

УДК 577.472:591.553 (282.247.41)

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОТОКОВ ДЕЛЬТЫ Р. ВОЛГИ

© 2010 <sup>1</sup>Д.С. Даирова, <sup>2</sup>Т.Д. Зинченко\*

<sup>1</sup>Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти (Россия)

<sup>2</sup>Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти (Россия)

Поступила 21 февраля 2008 г.

Проведена сравнительная оценка качества воды с использованием интегральных индексов и традиционных методов на примере детального анализа качества воды и экологического состояния Белинского канала, являющегося одним из основных магистральных рыбоходных каналов дельты р. Волги; показана необходимость модификации интегральных индексов с учетом региональных химических и биологических показателей.

Ключевые слова: экосистема, дельта р. Волги, мониторинг, методологический подход, качество воды, макрозообентос.

### **Dairova D.S., Zinchenko T.D. THE METHODOLOGICAL APPROACH IN A RATING OF AN ECOLOGICAL STATUS OF RESERVOIRS OF THE VOLGA DELTA**

The comparative rating of quality of water with use of integrated indexes and traditional methods on an example of the detailed analysis of quality of water and ecological status Belinsky of the channel being one of the basic channels of the Volga delta is carried out; the necessity of updating of integrated indexes is shown in view of regional chemical and biological parameters.

Key words: ecological system, the Volga delta, monitoring, methodological approach, quality of water, benthic macroinvertebrates.

В системе мониторинга последствий антропогенного загрязнения водной среды большое место занимает анализ биологической структуры сообществ, позволяющий оценить состояние водоема с помощью разнообразных методов биоиндикации. В отличие от гидрофизических и гидрохимических методов, позволяющих судить преимущественно об интенсивности антропогенной нагрузки, биологический метод дает возможность судить о последствиях этих воздействий, о степени нарушения «нормального» состояния экосистем. При этом важную роль отводят исследованиям реакции на загрязнение донных сообществ, поскольку их результаты позволяют интегрально оценить степень воздействия неблагоприятных внешних факторов на биоту (Маркушин, 1974; Межов, 1986; Балущкина, 2002; Макеев, Шитиков и др., 2004).

Донные беспозвоночные и их сообщества, благодаря особенностям их экологии, могут служить объективными показателями изменений внешней среды, в том

---

\* *Даирова Динара Сруровна*, кандидат биологических наук, доцент кафедры управления промышленной и экологической безопасностью. *Зинченко Татьяна Дмитриевна*, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией экологии малых рек.

числе и антропогенного характера. Они удовлетворяют многим требованиям к биоиндикаторам, среди которых повсеместная встречаемость, достаточно высокая численность, относительно крупные размеры, удобство сбора и обработки, сочетание приуроченности к определенному биотопу с определенной подвижностью, достаточно продолжительный срок жизни, чтобы аккумулировать загрязняющие вещества за длительный период (Хокс, 12977; Финогенова, Алимов, 1976; Тарасов, 1990; Баканов, Козловская, 2000; Зинченко, Головатюк, 2000; Балушкина, 2002; Щербина, 2002; Домбровский, 2003; Семенченко, 2004; Шитиков и др., 2004).

Макрзообентос как один из компонентов гидробиоценозов используется нами для оценки экологического состояния водотоков и водоемов дельты р. Волги.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

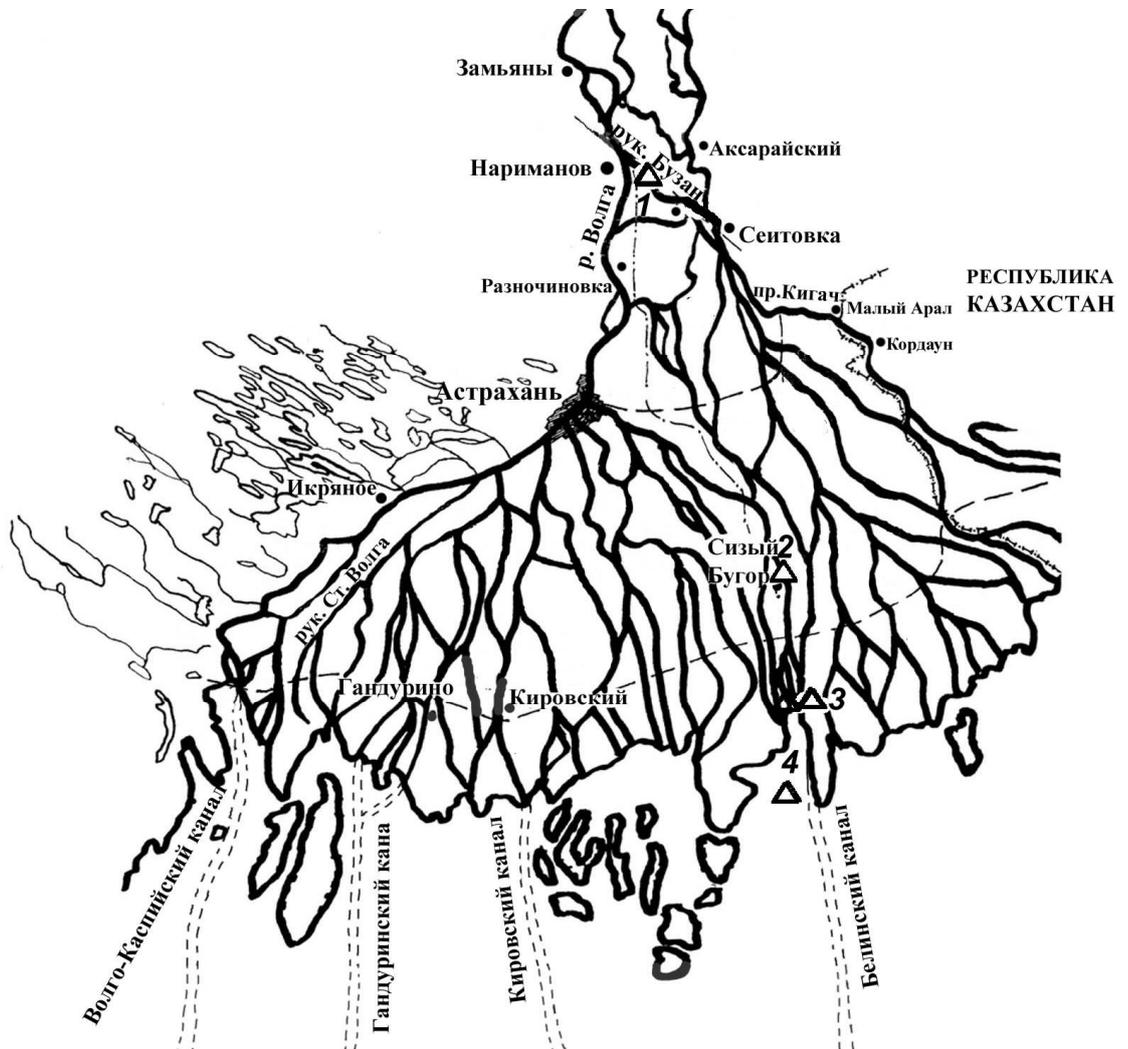
Для оценки качества воды были использованы **традиционные индексы**: индекс сапробности Панле-Букка в модификации Сладечека с использованием региональных индексов для отдельных видов организмов (1); Биотический индекс Вудивисса с использованием модификации Б.М. Насибулиной (2); индекс Гуднайта-Уитлея (3); индекс видового разнообразия Шеннона (4); интегральный индекс экологического состояния водных экосистем ИИЭС, рассчитанный по биологическим показателям (5), интегральный показатель IP (6).

Сравнительная оценка качества воды с использованием **интегральных индексов** и традиционных методов осуществлялась в течение вегетационного сезона на примере детального анализа качества воды и экологического состояния Белинского канала. За основу были взяты такие индексы, как ИИЭС (интегральный индекс экологического состояния), IP (интегральный показатель), ИГ.-У. (индекс Гуднайта-Уитлея), БИ (Биотический индекс Вудивисса в модификации Б.М. Насибулиной (1995) и S (индекс сапробности), которые были рассчитаны для каждой станции отбора проб (верхнее течение рукава Бузан, «Сизый Бугор», «7-я Огневка», «12-я Огневка», русло, левое и правое забровочные пространства). Расположение Белинского канала в системе дельты р. Волги показано на рисунке.

Белинский канал является одним из крупнейших магистральных каналов-рыбоходов в дельте р. Волги (общая протяженность Белинского канала – 110 км). Каналы-рыбоходы, поддерживаемые дноуглубительными работами, сохраняют в сочетании с Волго-Каспийским каналом основную функцию по обеспечению связи между речной системой и морем, и тем самым – анадромных миграций рыб (Катунин, 2002). Белинский канал представлен подсистемой Шага-Бушмы и Таловой (система рукава Бузан). Рукав Бузан, является самой крупной русловой системой дельты р. Волги, он служит границей между районом восточных ильменей и центральным районом дельты. Водами рукава Бузан питаются ильмени восточной части дельты. Непосредственно после своего отделения, примерно на протяжении 12 км, он направлен с запада на восток, затем поворачивает на юго-восток и в дальнейшем сохраняет это направление до впадения в море. Бузан является крайним восточным рукавом, самым мощным по объему стока, имеет наибольшую длину из всех рукавов дельты (Байдин и др., 1956). В настоящее время на долю системы Бузана в зависимости от водности реки приходится около 33-38% стока р. Волги. В данной системе можно выделить два основных магистральных направления стока: западное (Шмагина – Шага – Бушма – Белинский банк) и центральное (Бузан у с. Красный Яр – пос. Володарский – с. Бакушево). По западному направлению поступает ~ 1/3, по центральному – свыше 1/2 стока Бузана (Полонский, 1995).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для сравнительного анализа индексов была проведена оценка качества воды в течение вегетационного сезона. Показатели ИИЭС, рассчитанные по биологическим показателям (ИБС) изменялись от 1,4 до 3,0 в апреле; от 1,5 до 2,3 - в июне; от 1,5 до 3,0 – в сентябре, что согласно градации этого индекса соответствует зонам экологического кризиса и экологического бедствия (таблица) в соответствии с нормативными документами (Критерии..., 1994). Зона экологического бедствия установлена в апреле для района 12-й Огневки (левое забровочное пространство), в июне и сентябре для этого же участка – на правом и левом забровочном пространстве. Экологическое состояние всех остальных участков Белинского канала характеризуется по ИИЭС как «экологический кризис». Наиболее высокие показатели ИИЭС (2,8-3,0) характерны во все периоды для верхнего течения рукава Бузан и станции, расположенной в районе с. Сизый Бугор.



**Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб Белинского канала:**  
1 – верхнее течение рукава Бузан, 2 – ст. «Сизый Бугор»,  
3 – ст. «7-я Огневка», 4 – ст. «12-я Огневка»

Показатели ИИЭС, рассчитанные по биологическим (ИБС) и гидрохимическим (ИХС) показателям в течение всего исследуемого периода находились в пре-

делах 2,2-3,0, что характеризует все станции Белинского канала как зоны экологического кризиса. При оценке качества воды по другим показателям, как это видно из табл. 1, классы качества воды на всех станциях Белинского канала были в пределах III и IV класса. Особенно показательны значения биотического индекса и индекса сапробности, которые согласуются с результатами расчета ИИЭС с учетом биологических и химических показателей. Напомним, что в расчет химических показателей нами были заложены не показатели ХПК, как это предлагается при расчете ИИЭС, а концентрации нефтепродуктов. В результате были получены адекватные результаты расчета ИИЭС для станций Белинского канала с учетом приоритетных загрязняющих компонентов.

По результатам расчета индекса IP все участки характеризуются как «умеренно загрязненные» и «загрязненные» (табл.). Сходство показателей двух этих интегральных индексов заключается в том, что на непрерывной шкале индекса IP наиболее чистые участки со значениями 156,75 – 158,70 характерны для верхних участков канала.

Значения Биотического индекса (БИ) в апреле по исследуемым станциям Белинского канала соответствовали 6 баллам (табл.). Качество воды участков оценивалось как «загрязненное» (IV класс чистоты вод). Летом значения БИ также соответствовали IV классу. Наибольший диапазон колебаний - от 8 до 3 баллов отмечался в сентябре, что характеризовало участки как «умеренно загрязненные» и «грязные» (III-V класс). Значение БИ, равное 3 (V класс) характерно для наиболее загрязненного участка 12-й Огневки (левое забровочное пространство), что соответствует зоне экологического бедствия при расчетах по ИИЭС с учетом биологических показателей.

Индекс сапробности Пантле-Букка, рассчитанный по численности видов характеризовал участки водотока в течение всего сезона как «загрязненные» (IV класс), за исключением станций – исток рукава Бузан и 12-я Огневка (левое и правое забровочное пространство) в апреле, где характеристика воды, оцениваемая по сапробности соответствовала β-мезосапробной зоне, тогда как по индексам ИИЭС и БИ участок был загрязненным. Следует констатировать, что значения используемых индексов практически не меняются в течение сезонов исследований.

Таблица

Сравнительная оценка качества воды Белинского канала с использованием различных интегральных индексов (ИИЭС, IP) и традиционных методов (И Г.-У., БИ, S)

Станции	ИБ С/ И ИЭС С	Категория водоема	IP	Класс качества вод	И Г.-У.	Класс качества вод	БИ	Класс качества вод	S	Класс качества вод
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Апрель</b>										
Верхнее течение рукава Бузан	2,8*/3,0**	Зона экологического кризиса/ Зона экологического кризиса	,	-	,	-	6	Загрязненные (IV)	2,39	Умеренно загрязненные (III)

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
«Сизый Бугор»	3,0/3,0	Зона экологического кризиса/ Зона экологического кризиса	158,70	Умеренно загрязненные	17,95	Очень чистые (I)	6	Загрязненные (IV)	2,70	Загрязненные (IV)
«7-я Огневка»	2,5/2,8	Зона экологического кризиса/ Зона экологического кризиса	156,75	Умеренно загрязненные	15,00	Очень чистые (I)	6	Загрязненные (IV)	2,74	Загрязненные (IV)
«12-я Огневка», русло	2,7/2,9	Зона экологического кризиса/ Зона экологического кризиса	190,03	Умеренно загрязненные	48,28	Умеренно загрязненные (III)	6	Загрязненные (IV)	2,74	Загрязненные (IV)
«12-я Огневка», правое забровочное пространство	2,2/2,7	Зона экологического кризиса/ Зона экологического кризиса	.	-	.	-	6	Загрязненные (IV)	2,52	Загрязненные (IV)
«12-я Огневка», левое забровочное пространство	1,4/2,3	Зона экологического бедствия/ Зона экологического кризиса	.	-	.	-	6	Загрязненные (IV)	2,43	Умеренно загрязненные (III)

**Июнь**

Верхнее течение рукава Бузан	1,5/2,3	Зона экологического бедствия/ Зона экологического кризиса	.	-	86,96	Очень грязные (VI)	6	Загрязненные (IV)	2,77	Загрязненные (IV)
«Сизый Бугор»	2,0/2,5	Зона экологического кризиса/ Зона экологического кризиса	.	-	88,37	Очень грязные (VI)	6	Загрязненные (IV)	3,0	Загрязненные (IV)

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
«7-я Огневка»	1,7/2,4	Зона экологического бедствия/ Зона экологического кризиса	-	-	94,34	Очень грязные (VI)	6	Загрязненные (IV)	2,85	Загрязненные (IV)
«12-я Огневка», русло	2,3/2,7	Зона экологического кризиса/ Зона экологического кризиса	245,68	Загрязненные	93,63	Очень грязные (VI)	4	Загрязненные (IV)	2,82	Загрязненные (IV)
«12-я Огневка», правое забровочное пространство	1,8/2,4	Зона экологического бедствия/ Зона экологического кризиса	244,55	Загрязненные	94,25	Очень грязные (VI)	4	Загрязненные (IV)	2,75	Загрязненные (IV)
«12-я Огневка», левое забровочное пространство	1,7/2,4	Зона экологического бедствия/ Зона экологического кризиса	235,11	Загрязненные	91,11	Очень грязные (VI)	6	Загрязненные (IV)	2,83	Загрязненные (IV)
Сентябрь										
Верхнее течение рукава Бузан	2,2/2,5	Зона экологического кризиса/ Зона экологического кризиса	-	-	98,31	Очень грязные (VI)	4	Загрязненные (IV)	2,88	Загрязненные (IV)
«Сизый Бугор»	3,0/2,9	Зона экологического кризиса/ Зона экологического кризиса	169,24	Умеренно загрязненные	70,65	Грязные (V)	7	Умеренно загрязненные (III)	2,75	Загрязненные (IV)

## Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
«7-я Огневка»	1,8/2,3	Зона экологического бедствия/ Зона экологического кризиса	196,69	Умеренно загрязненные	57,69	Загрязненные (IV)	6	Загрязненные (IV)	2,63	Загрязненные (IV)
«12-я Огневка», русло	2,3/2,6	Зона экологического кризиса/ Зона экологического кризиса	265,55	Загрязненные	87,25	Очень грязные (VI)	8	Умеренно загрязненные (III)	2,63	Загрязненные (IV)
«12-я Огневка», правое забровочное пространство	1,8/2,3	Зона экологического бедствия/ Зона экологического кризиса	195,89	Умеренно загрязненные	10,34	Очень чистые (I)	4	Загрязненные (IV)	2,72	Загрязненные (IV)
«12-я Огневка», левое забровочное пространство	1,5/2,2	Зона экологического бедствия/ Зона экологического кризиса	-	-	92,11	Очень грязные (VI)	3	Грязные (V)	2,79	Загрязненные (IV)

Примечание: \* - ИИЭС, рассчитанный по биологическим показателям, \*\* - ИИЭС, рассчитанный по биологическим и гидрохимическим показателям;- прочерк означает отсутствие олигохет при расчете индекса Гуднайта-Уитлея и отсутствие хирономид при расчете интегрального индекса IP.

Применение индекса Гуднайта-Уитлея (ИГ.-У.) в силу его ограниченных возможностей (Маркушин, 1974; Шитиков, и др., 2004) не является объективным показателем качества воды в отсутствие применения комплекса интегральных или иных современных методов (табл.).

Таким образом, сравнительная оценка качества воды Белинского канала с использованием различных количественных методов показала необходимость и возможность модификации интегральных индексов (ИИЭС, IP) с учетом введения в расчеты приоритетных региональных загрязняющих компонентов. Поэтому при оценке степени загрязнения (оценке качества воды) водотоков по показателям донных сообществ необходимо учитывать неоднородность экологических (гидрологических, гидрохимических) условий, определяющих состав и степень развития донных сообществ.

Анализ результатов мониторинга, показывает необходимость перевода научных данных в управленческие решения по оценке экологического состояния и качества водных ресурсов. Подход, основанный на интегральном анализе биологических и экологических данных, позволяет существенно облегчить их использование в системе управления (Семенченко, 2004). Согласно Рамочной водной директиве Европейского союза (Boon, 2000; Buffagni. et al. 2001; Davies, 2001; Rabeni, Wang, 2001; Carignan, Villard, 2002; Chessman, 2002) в ближайшем будущем должны быть разработаны и вступить в силу мониторинговые программы, которые будут являться основой для управления водными ресурсами. При этом основная цель Директивы – достижение унифицированного экологического статуса для всех водных систем. Очевидно, что для выявления экологического состояния водных ресурсов, биологическая составляющая, основанная на данных о сообществах водных организмов, является решающей (Макрушин, 1974; Тарасов, 1990; Зинченко, Головатюк, 2000; Балушкина, 2002; Шитиков и др., 2004).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Байдин С.С., Линберг Ф. Н., Самойлов И.В.** Гидрология дельты Волги // Л.: Гидрометеиздат, 1956. 204 с. - **Баканов А.И., Козловская В.И.** Роль деятельности человека в изменении биоразнообразия бентоса верхневолжских водохранилищ // Изучение и охрана разнообразия фауны, флоры основных экосистем Евразии: Материалы Международной конференции, г. Москва, 21-23 апреля 1999 г. Под ред. Павлова Д.С., Шатуновского М.И. М., 2000. С. 24-27. - **Балушкина Е.В.** Структура сообществ донных животных и оценка экологического состояния р. Ижоры: оценка качества вод р. Ижоры по структурным характеристикам донных животных в разные годы // Биология внутренних вод. 2002. № 4. С. 61-68.

**Домбровский К.О.** Влияние антропогенного загрязнения на макрозообентос верховья Каховского водохранилища // Гидробиол. журнал. 2003. Т. 39. № 2. С. 97-102.

**Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В.** Изменение состояния бентоса малых рек бассейна Средней Волги // Изв. Самар. НЦ РАН. 2000. Т. 2. № 2 (4). С. 257-267.

**Катунин Д.Н.** Современное состояние каналов-рыбоходов и мероприятия по повышению их рыбохозяйственной эффективности // Современные проблемы Каспия: Материалы Межд. конф., посвящ. 105-летию КаспНИРХ, 24-25 дек. 2002 г., Астрахань // Катунин Д.Н., Зайцев А.Н., Хрипунов И.А. Астрахань, 2002. С. 136-141. - **Критерии** оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. Утверждено Приказом Минприроды РФ от 30 ноября 1992 г. 51 с. (Опубликовано в газете "Зеленый мир". 1994. № 11).

**Макрушин А.В.** Биологический анализ качества вод. Л.: ЗИН АН СССР, 1974. 52 с. - **Мокеева Н.П., Межов Б.В.** Численность зообентоса как показатель изменений в морских донных сообществах // Гидробиол. журнал, 1986. Т. 22. № 4. С. 28-51.

**Насибулина Б.М.** Биоиндикация качества воды в бассейне Нижней Волги. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 1995. 21 с.

**Полонский В.Ф.** Особенности современных гидролого-морфологических процессов в дельте Волги // Водные ресурсы. 1995. Т. 22, № 5. С. 517-527.

**Семенченко В.П.** Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Мн.: Орех, 2004. 125 с.

**Тарасов А.Г.** Биотический индекс Нижней Волги // Тез. докл. отраслевой науч.–практ. конф. молодых ученых и специалистов по проблемам совершенствования хозяйственного механизма и повышения технического уровня производства в рыбном хозяйстве. М., 1990. С. 64-67.

**Финогенова Н.П., Алимов А.Ф.** Оценка степени загрязнения вод по составу донных животных // Методы биологического анализа пресных вод. Л., 1976. С. 95-106.

**Хокс Х.А.** Биологический контроль качества речной воды // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеоздат, 1977. С. 176-188.

**Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В.** Оценка качества поверхностных вод по индикаторным видам макрозообентоса // Водные ресурсы. 2004. Т. 31. № 3. С. 354-361.

**Щербина Г.Х.** Сравнительный анализ структуры макрозообентоса на участках верхнего и нижнего бьефов Рыбинского гидроузла // Биология внутренних вод.-2002. № 3. С.44-54.

**Boon P.J.** The development of integrated methods for assessing river conservation value // Hydrobiologia, 2000. Vol. 422/423. P. 413-428. - **Buffagni A.** et al. A Europe-wide system for assessing the quality of rivers using macroinvertebrates: the AQEM Project and its importance for southern Europe (with special emphasis on Italy) // J. Limnol., 2001. Vol. 60 (1). P. 39-48.

**Carignan V., Villard M-A.** Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review // Environmental Monitoring and Assessment. 2002. Vol. 78. P. 45-61. - **Chessman B.** Assessing conservation value and health of New South Wales rivers // Center for Natural Resources New South Wales Department of Land and Water Conservation. Parramatta, 2002. 63 pp.

**Davies A.** The use and limits of various methods of sampling and interpretation of benthic macroinvertebrates // J. Limnol., 2001. Vol. 60 (1). P. 1-6.

**Rabeni C., Wang N.** Bioassessment of streams using macroinvertebrates: are the Chironomidae necessary? // Environmental Monitoring and Assessment. 2001. Vol. 71. P. 177-185.