

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ БИОИНДИКАЦИИ
(БИОТИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ И МЕТРИК) ДЛЯ ОЦЕНКИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И КАЧЕСТВА ВОДЫ МАЛЫХ РЕК
БАССЕЙНА Р. ЛЮТОГА (О-В САХАЛИН)**

Д.С. Даирова¹, Л.А. Живоглядова²

¹*Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (КаспНИРХ),
ул. Савушкина, 1, г. Астрахань, 414056, Россия. E-mail: dairova3110@mail.ru*

²*Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(СахНИРО), ул. Комсомольская, 196, г. Южно-Сахалинск, 693000, Россия.
E-mail: zhivoglyadova.l@rambler.ru*

Впервые для оценки экологического состояния и оценки качества воды малых рек бассейна р. Лютога (о-в Сахалин) проведен сравнительный анализ различных методов биоиндикации, предлагаемых для использования при определении качества воды Европейской Рамочной Водной Директивой. Выявлено, что наиболее информативными методами биоиндикации являются: Index *EPT*; Trent Biotic Index, *TBI*; Biological Monitoring Working Party, *BMWP*; Average Score Per Taxon Index, *ASPT*, хирономидный индекс *K*; индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера, *H*. Согласно значениям индексов и метрик рр. Партизанка и Фрикена относятся к категории «эталонных» рек. В целом, состояние экосистем обоих притоков оценивается как устойчивое.

**THE USE OF DIFFERENT METHODS OF BIOINDICATION (BIOTIC INDICES
AND METRICS) TO ASSESS THE ENVIRONMENTAL CONDITION AND WATER
QUALITY OF SMALL RIVERS IN THE BASIN OF LYUTOGA RIVER
(SAKHALIN ISLAND)**

D.S. Dairova¹, L.A. Zivoglyadova²

¹*Kaspian Fisheries Research Institute (KaspNIRH), 1 Savushkina Str.,
Astrakhan, 414056, Russia. E-mail: dairova3110@mail.ru*

²*Sakhalin Scientific Research Institute of Fisheries & Oceanography (SakhNIRO),
196 Komsomolskaya Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia.
E-mail: zhivoglyadova.l@rambler.ru*

For the first time to assess the environmental condition and water quality in small rivers in the basin Lyutoga (Sakhalin island), comparative analysis of various methods of bioindication proposed by the European Water Framework Directive was conducted. It that The most informative methods of bioindication were revealed to be: Index *EPT*; Trent Biotic Index, *TBI*; Biological Monitoring Working Party, *BMWP*; Average Score Per Taxon Index, *ASPT*, the Chironomidae index, *K*; index of species diversity by Shannon-Weaver, *H*. According to indices and metrics, rivers Partisanka and Frikena are belong to the category of the «model» rivers. In general, the state of the ecosystems of both inflows is estimated as stable.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, системы мониторинга поверхностных вод, как в США, так и в странах ЕС претерпели существенные изменения. Основа этих изменений – существенное возрастание роли биологического контроля, основанного на методах биоиндикации. Одной из задач гидробиологических исследований является выбор таких методов и критериев биоиндикации, которые адекватно отражают уровень антропогенного воздействия на водные объекты (Абакумов, Сущеня, 1991, Шитиков, Розенберг и др., 2005 а, б; Семенченко, 2004). Методы, основанные на характеристиках структуры зообентоса, позволяют оценить состояние экосистемы за более длительный период времени. Сообщества донных животных, аккумулируя информацию об окружающих их условиях обитания (химических характеристиках воды и дна), реагируют на изменения ее качества соответствующими перестройками структуры и изменением количественного развития. При этом важную роль отводят исследованиям реакции на загрязнение бентосных сообществ, поскольку их результаты позволяют интегрально оценить степень воздействия неблагоприятных внешних факторов на биоту (Баканов, 2000; Балушкина, 2002; Шитиков, Розенберг и др., 2003).

Европейская Рамочная Водная Директива (Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy) была принята в 2000 году. Этот документ регламентирует подходы в политике охраны, использования и управления водными ресурсами и призван к 2015 г. гармонизировать и унифицировать подходы стран ЕС к управлению водными ресурсами и их охране (Семенченко, 2004, 2006). На примере малых рек бассейна р. Лютога (Фрикена, Партизанка) впервые проведен сравнительный анализ индексов и метрик, рекомендованных Европейской Рамочной Водной Директивой (EPT Index, *EPT*; Trent Biotic Index, *TBI*; Biological Monitoring Working Party, *BMWP*; Average Score Per Taxon Index *ASPT*) и некоторых традиционных показателей, применяемых на водных объектах Европейской части России (олигохетный индекс Пареле, *D*; хириноидный индекс Балушкиной, *K*; индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера, *H*) для их возможного использования в практике гидробиологического мониторинга водоемов и водотоков о-ва Сахалин. Сравнительный анализ биоиндикационных показателей, индексов и метрик, предлагаемых для использования при определении качества воды Европейской Рамочной Водной Директивой, ранее был проведен для малых рек лесостепной зоны Высокого Заволжья, относящихся к предгорным водотокам, и в различных створах рек, впадающих в р. Сок: Байтуган, Камышла, Сосновка, а также для малых рек бассейна р. Припять (Семенченко, Тишиков, 2000; Семенченко, Мороз, 2005; Зинченко, 2008; Головатюк, Зинченко, 2011 а, б).

Цель работы – на основе анализа структурно-функциональных характеристик бентосных сообществ оценить экологическое состояние и качество воды притоков р. Лютога с использованием различных методов биоиндикации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для настоящей работы послужили результаты исследований, проводившихся с апреля по декабрь 2011 г. и с января и по март 2012 г. в зоне ритрали–эпиритрали притоков р. Лютога (р. Партизанка – один из основных нерестовых притоков р. Лютога и р. Фрикена – водоток, не имеющий нерестовой значимости). Карта-схема отбора проб на обследованных участках притоков р. Лютога представлена на рисунке 1. Станции 1/1–1/20 расположены на р. Партизанка, 4/1–4/10 – на р. Фрикена.

Процесс определения экологического качества воды фактически представляет собой классификацию участков реки на основании определенных показателей и последующем сравнении их *метрик* (индексов). *Метрика* (индекс) – это характеристика биоты, которая изменяется некоторым предсказуемым путем с увеличением антропогенной нагрузки. Из данного определения следует, что в качестве метрики (индекса) могут быть

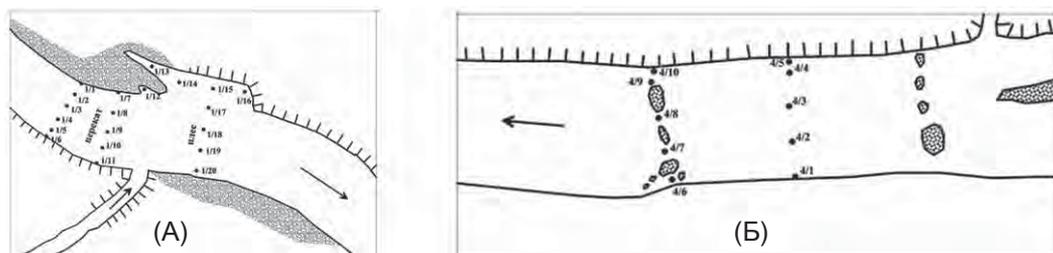


Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора бентосных проб на притоках р. Лютога в 2011–2012 гг.

А – р. Партизанка, Б – р. Фрикена, в числителе – номер створа, в знаменателе – номер станции

использованы различные показатели, характеризующие состояние отдельных сообществ, входящих в речную биоту (Семенченко, 2004).

В работе представлен анализ, основанный на расчетных данных 7 индексов и метрик, применяемых в системе биоиндикации поверхностных вод. Структурные характеристики сообщества макрозообентоса обычно используются параллельно с различными биотическими индексами, что позволяет комплексно отражать качество воды. Так, для оценки видового разнообразия донных сообществ использовался индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера (*H*) (Shannon, Weaver, 1963), который был применен и для оценки качества воды исследуемых водотоков согласно градации чистоты вод В.А. Яковлева (Яковлев, 1998; Шитиков, Розенберг и др., 2004).

Качество воды исследуемых водотоков определяли по индексу Гуднайта и Уитлея (Goodnight and Whitley, 1961) в модификации Пареле D_1 (1974), который представляет собой соотношение численности олигохет и других обитателей дна, т.е. численность всего зообентоса, включая олигохет:

$$D_1 = \frac{\{\text{численность олигохет}\}}{\{\text{численность бентоса}\}}$$

Оценка качества воды осуществлялась также с использованием биотического индекса Вудивисса (Trent Biotic Index, *TBI*) (табл. 1).

Таблица 1

Классификация биологических проб по Ф. Вудивиссу (Woodowiiss, 1964; Вудивисс, 1977)

	Группы организмов	Присутствие или отсутствие вида	Биотический индекс при общем количестве присутствующих «групп»				
			0–1	2–5	6–10	11–15	> 15
Чистая вода ↓ Часто наблюдаемая последовательность исчезновения организмов из биоценозов по мере увеличения степени загрязнения ↓ Грязная вода	Личинки веснянок	Больше одного вида		7	8	9	10
		Только один вид		6	7	8	9
	Личинки поденок, исключая <i>Baetis rhodani</i>	Больше одного вида		6	7	8	9
		Только один вид		5	6	7	8
	Гаммарус	Все вышеназванные виды отсутствуют	3	4	5	6	7
	Азеллус	Все вышеназванные виды отсутствуют	2	3	4	5	6
	Тубифициды и/или красные личинки хирономид	Все вышеназванные виды отсутствуют	1	2	3	4	
Виды, нетребовательные к кислороду (<i>Eristalis tenax</i>)	Все вышеназванные виды отсутствуют	0	1	2			

Одним из наиболее широко распространенных индексов, в основе которого используется видовое богатство, является индекс *EPT* (Plafkin, Barbour et. al., 1989). Индекс представляет собой сумму видов трех отрядов насекомых: Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera. Индекс не имеет балльной градации качества воды, однако является весьма чувствительным к различного рода загрязнениям.

Кроме выше перечисленных индексов для оценки качества воды использовался

Индекс Балушкиной, K	Класс качества воды
0,136–1,08	Чистая
1,08–6,50	Умеренно загрязненная
6,50–9,0	Загрязненная
9,00–11,5	Грязная

хирономидный индекс (K) Е.В. Балушкиной (1987), основанный на соотношении численности подсемейств хирономид. Индекс K широко используется для определения качества воды в отечественных исследованиях и странах СНГ (Руководство..., 1992; Шитиков, Розенберг и др., 2003):

$$K = (\alpha_t + 0.5 \alpha_{ch}) / \alpha_0,$$

где, α_t , α_{ch} и α_0 – смещенные относительные численности отдельных групп хирономид, соответственно: Tanypodinae (α_t), Chironomidae (α_{ch}), Orthocladiinae и Diamesinae (α_0); $\alpha = N + 10$, где N – относительная численность особей всех видов данного подсемейства в процентах от общей численности особей всех хирономид.

Индекс рабочей группы биологического мониторинга (Biological Monitoring Working Party Index, *BMWP*) разработан Институтом пресноводной экологии (Великобритания) в рамках системы RIVPACS, которая является основной для оценки состояния текучих вод в Великобритании и Австралии. Данный индекс также широко используется в странах ЕС (табл. 2). Полученные баллы суммируются, и данная сумма представляет собой значение индекса (табл. 3).

Индекс средних значений таксонов (Average Score Per Taxon Index, *ASPT*) является производным от *BMWP* и рассчитывается по следующей формуле:

$$ASPT = BMWP / \text{число обнаруженных таксономических групп в индексе } BMWP.$$

В отличие от *BMWP*, данный индекс имеет семь градаций качества воды (табл. 4).

Индекс *ASPT* имеет свойство уменьшать вклад случайных таксономических групп, обнаруженных в таксонах с высокой балльной оценкой. В связи с этим, наряду с *BMWP*, совместное использование этих двух индексов позволяет более реалистично оценивать качество воды (Семенченко, 2004).

Результаты и обсуждение

Для оценки качества воды нами были использованы следующие индексы: Биотический индекс Вудивисса (*TBI*); индекс Гуднайта-Уитлея в модификации Пареле (D_1); индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера (H); индекс Е.В. Балушкиной (K), индекс *BMWP*, индекс *ASPT*, индекс *EPT*. Ниже мы приводим результаты расчетов индексов и метрик (табл. 5, 6) для каждого из исследованных водотоков.

Оценка экологического состояния и качества воды р. Партизанка с использованием индексов и метрик (табл. 5), показала, что значительных различий в сезонной динамике качества воды не наблюдается. Согласно значениям используемых нами индексов и метрик, воды исследуемого водотока следует отнести к I–II классу, что в свою очередь характеризует их как «очень чистые» и «чистые». Несмотря на синхронность в оценке качества воды по показателям, представленным в таблице 5, следует обратить внимание на индекс Е.В. Балушкиной (K). Качество воды р. Партизанка в первой половине августа по значениям данного индекса оценивается как «умеренно-загрязненное», что соответствует III классу. Возможно, это связано с тем, что в данный период произошел вылет хирономид рода *Orthocladius*, т.к. при преобладании представителей этой группы среди остальных подсемейств, водоток чаще всего характеризуется как «чистый» или «относительно чистый». Нельзя также исключить органическое загрязнение, т.к. в этот период отмечен максимум

Таблица 2

**Градация таксономических групп для расчета индекса BMWP
(по: Wright et al, 1993; Leeds-Harrison P.B. et al., 1996)**

	Таксоны	Баллы
Ephemeroptera	Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemeridae	10
Plecoptera	Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Chloroperlidae	
Hemiptera	Aphelocheiridae	
Trichoptera	Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Leptodostmatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae	
Decapoda	Astacidae	8
Odonata	Lestidae, Aagriidae, Gomphidae, Cordulasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae	
Trichoptera	Psychomyiidae, Philopotamiidae	
Ephemeroptera	Caenidae	7
Plecoptera	Nemouridae	
Trichoptera	Rhyacophilidae, Polycentropidae, Limnephilidae	6
	Neritidae, Viviparidae, Ancylidae	
	Hydroptilidae	
Bivalvia	Unionidae	
Amphipoda	Corophilidae, Gammaridae	
Odonata	Platycnemididae, Coenagriidae	
Heteroptera	Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae	5
	Haliplidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Clambidae, Helodidae, Dryopidae, Elminthidae, Chrysomelidae, Curculionidae	
Coleoptera	Hydropsychidae	
Trichoptera	Tipulidae	
Diptera	Simuliidae	
	Planariidae, Dendrocoelidae	
Ephemeroptera	Baetidae	
Megaloptera	Sialidae	
Hirudinea	Pisicolididae	
Mollusca	Valvatadae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae	3
	Sphaeriidae	
Hirudinea	Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae	
Isopoda	Asellidae	
Diptera	Chironomidae	2
Oligochaeta	Класс целиком	1

Таблица 3

Величины индекса BMWP и качество воды

Значение индекса	Качество воды
> 150	Исключительное
101–150	Очень хорошее
51–100	Хорошее
26–50	Невысокое
<25	Плохое

Таблица 4

Величины индекса ASPT и качество воды

ASPT	Качество воды	Рейтинг
5+	прекрасное	7
4,5–4,9	очень хорошее	6
4,1–4,4	хорошее	5
3,6–4,0	посредственное	4
3,1–3,5	скорее плохое	3
2,1–3,0	плохое	2
0–2,0	очень плохое	1

Таблица 5
Сравнительная оценка методов биоиндикации в сезонном аспекте по структурно-функциональным характеристикам сообществ зообентоса р. Партизанка

Месяц	Индекс											
	ТВИ		Н		D1		К		ВММР		ASPT	
	Баллы	Класс и СКВ*	Значение	Класс и СКВ**	Значение	Класс и СКВ	Значение	Класс и СКВ	Значение	СКВ	Значение	СКВ
январь	8	II, чистая	2,88	II, чистая	1,6	I, очень чистая	0,23	II, чистая	179	исключительная	6	очень хорошая
февраль	8	II, чистая	2,58	II, чистая	0,2	I, очень чистая	0,18	II, чистая	220	исключительная	6	очень хорошая
апрель	8	II, чистая	2,77	II, чистая	—***	I, очень чистая	0,44	II, чистая	152	исключительная	6	очень хорошая
май	8	II, чистая	2,58	II, чистая	0,6	I, очень чистая	0,16	II, чистая	237	исключительная	5	хорошая
июнь	8	II, чистая	2,79	II, чистая	—	—	0,41	II, чистая	265	исключительная	5	хорошая
июль	8	II, чистая	2,90	II, чистая	—	—	0,83	II, чистая	266	исключительная	5	хорошая
август I	9	II, чистая	3,01	II, чистая	0,1	I, очень чистая	2,14	III, умеренно-загрязненная	352	исключительная	5	хорошая
август II	9	II, чистая	2,93	II, чистая	0,2	I, очень чистая	0,81	II, чистая	250	исключительная	5	хорошая
сентябрь	8	II, чистая	2,57	II, чистая	1,2	I, очень чистая	0,52	II, чистая	298	исключительная	5	хорошая
октябрь	8	II, чистая	2,45	II, чистая	0,1	I, очень чистая	0,17	II, чистая	213	исключительная	5	хорошая
ноябрь	7	II, чистая	2,34	II, чистая	—	—	0,28	II, чистая	81	хорошая	6	очень хорошая
декабрь	8	II, чистая	2,65	II, чистая	—	—	0,18	II, чистая	234	исключительная	6	очень хорошая

Примечание. * – степень качества воды; “” – степень качества воды по В.А. Яковлеву (1998); *** – отсутствие малощетинковых червей в пробах.

Таблица 6
Сравнительная оценка методов биоиндикации в сезонном аспекте по структурно-функциональным характеристикам сообществ зообентоса р. Фрикена

Месяц	Индекс											
	ТБИ		Н		D ₁		К		ВМВР		АСРТ	
	баллы	Класс и СКВ*	Значение	Класс и СКВ**	Значение	Класс и СКВ	Значение	Класс и СКВ	Значение	Класс и СКВ	Значение	Класс и СКВ
январь	8	II, чистая	2,61	II, чистая	0,3	I, очень чистая	0,29	II, чистая	168	исключительная	5	хорошая
март	8	II, чистая	2,73	II, чистая	0,5	I, очень чистая	0,34	II, чистая	204	исключительная	5	хорошая
апрель	8	II, чистая	2,59	II, чистая	—***	I, очень чистая	0,23	II, чистая	204	исключительная	5	хорошая
май	8	II, чистая	2,41	II, чистая	41,1	II–III, чистая–умеренно-загрязненная	0,26	II, чистая	184	исключительная	5	хорошая
июнь	8	II, чистая	2,81	II, чистая	3,0	I, очень чистая	0,31	II, чистая	202	исключительная	6	очень хорошая
июль	8	II, чистая	3,22	II, чистая	1,5	I, очень чистая	0,25	II, чистая	310	исключительная	5	хорошая
август I	8	II, чистая	2,84	II, чистая	0,1	I, очень чистая	0,52	II, чистая	313	исключительная	6	очень хорошая
август II	8	II, чистая	2,43	II, чистая	0,3	I, очень чистая	0,40	II, чистая	210	исключительная	5	хорошая
сентябрь	8	II, чистая	2,74	II, чистая	0,8	I, очень чистая	0,39	II, чистая	219	исключительная	5	хорошая
октябрь	8	II, чистая	2,68	II, чистая	0,5	I, очень чистая	0,26	II, чистая	170	исключительная	5	хорошая
ноябрь	8	II, чистая	2,73	II, чистая	1,9	I, очень чистая	0,66	II, чистая	186	исключительная	7	прекрасная
декабрь	8	II, чистая	2,70	II, чистая	0,4	I, очень чистая	0,35	II, чистая	199	исключительная	6	очень хорошая

Примечание. * – степень качества воды; “” – степень качества воды по В.А. Яковлеву (1998); *** – отсутствие малоцетинковых червей в пробах.

температуры воды – 18,9 °С и зарегистрированы наибольшие концентрации аллохтонного органического вещества, что в свою очередь неблагоприятно сказалось на условиях обитания оксифильных стенобионтных личинок хирономид рода *Orthocladius*.

Индекс Гуднайта-Уитлея в модификации Пареле (D_1) возможно показывает несколько завышенную оценку качества воды, характеризуя воды р. Партизанка на протяжении всего периода исследований как «очень чистые». Принимая во внимание то, что видовая идентификация при расчете данного индекса не требуется, мы не можем однозначно утверждать, что индекс D_1 не следует использовать при оценке качества воды. По результатам расчета индекса TBI (7–8 баллов) воды р. Партизанка в течение всего исследуемого периода оценивались как «чистые» (II класс). Степень качества воды по рассчитанным значениям индекса $BMWP$ варьировала от «хорошей» до «исключительной», а по значениям индекса $ASPT$ – от «хорошей» до «очень хорошей».

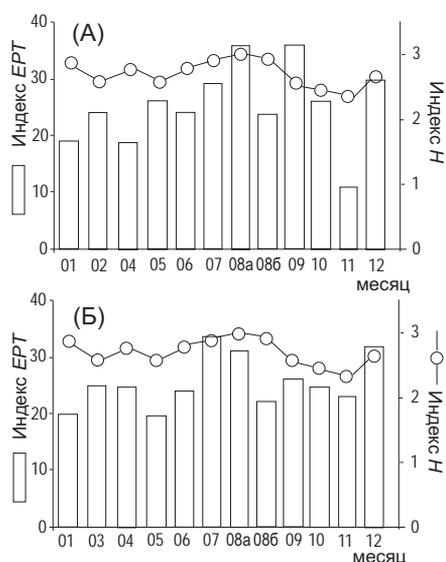


Рис. 2. Изменение индексов EPT и Шеннона–Уивера (H) в сезонном аспекте для рек Партизанка (А) и Фрикена (Б).

На рисунке 2 представлено изменение индекса EPT и индекса Шеннона–Уивера (H) для сообществ макрозообентоса. Следует отметить, что величины индекса EPT для эталонных створов находятся на уровне 13–15 и выше (Семенченко, 2004). Учитывая характеристику данного индекса, р. Партизанку можно считать «эталонной». Как следует из рисунка 2, структурные показатели индексов EPT и H на р. Партизанка имеют достаточно сходное изменение по месяцам.

Значения индексов и метрик, представленных в таблице 6, позволяют охарактеризовать качество воды на створах р. Фрикена на протяжении всего периода исследований согласно градации качества вод как «очень чистые» и «чистые» (I–II классы). Следует отметить, что в мае качество воды по индексу D_1 оценено как переходное между «чистым» и «умеренно-загрязненным», что соответствует II–III классам, т.е. в отличие от остальных индексов данный индекс показывал заниженные результаты. Таким образом, значения этого индекса не всегда соответствуют наблюдаемой и рассчитанной по другим индексам

оценке качества воды. Подобная ситуация отмечена и при анализе индексов и метрик, рассчитанных для р. Партизанка.

Значения индекса TBI во все месяцы исследований соответствовали 8 баллам, что позволяет охарактеризовать качество воды как «чистое» (II класс). По результатам расчета индекса K воды р. Фрикена также оценены как «чистые». Согласно значениям индекса $BMWP$ степень качества воды оценена как «исключительная»; значения индекса $ASPT$ указывали на «хорошую» и «очень хорошую» степень качества воды.

Так же, как и на предыдущем водотоке, на р. Фрикена структурные показатели индексов EPT и H имеют достаточно сходное изменение по месяцам (рис. 2). Согласно значениям индекса EPT р. Фрикена относится к категории «эталонных» рек. В целом, состояние экосистем обоих притоков можно оценить, как устойчивое.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительная оценка различных методов биоиндикации показала, что наиболее информативными методами для оценки качества воды малых рек бассейна р. Лютога и их экологического состояния являются: биотический индекс Вудивисса (TBI), индекс EPT и

индекс Шеннона–Уивера (H). Значения Биотического индекса (TBI) достаточно хорошо согласуются со значениями индекса Балушкиной (K) и индексом Шеннона–Уивера (H). Применение олигохетного индекса Гуднайта–Уитлея (D_1) не всегда представляется возможным в виду отсутствия олигохет или малом их количестве в пробах. Значения индексов, полученные при оценке донных сообществ притоков р. Лютога, могут быть использованы для последующих расчетов индекса EQR (Семенченко, 2004), показывающего соотношение расчетных величин индексов (метрик) для эталонного и загрязненного (сравниваемого) створов типологически сходных рек. Кроме того, притоки р. Лютога характеризуются отсутствием точечных и диффузных источников загрязнения, поэтому данные реки можно принять за «эталонные».

Благодарности

Авторы благодарны сотрудникам лаборатории Гидробиологии ФГУП «СахНИРО», принимавших участие в сборе и камеральной обработке материала.

Список литературы

- Абакумов В.А., Сущеня Л.М. 1991.** Гидробиологический мониторинг пресных вод и пути его совершенствования // Экологические модификации и критерии экологического нормирования. Л.: Гидрометеиздат. (Тр. Междунар. симпозиума). С. 41–51.
- Баканов А.И. 2000.** Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биология внутренних вод. № 1. С. 68–83.
- Балушкина Е.В. 2002.** 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. № 4. С. 61–68.
- Вудивисс Ф. 1977.** Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование // Научные основы контроля качества поверхн. вод по гидробиол. показателям. СПб.: Гидрометеиздат. (Тр. советско-английского семинара). С. 132–161.
- Головатюк Л.В., Зинченко Т.Д. 2011а.** Биотические индексы и метрики в оценке качества воды малых рек Нижнего Поволжья (на примере рр. Байтуган, Камышла, Сосновка) // Особенности пресноводных экосистем малых рек Волжского бассейна. ИЭВБ РАН. Тольятти: Кассандра. С. 160–169.
- Головатюк Л.В., Зинченко Т.Д. 2011б.** Сравнительный анализ биотических индексов и метрик в оценке качества воды малых рек бассейна Нижней Волги // Экология малых рек в XXI веке: биоразнообразие, глобальные изменения и восстановление экосистем: тез. докл. Всерос. конф. с между. уч., Тольятти, 5–8 сентября 2011 г. Тольятти: Кассандра. 2011. С. 37.
- Зинченко Т.Д., 2008.** Методологический подход к проведению мониторинговых исследований природных гидросистем (на примере Волжского бассейна) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 4. Владивосток. С. 25–30.
- Пареле Э.А. 1974.** Олигохетофауна устьевого района реки Даугава в условиях загрязнения // Факторы самоочищения устьевого района р. Даугавы. Рига: Зинатне. С. 106–121.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. 1992.** Макрозообентос / Под ред. В.А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат. 319 с.
- Семенченко В.П. 2004.** Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Мн.: Орех. 125 с.
- Семенченко В.П., Тищиков И.Г. 2000.** Оценка качества воды и мониторинг поверхностных вод в бассейне реки Припять путем создания сети эталонных створов как шаг к внедрению Водной Рамочной Директивы: Методическое руководство. 13 с.

- Семенченко В.П., Мороз М.Д. 2005.** Сравнительный анализ биотических индексов в системе мониторинга текучих вод биосферного заповедника // Водные ресурсы. Т. 32, № 2. С. 223–231.
- Семенченко В.П., Мороз М.Д., Тищиков И.Г. 2006.** Использование структурных показателей сообществ макрозообентоса для биоиндикации качества текучих вод // Гидробиол. журн. Т.42, № 5. С. 57–65.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. 2003.** Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: Изд-во Самарского НЦ РАН. 463 с.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. 2005а.** Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. М.: Наука. Т. 1. 281 с.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. 2005б.** Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. М.: Наука. Т. 2. 337 с.
- Яковлев В.А. 1998.** Оценка качества поверхностных вод Кольского Севера по гидробиологическим показателям и данным биотестирования (практические рекомендации). Апатиты. 27 с.
- Goodnight C.J., Whitley C.J. 1961.** Oligochaetes as indicators of pollution // Proc. 15-th Int. Waste Conv. V. 106. P. 139–142.
- Leeds-Harrison P.B., Quinton J.N., Walker M.J., Harrison K.S., Tyrrel S.F., Morris J., Mills H.T. 1996.** Buffer Zones in headwater catchments // Report on MAFF/English Nature Buffer Zone Project CSA 2285. Cranfield University, Silsoe. UK. 22 p.
- Plafkin, J.L., Barbour M.T., Porter K.D. 1989.** Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish // U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, Washington. D.C. EPA 440-4-89-001.
- Shannon C.E., Weaver W. 1963.** The Mathematical Theory of Communication. Urbana (Illinois): Univ. of Illinois Press. 345 p.
- Woodowiiss F.S. 1964.** The biological system of stream classification used by the Trent Board // Chem. And Ind. V 11. P. 443–447.
- Wright J.F., Furse M.T., Armitage P.D. 1993.** RIVPACS – a technique for evaluating the biological quality of rivers in the UK // European Water Pollution Control. Vol. 3(4).