess M., Goonan P., Metzeling L., Nugegoda D.* // *Environmental Toxicology and Chemistry.* 2010. Vol. 29, P. 2123-2131.
 15. *Зинченко Т.Д.* Эколого-фаунистическая характеристика хирономид (Diptera, Chironomidae) малых рек бассейна Средней и Нижней Волги (Атлас). Тольятти: Кассандра, 2011. 258 с.
 16. *Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В.* Биоразнообразие и структура сообществ макрозообентоса соленых рек аридной зоны юга России (Приэльтонье) // *Аридные экосистемы.* 2010. Т. 16. № 3(43). С. 25-33.
 17. *Зинченко Т.Д.* Методологический подход к проведению мониторинговых исследований природных гидросистем (на примере Волжского бассейна) // *Чтения памяти В.Я. Леванидова, вып. 4.* 2008. Владивосток. С. 25-30.
 18. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. Л. 1983. 59 с.
 19. Особенности пресноводных экосистем малых рек Волжского бассейна / под ред. Г.С. Розенберга, Т.Д. Зинченко. Тольятти: Кассандра, 2011. 322 с.
 20. *McCune B., Grace J.B., Urban D.L.* Analysis of Ecological Communities. Gleneden Beach (Oregon): MjM Software, 2002. 285 p.
 21. *Wood S.N.* Generalized Additive Models: An Introduction with R. Chapman, Hall/CRC, 2006. 410 p.

SALINITY TOLERANCE OF MACROZOOBENTHOS COMMUNITIES IN SMALL RIVERS OF THE MIDDLE AND LOWER VOLGA RIVER BASIN

© 2016 T.D. Zinchenko, L.V. Golovatyuk, V.K. Shitikov

Institute of Ecology of the Volga river Basin of Russian Academy of Sciences, Togliatti

There was conducted a comparative analysis of the variability of the species structure of macrozoobenthos communities in the basin waterways of the Middle and Lower Volga with various levels of mineralization. On the basis of the ordination model sensitivity distribution of species along the gradient of salinity one carried out the selection of taxonomic groups in the conditions of realizable states of river ecosystems during salinity rate fluctuations. We consider the application of SPEAR_{salinity} biotic index for the assessment of the effect of salinity on the benthic communities.

Keywords: small rivers, salinity, macrozoobenthos, halotolerant species, structure of benthic communities.

Tatiana Zinchenko, Doctor of Biology, Professor, Head at the Laboratory of Small Rivers. E-mail: tdz@mail333.com

Larisa Golovatyuk, Candidate of Biology, Senior Research Fellow of Laboratory of Small Rivers.

E-mail: gollarisa@mail.ru

Vladimir Shitikov, Doctor of Biology.

E-mail: stok1946@gmail.com