

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕК БАСЕЙНА ВЕРХНЕЙ ОБИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗООБЕНТОСА

Д.М. Безматерных

Приведены примеры применения структуры зообентоса для оценки качества речных вод бассейна Верхней Оби. Выявлено, что для индикации притоков Верхней Оби наиболее информативны индексы: Пантле и Букка, Гуднайта и Уитлея, Вудивисса, Маргалефа.

В состав зообентоса входят наиболее долгоживущие группы гидробионтов – моллюски и олигохеты, продолжительность жизни которых достигает 6 лет, причем на их долю приходится большая часть биомассы зообентоса на многих водоемах и водотоках. Такие долгоживущие компоненты биоты являются хорошими индикаторами хронического загрязнения экосистемы [1]. Именно по составу и структуре зообентоса предложено наибольшее количество методов биоиндикации, относящихся к следующим основным направлениям [2-3]:

- выявление видов-индикаторов сапробности [4];
- индикация по соотношению крупных таксонов – олигохет, ракообразных, хирономид, моллюсков и пр. [4-8];
- расчет биотических индексов [9-11];
- оценка уровня разнообразия [12];
- обобщенная оценка по комплексу характеристик сообщества [13].

Некоторые из указанных методов получили широкое применение в природоохранных ведомствах ЕЭС [14]. В СЭВ они вошли в «Унифицированные методы исследования качества вод» [15]. В СССР [16] и позднее в России [17] они также были утверждены к применению (табл. 1).

Текущие воды по современной эколого-гидрологической классификации делят на две большие группы: ритраль и потамаль. К ритрали относят примыкающую к роднику часть водотока с каменистым или гравийно-галечным грунтом, высокой скоростью течения, насыщенной кислородом водой и амплитудой среднемесячных температур до 20° С. К потамали относят примыкающую к ритрали нижнюю часть водотока с песчаным, заиленным или илистым грунтом, сравнительно небольшой скоростью течения, амплитудой среднемесячных температур выше 20° С и частыми проявлениями дефицита кислорода [18]. Наибольшее влияние на состав и структуру биоценозов водотоков водотоков имеют

два фактора: скорость течения и стабильность грунта. Текущая вода содержит больше растворенного кислорода, чем стоячая, но и обитатели текущих вод нуждаются в большем содержании кислорода, чем обитатели стоячих или медленно текущих вод, так как им требуется большая энергия для удержания в потоке.

Таблица 1
Классификация качества воды водоемов и водотоков по гидробиологическим показателям [13]

Класс качества вод	Индекс сапробности	Зона сапробности	Индекс Гуднайта и Уитлея	Индекс Вудивисса
I – очень чистые	<1,00	ксено-	1-20	10
II – чистые	1,00-1,50	олиго-	21-35	7-9
III – умеренно загрязненные	1,51-2,50	бета-мезо-	36-50	5-6
IV – загрязненные	2,51-3,50	альфа-мезо-	51-65	4
V – грязные	3,51-4,00	поли-	66-85	2-3
VI – очень грязные	>4,00	гипер-	86-100 или бентоса нет	0-1

Все разнообразие рек бассейна Оби подразделяется на пять участков: горный, степной, болотный, тундровый, дельтовый. Только в Алтайском крае насчитывает 16552 реки с общей длиной 47,5 тыс. км [19]. Верхняя Обь включает горный и степной участки. Участок реки Оби выше Новосибирского водохранилища – типично равнинный, но его экосистема, являясь полной по составу биотических сообществ, находится под влиянием образующих ее горных рек. Особенности формирования и функционирования экосистем водотоков и водоемов бассейна Верхней Оби обусловлены значительным разно-

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК №4 2005

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕК БАССЕЙНА ВЕРХНЕЙ ОБИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗООБЕНТОСА

образиям природных условий и характера использования его обширной территории. Для Верхней Оби характерен низкий исходный потенциал биологического самоочищения, что определяется низкой температурой воды в период максимального поступления загрязняющих веществ с водосборного бассейна [20].

Река Барнаулка – левый приток Оби, протекает по территории Алтайского края, имеет протяженность 208 км, площадь бассейна – 5720 км². С 1996 по 2000 гг. в зообентосе обнаружено 115 видов из 11 классов: гидроидных полипов, нематод и мшанок по 1 виду, малощетинковых червей – 9, пиявок – 5, двусторчатых моллюсков – 6, брюхоногих – 16, ракообразных – 5, паукообразных – 2, насекомых – 68 видов. Определяющее значение в формировании структуры донных сообществ имеют широко распространенные виды хирономид, моллюсков и кольчатых червей. Зоогеографический анализ показал преобладание транспалеарктических 44,8%, западно-палеарктических 33,3% и голарктических видов 19,5% [2].

По численности и биомассе в зообентосе р. Барнаулки преобладали хирономиды, моллюски и олигохеты. При этом численность и биомасса заметно уменьшались от истоков к устью, что связано с загрязнением реки, которое возрастает в этом направлении. По уровню развития зообентоса р. Барнаулка в верхнем и среднем течении соответствует мезотрофным и эвтрофным водотокам в зависимости от типа преобладающего грунта (заиленный песок и ил, соответственно).

В составе зообентоса мирные формы почти всегда преобладали над хищными. При этом прослеживалась тенденция к уменьшению доли хищников вниз по течению в черте г. Барнаула. Наблюдаемая перестройка трофической структуры бентосных сообществ четко отражает тенденцию к накоплению в реке органических веществ вниз по течению.

По уровню органического загрязнения р. Барнаулку можно разделить на две части: 1) от истоков до «Лесного пруда» (за пределами г. Барнаула) и 2) от «Лесного пруда» до устья (в черте г. Барнаула). Первый участок характеризуется по биологическим индексам как умеренно загрязненный. В то же время, второй участок реки характеризуется увеличением уровня загрязненности от «Лесного пруда» к устью (сильно загрязненная вода), об этом свидетельствует повышение индекса Пантле и Букка и индекса Гуднайта и Уитлея, понижение индексов Вудивисса и Маргалёфа.

Река Большая Черемшанка – правый приток р. Оби, протекает по территории Алтайского края, общая длина реки 62 км, площадь водосбора 717 км². В зообентосе летом-осенью 1999 г. отмечено 82 вида, в том числе: губок, гидроидных полипов по 1 виду, пиявок, мшанок и двусторчатых моллюсков по 2 вида, малощетинковых червей и паукообразных по 4 вида, брюхоногих – 8, насекомых – 58 (из них двукрылых – 34). Зоогеографический анализ фауны показал преобладание транспалеарктических и западно-палеарктических видов, но немало и голарктических видов, к ним относится 41,4%, 32,8% и 20,7% видов, соответственно [21].

Биомасса и численность зообентоса р. Б. Черемшанка в основном определялась хирономидами и мелкими моллюсками. Меньшее значение имели пиявки и олигохеты. Биомасса зообентоса колебалась от 0,2 до 23,0 г/м² и в среднем составила 8,7 г/м². По уровню развития зообентоса р. Б. Черемшанку можно отнести к мезотрофному типу.

Река Б. Черемшанка в целом характеризуется как чистая. Однако биологические индексы выявили тенденцию увеличения уровня загрязнения реки от истоков к устью, что может быть обусловлено как естественным накоплением органики в результате смыва и аккумуляции, так и усилением антропогенного воздействия в ее нижнем течении. Об этом свидетельствует понижение индекса Вудивисса и повышение уровня сапробности (рис. 2).

Река Издревая – правый приток р. Иня (правый приток Оби), протекает по Новосибирской области, длина – 40 км. В зообентосе р. Издревой (июль 2003 г.) обнаружено 24 вида: 1 – кольчатых червей, 3 – моллюсков и 20 членистоногих. Среди членистоногих доминировали насекомые – 18 видов, на паукообразных и ракообразных приходилось по 1 виду. Из насекомых наибольшее число видов приходилось на отряды двукрылых (6 видов) и ручейников (5) и поденок (3), на веснянок, вислокрылок, жесткокрылых приходилось по 1 виду. В фауне донных беспозвоночных р. Издревой преобладали реофильные и оксифильные виды характерные для горных водотоков. Велика доля хищных видов в фаунистическом составе – 41%, что говорит о сложности экосистемы и преобладании пастбищной пищевой цепи, характерной для незагрязненных олиготрофных водотоков. По зоогеографической приуроченности в зообентосе доминировали виды широко распро-

страненные в Палеарктике и Голарктике (36%), велика доля сугубо сибирских видов (29%), далее по числу видов следуют западнопалеаркты (21%) и восточнопалеаркты (14%).

В численности и биомассе зообентоса в большинстве точек отбора проб преобладали гаммарусы и поденки, реже по биомассе доминировали брюхоногие моллюски и типулиды. Гаммарусы и поденки – группы характерные для чистых текущих вод, а типулиды характерны для богатых органикой грунтов. Биомасса бентоса распределена по реке очень неравномерно, уровень его развития

колеблется от олиготрофного до эвтрофного, на различных станциях отбора проб и на различных грунтах. Такое, пятнистое распределение зообентоса – характерное явление для речных экосистем, и оно не может служить надежным индикатором трофности водотока.

Подсчет биотического индекса Вудивисса р. Издревой показал, что качество ее воды соответствует чистым (8 баллов) и умеренно загрязненным водам (6) (рис. 3). Но следует отметить, что в условиях быстротекущей реки эти данные могут быть несколько завышенными в сторону чистоты воды[7].

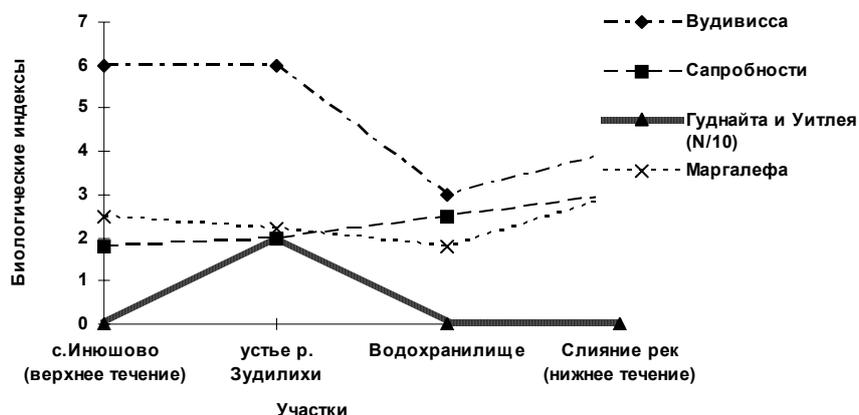


Рис. 2. Биологические индексы на различных участках р. Б. Черемшанка в 1999 г.

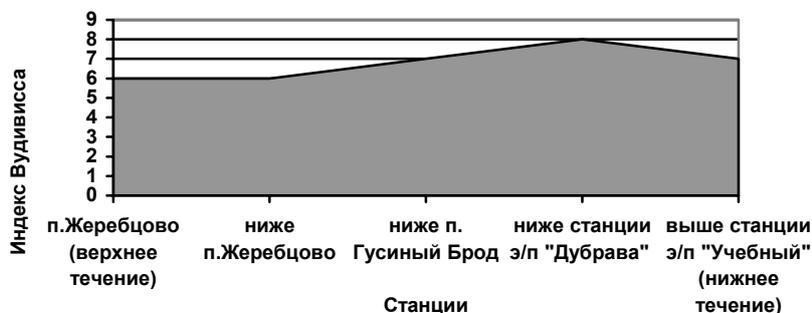


Рис. 3. Биотический индекс Вудивисса на различных участках р. Издревой в 2003 г.

Фауна донных беспозвоночных р. Издревой, значительно отличается от фауны европейских рек, для которых разработаны списки индикаторных организмов сапробности. Данное обстоятельство, не позволило провести сапробиологический анализ, т.к. было выявлено только два вида-биоиндикатора сапробности, а для подсчета индекса сапробности рекомендуется выявить не менее 12 видов [16]. Тем не менее, состав и структура зообентоса р. Издревой в целом характеризуют ее как чистую олиготрофную реку.

Нижнее течение р. Чумыш. Река Чумыш – правый приток Оби, площадь бассейна 23900 км², длина 644 км. Нижнее течение реки расположено на территории Усть-Чумышского заказника. В зообентосе бассейна нижнего течения р. Чумыш летом-осенью 2001 г. обнаружено 44 вида, относящихся к 5 классам: пиявок, двустворчатых моллюсков и паукообразных по 2 вида, брюхоногих – 6, насекомых – 32 [22]. Зоогеографический анализ показал преобладание палеарктических видов (43,9%), западно-палеарктических (32,8%) и голарктических (20,0%) видов, от-

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕК БАССЕЙНА ВЕРХНЕЙ ОБИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗООБЕНТОСА

мечены виды с южно-палеарктическим ареалом.

По численности и биомассе в зообентосе бассейна нижнего течения р. Чумыш доминировали брюхоногие моллюски и личинки хирономид (табл. 6). Причем первые преобладали в слабопроточных, а вторые в текучих водах. Уровень развития зообентоса варьировал в широких пределах: от 0,3 тыс.экз./м² и 0,72 г/м² (русло Чумыша), до 1,1 тыс.экз./м² (пойменные озера) и 92,0 г/м² (протоки Чумыша).

Результаты, полученные при изучении качества вод в нижнем течении р. Чумыш, свидетельствуют об умеренном загрязнении реки и связанных с ней пойменных водоемов органическими веществами, что по уровню сапробности соответствует бета-мезосапробной зоне (табл. 2).

Данные биоиндикации качества воды р. Барнаулки согласуются с результатами химического анализа [23] и биотестирования на бактериях *Photobacterium phosphoreum* и рачках *Daphnia magna* [24], которые показали постепенное повышение концентрации биогенов и тяжелых металлов, увеличение токсичности воды и донных отложений для тест-объектов от истоков к устью, а также увеличение содержания тяжелых металлов в моллюсках. Коэффициент корреляции примененных для анализа индексов с БПК₅ варьировал в широких пределах: 0,40±0,35 для Вудивисса, 0,65±0,29 – Гуднайта и Уитлея, 0,71±0,27 – Маргалефа и 0,80±0,23 – Пантле и Букка. Аналогичные данные получены на р. Которосль – коэффициенты корреляции индексов с БПК₅ составили: Вудивисса – 0,25, Гуднайта и Уитлея – 0,68, Пантле и Букка – 0,56 [25].

Наиболее перспективным экспрессным методом для биомониторинга малых и средних рек бассейна Верхней Оби является система Вудивисса. Однако оценка качества воды этим методом часто затруднена и не согласуется с оценкой по другим показателям. Причиной этого может быть несбалансированность видового состава и индикаторных значений системы для условий конкретного региона. Неэффективной систему в исходном виде считают для нижней Волги и малых рек Латвии [6]. Региональные особенности фауны определяют необходимость модификации системы для большей части рек территории России. Поэтому система модифицирована для некоторых рек Европейской части России [11, 25], Восточного Казахстана [26], а также Енисея [10]. Тем не менее, она рекомендована Госкомгидрометом [13] и успешно приме-

няется на реках Европейской части РФ. М.А. Бекетов [27] на реках Новосибирской области показал хорошую корреляцию (>0,5) этого индекса с индексом загрязнения вод, а также с загрязненностью воды соединениями азота, фенолами и СПАВ.

Таблица 2
Биологические индексы качества вод по зообентосу бассейна нижнего течения р. Чумыш в августе-сентябре 2001 г.

Водные объекты	Маргалефа	Пантле и Букка	Гуднайта и Уитлея	Вудивисса	Качество вод
Озеро (безымянное)	2,5	2,4	0	–	умеренно загрязненные
Протока	2,1	2,0	0	4	умеренно загрязненные
Русло Чумыша	4,5	2,2	0	4	умеренно загрязненные

Другим перспективным методом индикации качества речных вод бассейна Верхней Оби должен стать индекс Гуднайта и Уитлея. Он хорошо зарекомендовал себя для водотоков Латвии [6], Восточной Сибири [7], на реках Дальнего Востока [28]. Основным ограничением применения является его недостоверность при численности олигохет ниже 20% [11].

В экспертных оценках, требующих большей точности определения уровня органического загрязнения, особенно при их малых значениях, незаменим индекс сапробности. Как было показано ранее [2], существенных зоогеографических препятствий в его применении на притоках Верхней Оби нет, также результаты его применения на изученных водотоках подтверждены химическим анализом воды [21, 23]. К недостаткам этой системы и ее модификаций можно отнести то, что она не учитывает степень естественной трофности вод [29], а также трудность ее практического применения, т.к. она требует детальной обработки материала до вида и, следовательно, высококвалифицированных специалистов по систематике и много времени на обработку материала.

Хорошо зарекомендовал себя индекс видового обилия Маргалефа. В Новосибирской области он коррелировал с наибольшим числом загрязняющих веществ [27]. Оценка степени загрязнения по биоразнообразию

применима практически к любым видам загрязнения.

ВЫВОДЫ

1. Для биоиндикации притоков Верхней Оби наиболее информативны индексы: Пантле и Букка, Гуднайта и Уитлея, Вудивисса, Маргалефа.

2. Вода р. Барнаулки в верхнем и среднем течении умеренно загрязненная, в нижнем течении – грязная. Вода р. Б. Черемшанки хорошего качества, а в истоках реки – чистая. Нижнее течение р. Чумыш относится к умеренно загрязненным. Р. Издревая – умеренно загрязненная.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ № НШ-22.2003.5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов В.А., Качалова О.В. Зообентос в системе контроля качества вод // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. – Л., 1981. – С. 5-12.
2. Безматерных Д.М. Зообентос как индикатор экологического состояния притоков Верхней Оби (на примере рек Барнаулка, Большая Черемшанка и Чумыш): Автореф. дис.... к.б.н. – Барнаул: АлтГУ, 2003. – 18 с.
3. Безматерных Д.М. Методы индикации экологического состояния по составу и структуре зообентоса // Межрегиональный экологический форум: Сб. – Барнаул, 2004. – С. 66-69.
4. Pantle R., Buck H. Die biologische Uberwachung der Gewasser und die Darstellung der Ergebnisse // Gas – und Wasserfach. – 1955. – V. 96, № 18. – S. 604-618.
5. Goodnight C.J., Whitley L.S. Oligochetes as indicators of pollution // Proc. 15-th Int. Waste Conf., Purdue Univ. Ext., Sec. – 1961. – V. 106. – P. 139-142.
6. Пареле Э.А. Малоцетинковые черви районов рек Даугава и Лиелупе, их значение в санитарно-биологической оценке: Автореф. дис.... к.б.н. – Тарту, 1975. – 23 с.
7. Зиновьев В.П. Экспресс-методы определения качества вод по зообентосу в реках Восточной Сибири // Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. Вып. 1. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – С. 127-134.
8. Балущкина Е.В. Функциональное значение хирономид в континентальных водоемах. – Л.: Наука, 1989. – 152 с.
9. Вудивисс Ф. Биотический индекс реки Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. – Л., 1977. – С. 132-161.
10. Скопцова Г.Н. Зообентос как индикатор качества воды в региональном аспекте: Автореф. дис.... к.б.н. – Москва, 1981. – 21 с.
11. Пшеницына В.Н. Об эффективности шкалы Вудивисса при биоиндикации качества воды // Гидроб. журн. – 1986. – № 4. – С. 42-45.
12. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. – М.: Мир, 1992. – 320 с.
13. Абакумов В.А., Черногаева Г.М. Состояние экосистем вод России по данным многолетнего мониторинга // Состояние и комплексный мониторинг природной среды и климата. – М.: Наука, 2001. – С. 177-191.
14. Кимстач В.А. Классификация качества поверхностных вод в странах Европейского экономического сообщества. – С.-Пб.: Гидрометеоздат, 1993. – 48 с.
15. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. – Москва: СЭВ, 1990. – 84 с.
16. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 40 с.
17. Руководство по гидробиологическому мониторингу поверхностных экосистем. – СПб.: Гидрометеоздат, 1992. – 318 с.
18. Богатов В.В. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 1994. – 218 с.
19. Водоемы Алтайского края. – Новосибирск: Наука, 1999. – 285 с.
20. Кириллов В.В. Разнообразие водных экосистем бассейна Оби // Введение в экологическое моделирование. – Барнаул: изд-во «Азбука», 2001. – С. 9-43.
21. Веснина Л.В., Соловов В.П., Безматерных Д.М. и др. Эколого-биологическая характеристика бассейна реки Большая Черемшанка (бассейн Верхней Оби) // Известия АлтГУ. – 2002. – №3(25). – С. 79-83.
22. Силантьева М.М. и др. Изучение биологического разнообразия в комплексном заказнике «Усть-Чумышский» Тальменского района Алтайского края // Особо охраняемые природные территории Алтайского края и сопредельных территорий, тактика сохранения видового разнообразия и генфонда. – Барнаул, 2002. – С. 165-173.
23. Бельдеева Л.Н. и др. Химический анализ качества вод // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна. – Барнаул, 2000. – С. 193-200.
24. Безматерных Д.М., Тушкова Г.И., Эйдукайтене О.В. Сравнительный сапробиологический и токсикологический анализ качества вод р. Барнаулки // VIII съезд ГБО РАН: Тез. докл. Т. 3. – Калининград, 2001. – С. 21-22.
25. Березина Н.А. Оценка качества вод р. Которосли и ее притоков по составу зообентоса // Водные ресурсы. – 2000. – № 6. – С. 718-727.
26. Евсеева А.А., Кушников Л.Б. К вопросу о модификации системы биотических индексов Вудивисса для водоемов Восточного Казахстана // Тр. Заповедника «Тигерский». Вып. 1. – Барнаул, 2005. – С. 288-289.
27. Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведения водоохраных меро-

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕК БАСЕЙНА ВЕРХНЕЙ ОБИ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗООБЕНТОСА

приятий по территории деятельности Зап.-Сиб. територ. управл. по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 2003 год. – Новосибирск, 2004. – Ч. 1. – 150 с.

28. Брызгалов В.А. и др. Реки Дальнего Востока в условиях современного антропогенного воз-

действия // Водные ресурсы. – 2000. – № 2. – С. 245-253.

29. Полищук В.В., Тарасевич И.Г., Онанко Ю.И. Сопоставление систем биологической индикации на примере североукраинских водоемов // Водные ресурсы – 1983. – № 2. – С. 152-167.