

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАКРОЗООПЕРИФИТОНА ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ Р. ДЕВИЦЫ)

Л. Н. Хицова¹, Л. В. Молоканова²

¹ Воронежский государственный университет

² Воронежский государственный университет инженерных технологий

Поступила в редакцию 03.03.2014 г.

Аннотация. Исследование макрозооперифитона реки Девицы (приток р. Дон) и анализ сезонной и многолетней динамики информационных индексов его сообществ позволили определить класс качества вод на исследуемом участке реки и выявить виды-индикаторы.

Ключевые слова: зооперифитон, информационные показатели, качество вод.

Abstract. The study of macrozooperiphyton river Devitsa (inflow of the river Don) and the analysis of seasonal and long-term dynamics of index information of its communities has allowed to define the class of water quality on the studied part of the river and to identify indicator species.

Keywords: zooperiphyton, information indicator, the quality of water.

Система мониторинга поверхностных вод в Российской Федерации остается преимущественно ориентированной на определение качества воды по ее химическому составу. Однако в странах Западной Европы и Северной Америки в настоящее время системы мониторинга поверхностных вод претерпели существенные изменения. Основа этих изменений – переход от чисто химического контроля на биологический, который основан на системе биоиндикации. Основной причиной перехода на биологический контроль является тот факт, что сообщества водных организмов отражают совокупное воздействие факторов среды на качество поверхностных вод [1].

Существуют различные информационные показатели, характеризующие качество поверхностных вод. Часто для мониторинга текучих вод применяют индексы, учитывающие присутствие, обилие и соотношение представителей различных, более или менее крупных таксонов надвидового ранга [2, 3].

Для определения некоторых из этих индексов важны лишь качественные признаки: присутствие в водоеме особей любых видов, относящихся к выделенным таксономическим группам.

Одним из наиболее часто используемых показателей в системе мониторинга является соотношение численностей или числа видов различных систематических групп [1].

Метод крупных таксонов широко применяется в практике гидробиологического мониторинга благодаря простоте вычислений, отсутствию трудоемких таксономических определений.

Недостатком подобных индексов является объединение видов с разными требованиями к чистоте окружающей среды в общие крупные группы. При своей простоте эти индексы не всегда обеспечивают достаточную надежность биоиндикации [2].

Обычно негативное антропогенное воздействие приводит к уменьшению количества видов в сообществах, поэтому значения индексов разнообразия сообществ гидробионтов при загрязнении окружающей среды также уменьшаются.

Большинство методик, использующих совокупность гидрохимических и гидробиологических факторов, оперируют с термином класс вод, под которым понимается ранговая оценка состояния качества вод, определяемая комплексом нормативных величин показателей, связанных с функционированием водных экосистем и требованиями водопользователей [4].

Биоиндикация, включающая анализ природных сообществ, дает объективные оценки качества вод.

Элементарным объектом исследования гидробиологии является организм-гидробионт. Перифитон представляет группировку гидробионтов, одним из основных элементов биотопа для которой, является субстрат [5].

В водоемах, испытывающих антропогенную нагрузку, довольно много организмов перифитона. Достаточно ярко выраженные ответные реакции сообществ перифитона на антропогенное загрязнение позволяют говорить о возможности использования данной группы гидробионтов в качестве индикаторных организмов.

Однако степень изученности данной группировки гидробионтов уступает бентосу и планктону. В настоящее время отмечается повышенный интерес к изучению перифитона как биоиндикатора экологического состояния водоемов.

МЕТОДИКА

В летне-осенний период (2010-2011 гг.) нами проведено изучение перифитона р. Девыцы с применением метода искусственных субстратов, прикрепленных к модифицированному аналогу ловушки Т.А. Шараповой [6]. Материал для исследований собирали и обрабатывали по стандартным гидробиологическим методикам [7]. Для идентификации материала были изготовлены временные (в глицерине) и постоянные (в жидкости Фора) препараты на предметных стеклах. Макрозооперифитон идентифицирован по серии определителей ЗИН РАН [8-13].

При анализе информационной структуры сообщества применялись следующие формулы:

$$\text{Индекс Шеннона: } H = \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \cdot \log_2 \frac{N}{n_i};$$

$$\text{Индекс Маргалефа: } \alpha = \frac{(S-1)}{\ln N};$$

Показатель доминирования Симпсона:

$$C = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right)^2;$$

Показатель устойчивости по Алимову:
 $A = 0.31 \cdot e^{0.661 \cdot H};$

Показатель выровненности Пиеллоу:
 $V_1 = \frac{H - H_{\min}}{H_{\max} - H_{\min}};$

Индекс Балушкиной: $K = L_t + 0,5L_{ch} / L_o;$

Индекс Гуднайта и Уитлея: $j = N_{ол-г} / N_{бентоса} \cdot 100;$

Индекс сапробности: $S = \Sigma(sh) / \Sigma h.$

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ, ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основании исследований по формированию макрозооперифитона реки Девыцы на искусственных субстратах, исследован систематический состав зооперифитона в 2010-2011 гг. В течение всего периода исследования в 2010-2011 гг. в пробах отмечались олигохеты только из семейства Naididae, причем в 2011 г. видовой состав наидид увеличился за счет представителей р. *Nais* (*Nais elinguis*, *Nais bretscheri*, *Nais bechningi*, *Nais variabilis*), р. *Pristinella* (*Pristinella bilobata*), р. *Pristina* (*Pristina equizeta*), которые были немногочисленны. Вид *Nais elinguis*, обитающий в родниках и ручьях с холодной водой, был найден на кирпичном субстрате и битуме в июне и августе, а вид *Nais bechningi*, обычный в реках с быстрым течением и на каменистых грунтах [14], был обнаружен нами на кирпичном субстрате в августе 2011 г. *Nais pseudoobtusa*, который встречался в пробах 2010 г. на кирпиче и битуме, не был обнаружен в 2011 г. В 2010 г. среди наидид самым массовым видом был *Nais barbata*, а в 2011 г. – *Stylaria lacustris*, а виды *Nais barbata* и *Nais communis*, хотя и встречались на протяжении всего периода исследования, уступали по численности *Stylaria lacustris*, которая является индикатором β-мезосапробной зоны [15].

По сравнению с 2010 г. в 2011 г. возросло видовое разнообразие хирономид с 25 до 36 видов, за счет увеличения числа представителей подсемейства Orthoclaadiinae – с 8 видов в 2010 году до 21 вида в 2011 году. Массовыми видами хирономид р. Девыцы на исследуемом участке в 2010 г. были *Orthocladius* gr. *saxicola* и *Ablabesmyia monilis*. В 2011 г. массовыми видами были представители р. *Cricotopus* – *Cricotopus bicinctus* и *Cricotopus silvestris*.

Полученные данные согласуются с данными Зинченко [16], о включении вида *Cricotopus bicinctus* в доминирующий комплекс хирономид бассейна Средней и Нижней Волги и о доминировании представителей подсемейства Orthoclaadiinae

в фауне обрастаний холодноводных ручьев и родников. Река Девница по температурному режиму является холодноводной. Виды, относящиеся к подсемейству *Ortocladiinae*, составляют в 2011 г. 58.3 % от числа видов хирономид. Соотношение видов подсемейств *Ortocladiinae* и *Chironominae* составляет в 2011 г. 1.75, что является характерным для холодноводных водоемов.

Можно предположить, что отличия доминирующих представителей олигохет и хирономид вызваны аномально высокими температурами летом 2010 г. В 2011 г. в сообществах перифитона р. Девницы увеличилось число видов, характерных для холодных вод.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

К структурным показателям сообщества гидробионтов относится ряд характеристик, отражающих структуру сообщества в целом. Это видовое богатство, индекс видового разнообразия Шеннона, индекс доминирования Симпсона, индекс Маргалефа, ранговое распределение видов и другие [1].

Была проанализирована сезонная и многолетняя динамика информационных индексов макрозооперифитона р. Девницы (таблица 1). Информационные показатели сообществ макрозооперифитона в 2010-2011 гг. свидетельствуют о благополучном уровне их структуры ($H > 3,0$ бит/экз.), при этом наиболее оптимально сформирован перифитон в июне и июле 2011 г., что подтверждается индексами выровненности V и устойчивости A .

Индекс Маргалефа в 2011 г. характеризует высокое видовое разнообразие сообществ в течение всего лета, с небольшой пессимизацией в июле. Индекс Вудивисса свидетельствует об умеренном загрязнении воды (β -мезосапробный водоем) р. Девница в июле 2010 г. и ухудшении качества воды в августе и сентябре этого же, когда тип водоема становится α -мезосапробным.

Анализ значений олигохетного индекса Гуднайта и Уитлея показывает благополучное состояние водоема в июле 2010 г. и июне 2011 г. (рисунок 1), класс качества воды I (очень чистые), соответствующий ксеносапробной зоне.

В августе и сентябре 2010 г. значения олигохетного индекса свидетельствуют об ухудшении экологического состояния воды, соответствующей IV классу чистоты (загрязненная), α -мезосапробной зоне.

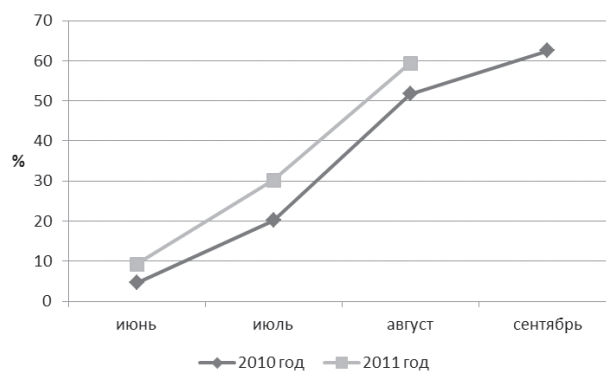


Рис. 1. Значения олигохетного индекса Гуднайта и Уитлея для зооперифитона р. Девницы

В июле 2011 г. вода оценивается как умеренно загрязненная (β -мезосапробная зона), но в августе качество воды ухудшается и оценивается как загрязненная (α -мезосапробная зона). В 2010-2011 гг. происходило увеличение численности олигохет в конце лета, что свидетельствует об ухудшении экологического состояния водоема и находит отражение в значении индекса Гуднайта и Уитлея.

Индекс Вудивисса отражает присутствие индикаторов чистой воды – веснянок, поденок и ручейников. Личинки веснянок в течение 2010-2011 гг. в р. Девнице обнаружены не были. В качестве индикаторных групп рассматривались поденки и ручейники – типичные представители фауны р. Девницы, число которых снижается в течение летнего периода 2011 г., а в 2010 г. поденки отсутствовали в пробах с конца июля.

На рисунках 2 и 3 приведены значения класса качества воды в р. Девнице по индексам Гуднайта и Уитлея и Вудивисса.

Типичные представители *Ephemeroptera* в р. Девнице – поденки р. *Baetis* и *Caenis*. Представители р. *Baetis* встречаются 7 и 19 июля 2010 г. и в июне 2011 г., когда вода в исследуемой реке оценивается как чистая, поэтому виды данного рода являются индикаторами чистоты воды. При ухудшении качества воды в июле и августе 2011 г. определялись только представители р. *Caenis* – вид *Caenis (Caenis) macrura*, т.е. поденки данного вида являются индикаторами загрязнения вод, что совпадает с данными Шараповой [6].

Индекс Балушкиной, отражающий соотношение личинок хирономид п/с *Chironominae* и п/с *Orthocladinae*, в течение 2011 г. и в начале июля, августе, сентябре 2010 г. характеризует воды р. Девницы как чистые, однако, по результатам анализа проб от 19 июля и 31 июля 2010 г., вода характеризуется как умеренно загрязненная. В

Сезонная и многолетняя динамика информационных индексов макрозооперифитона р. Девицы (интегральные пробы по датам)

Информационные индексы	2010 год					2011 год		
	7.07	19.07	31.07	19.08	11.09	26.06	25.07	23.08
Индекс Шеннона, H (бит/экз.)	3.62±0.05	3.32±0.03	4.29±0.03	4.20±0.04	3.13±0.06	4.66±0.03	4.37±0.03	3.58±0.07
$H_{\max} - H_{\min}$ (бит/экз.)	3.91-0.32	3.32-0.45	4.46-0.37	4.52-0.37	4.0-0.24	5.61-0.23	5.29-0.21	5.21-0.35
Выровненность, V	0.92	0.99	0.96	0.92	0.77	0.82	0.82	0.67
Концентрация доминирования Симпсона, C_q	0.11	0.10	0.06	0.07	0.20	0.08	0.07	0.21
Индекс Маргалефа, α	2.29	1.74	3.28	3.40	2.30	6.06	4.90	5.07
Устойчивость сообщества по Алимову, A	0.34	0.28	0.53	0.50	0.25	0.67	0.56	0.33
Показатель энтропии фон Ферстера, F	0.07	0.0	0.04	0.07	0.22	0.17	0.17	0.31
Индекс Вудивисса	6	7	6	5	4	7	7	8
Индекс Балушкиной, K	0.811	1.857	1.799	0.885	0.523	0.234	0.254	0.724
Индекс Гуднайта-Уитлея, %	4.64	0	20.18	51.76	62.50	9.23	30.20	59.41

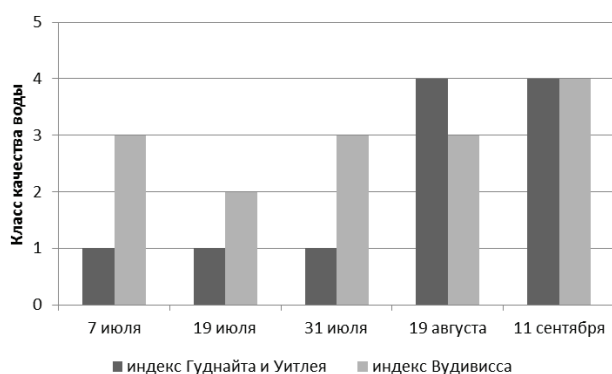


Рис. 2. Значения класса качества вод по индексам Гуднайта и Уитлея и Вудивисса в р. Девице в 2010 г.

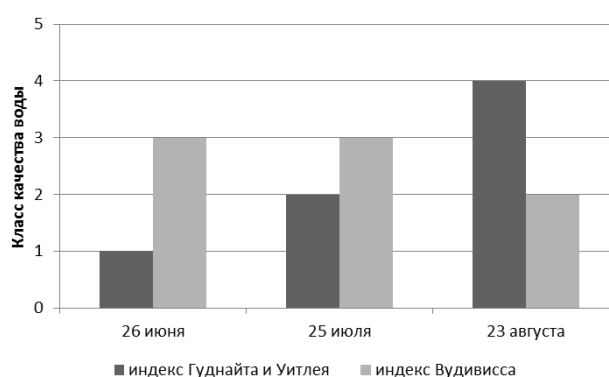


Рис. 3. Значения класса качества вод по индексам Гуднайта и Уитлея и Вудивисса в р. Девице в 2011 г.

июне-июле 2011 года доминировал вид ортокладин *Cricotopus bicinctus*, в августе в пробах он не обнаруживался, т.е. данный вид хирономид является индикатором чистоты воды, что совпадает с мнением Шараповой [6].

На рисунках 4 и 5 представлена динамика информационных индексов макрозооперифитона р. Девицы. Проведенные исследования сообществ перифитона искусственных субстратов, подтверждают возможность использования данной конкретной группировки гидробионтов для оценки качества воды р. Девицы, которая является холодноводной рекой для данного географического района и характеризуется высокой скоростью течения.

Сформировавшиеся сообщества гидробионтов на уровне макрозооперифитона характеризуют воды р. Девицы на исследуемом участке как

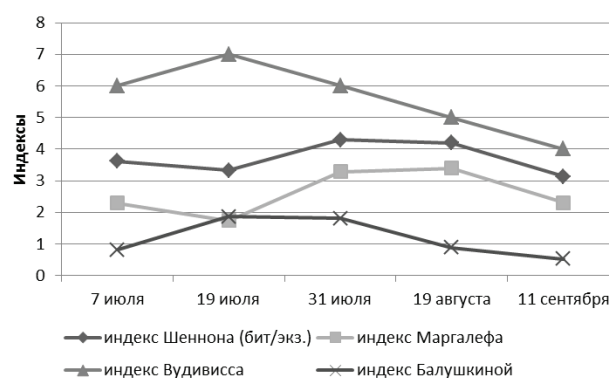


Рис. 4. Динамика информационных индексов макрозооперифитона р. Девицы в 2010 г.

β -мезосапробные, класс чистоты воды III (умеренно-загрязненные), с некоторой пессимизацией в конце лета.

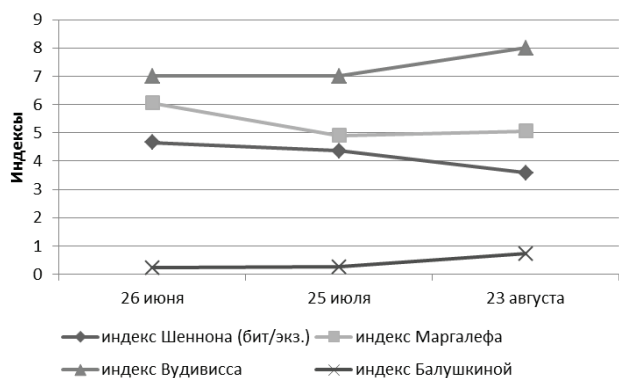


Рис. 5. Динамика информационных индексов макрозооперифитона р. Девницы в 2011 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод / В.П. Семенченко. — Мн. : Орех, 2004. — 125 с.
- Шуйский В.Ф. Биоиндикация качества водной среды, состояния пресноводных экосистем и их антропогенных изменений / В.Ф. Шуйский, Т.В. Максимова, Д.С. Петров // VII Междунар. конф. «Экология и развитие Северо-Запада России» – СПб., 2-7 августа 2002 г. : Сб. научн. докл. — СПб.: Изд-во МАНЕБ, 2002. — С. 25–45.
- De Pauw N. Biotic index for sediment quality assessment of watercourses in Flanders, Belgium / N. De Pauw, S. Heylen // *Aquatic Ecology*. — 2001. — 35. — P. 121–133.
- Оксиюк О.П. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О.П. Оксиюк, В.Н. Жукин // *Гидробиологический журнал*. — 1993. — Т. 29, вып. 4. — С. 62–76.
- Протасов А.А. Перифитон как экотопическая группировка гидробионтов / А.А. Протасов // *Журн. Сибир. федер. ун-та. Сер. «Биология»*. — 2010. — Т. 3, № 3. — С. 228–239.
- Шарапова Т.А. Зооперифитон внутренних водоемов Западной Сибири / Т.А. Шарапова. — Новосибирск : Наука, 2007. — 167 с.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу поверхностных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. — СПб. : Гидрометеиздат, 1992. — 318 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 1. Низшие беспозвоночные: Губки, Книдарии, Турбеллярии, Коловратки, Гастротрихи, Нематоды, Волосатики, Олигохеты, Пиявки, Мшанки, Тихоходки. — СПб., 1994. — 396 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 2. Ракообразные: Листоногие, Ветвистоусые, Веслоногие, Остракоды, Кумовые, Мизиды, Изоподы, Декаподы, Амфиподы. — СПб., 1995. — 628 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 3. Паукообразные и низшие насекомые: Акариды, Орибатиды, Галакариды, Гидрахниды, Пауки, Ногохвостки, Поденки, Веснянки, Стрекозы, Клещи. — СПб., 1997. — 448 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 4. Высшие насекомые: Двукрылые насекомые (Комары, Мухи). — СПб., 1999. — 1000 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 5. Высшие насекомые: Ручейники, Бабочки, Жуки, Большекрылые, Сетчатокрылые. — СПб., 2001. — 836 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 6. Моллюски, Полихеты, Немертины. — СПб., 2004. — 528 с.
- Скальская И.А. Зооперифитон водоемов бассейна Верхней Волги / И. А. Скальская. — Рыбинск, 2002. — 256 с.
- Пономарев В. Биологическое разнообразие водных экосистем Печорского региона / В. Пономарев, А. Стенина, О. Лоскутова, Е. Патова // *Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН*. — 2004. — № 2 (76). — С. 18–24.
- Зинченко Т.Д. Результаты и перспективы биоиндикационных исследований водоемов и водотоков Волжского бассейна (на примере хирономид, Diptera: Chironomidae) / Т.Д. Зинченко // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. — 2006. — Т. 8, № 1. — С. 248–262.

Молоканова Лариса Витальевна — кандидат биологических наук, доцент кафедры инженерной экологии факультета экологии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий; тел.: (473) 2496024, e-mail: larisa280272@yandex.ru

Хицова Людмила Николаевна — доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии и паразитологии биолого-почвенного факультета, Воронежский государственный университет; тел. (473) 2208884, e-mail: khitsova.vgu@yandex.ru

Molokanova Larissa V. — candidate of biological Sciences (PhD), the senior lecturer of engineering ecology department of ecology and chemical technology faculty, the Voronezh State University of Engineering Technologies; tel.: (473) 2496024, e-mail: larisa280272@yandex.ru

Hitsova Lyudmila N. — Dr.Sci.Biol., the professor of zoology and parasitology department of biology-soil faculty, the Voronezh State University; tel.: (473) 2208884, e-mail: khitsova.vgu@yandex.ru