

источников, отличных от лекционного курса и рекомендованных в нем источников, не смогут правильно (с точки зрения системы-экзаменатора) ответить на такой вопрос.

4. Как известно, возможности современных программных средств стремительно расширяются. Регулярно появляются их новые версии, отличающиеся от предыдущих как существенными дополнительными возможностями, так и изменением интерфейса (появлением новых пунктов меню/подменю, модификацией панелей инструментов, изменением содержания и вида диалоговых окон для задания пользовательского выбора и ограничений и др.). К тому же смена версий программного продукта не является одномоментной для всех пользователей; в эксплуатации (даже внутри одного учебного заведения в разных компьютерных классах) могут находиться разные версии одного и того же программного продукта. В связи с этим следует внимательно относиться к формулировкам заданий типа: выбрать из предложенного набора вариантов правильную последовательность действий для решения той или иной задачи с помощью конкретного программного средства. Формулировка альтернатив в терминах элементов интерфейса незнакомой студенту версии известного ему программного продукта может незаслуженно лишить его баллов за правильный ответ.

Описанная система мультимедийной поддержки лекционных курсов, лабораторных занятий, организации самостоятельной работы студентов, контроля их знаний применяется более трех лет в курсах геоинформационного цикла на географическом факультете БГУ.

1. Аванесов, В.С. Композиция тестовых заданий: Учеб. кн. М., 2002.

2. Радьков, А.М., Кравец, Е.В., Чеботаревский, Б.Д. Разработка дидактических тестовых заданий и тестов. Могилев, 2004.

Поступила в редакцию 14.03.05.

**Иосиф Станиславович Войтеу/енко** - кандидат технических наук, доцент.

**Валерий Борисович Таранчук** - доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой.

УДК 577.486:627 (476)

А.И. ЗАРУБОВ, М.И. ПЕТРОВА

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ р. ПТИЧЬ В ПРЕДЕЛАХ МИНСКОГО РАЙОНА

The spatial and temporal distributions of Ptich river zooplankton were researched. 87 species of water invertebrates were identified. The biomass changes of zooplankton are 0,01-7,43 mg/l. Shannon index was calculated; its meanings within 0,890-3,947 were fluctuated. The hydrochemical and hydrobiological indices of Ptich river allow to attribute to clean category.

В Беларуси насчитывается около 20,8 тыс. рек и ручьев, подавляющее большинство которых принадлежит к малым рекам. Общая их длина составляет около 91 тыс. км.

Усилившееся в последние десятилетия воздействие человека на водные объекты проявляется в изменении их естественного стока и антропогенном загрязнении. В результате этого изменяется качество воды в реках. Особенно интенсивно этот процесс протекает вблизи крупных городов и наиболее сильно трансформирует природную среду малых рек, имеющих низкую самоочистительную способность вследствие незначительных морфометрических параметров.

В качестве объекта исследования была выбрана р. Птичь - левый приток р. Припять, верховья которой находятся вблизи г. Минска. Длина реки превышает 420 км, а площадь водосбора достигает 9470 км<sup>2</sup>. Птичь берет свое начало на высоте 295 м над уровнем моря в одном километре западнее от д. Норейки Дзержинского района, а устье находится у д. Багримовичи Петриковского района. Долина реки преимущественно трапецевидная, у истока она составляет около 0,1 км, ниже - 1,5-5,5 км. Пойма двухсторонняя, ее ширина до д. Горо-

дище Минского района колеблется в пределах от 60 до 300 м. Русло извилистое, разветвляясь протоками, образует острова. Его ширина в верхнем течении до устья р. Осочанка (85 км от истока) достигает 5-10 м, ниже - 20-45 м, в нижнем течении - 45-70 м. Для обеспечения рекреационных потребностей г. Минска в верхнем течении создано Волчковичское водохранилище. По берегам р. Птичь встречаются многочисленные родники, дворцово-парковые комплексы (д. Прилуки).

Цель работы - изучение современного экологического состояния р. Птичь в пределах Минского района на основе пространственно-временного анализа гидрохимических и гидробиологических показателей.

Были проведены исследования гидрохимического состава воды и отобраны пробы зоопланктона, структура которого служит показателем качества воды.

Гидрохимический анализ воды выполнен в кабинете экологического мониторинга на географическом факультете БГУ. Отбор гидробиологических образцов проводился с интервалом в одну неделю в течение сентября - октября 2003 г., а также в мае - июне, сентябре и октябре 2004 г. Для более полного учета мелких таксонов зоопланктона использовался метод отбора отстоянных проб (1 л). Отобранный материал фиксировали 4 % раствором формалина. Обработку проб зоопланктона осуществляли в камере Богорова под бинокулярным микроскопом МБС-10, определение видов - под микроскопом «Биолам». Идентификация организмов проводилась по определителям Л.А. Кутиковой [1], Е.Т. Мануйловой [2] и В.И. Монченко [3]. Расчет массы тела ракообразных выполняли на основе степенных уравнений связи между длиной и массой тела; биомассу коловраток рассчитывали путем сравнения формы их тела с подобными геометрическими фигурами [4].

В верхнем течении р. Птичь были выбраны участки для станций мониторинга: 1 - выше д. Новый Двор; 2 - Волчковичское водохранилище; 3 - ниже д. Прилуки.

Река Птичь в районе ст. 1 имеет ширину около 3-5 м и максимальную глубину в межень 0,3-0,7 м. По обоим берегам реки расположена водоохранная лесополоса шириной 100-500 м, сразу за которой начинаются сельскохозяйственные угодья. Местами русло подпружено упавшими деревьями, крупными ветвями и различными бытовыми предметами. В прибрежной лесополосе были обнаружены бобровые погрызы. Высшая водная растительность встречается фрагментарно и представлена почти исключительно гидатофитами (рдест и роголистник).

Ст. 2 представляет собой мелководную часть верховья Волчковичского водохранилища, сильно заросшую гидрофитами и гидатофитами. Площадь водохранилища около 0,85 км<sup>2</sup>, максимальная глубина 6,5 м. Территория вблизи станции испытывает сильный антропогенный пресс, поскольку здесь размещена благоустроенная рекреационная зона г. Минска. Кроме того, на расстоянии не более 1 км от уреза воды располагаются сельскохозяйственные угодья и сельские населенные пункты Строчица и Волчковичи.

Ст. 3 выбрана на участке р. Птичь в 1 км ниже д. Прилуки, где ширина русла в межень достигает 4-6 м и глубина не превышает 0,7-1 м. Полоса береговой древесно-кустарниковой растительности составляет 50-200 м. Зарастаемость русла макрофитами очень слабая, высшая водная растительность встречается только фрагментарно на участках с замедленным течением.

Ст. 4 расположена на р. Менка в 100 м от места ее впадения в р. Птичь. В настоящее время река представляет собой ручей длиной всего несколько километров и шириной до 1 м; средняя глубина в межень не превышает 0,1 м. Растущий по берегам кустарник практически перекрывает ее полностью, не давая возможности развиваться высшей водной растительности.

Изучение гидрохимического состава воды в р. Птичь позволило установить, что содержание химических веществ в верховье колеблется в широких пределах по сезонам года и составляет 303-522,3 мг/л. Их концентрация нарастала по мере прохождения через сельские населенные пункты Строчицы, Волчковичи, Атолино и Прилуки. Минерализация воды за осенний период значительно выше аналогичных показателей за летний (рис. 1). Основу минерализации со-

отавляют гидрокарбонаты, содержание которых достигает 305,0 мг/л в р. Птичь и 366 мг/л в р. Менка. Основными элементами, которые определяют жесткость воды, являются кальций, магний и хлор, составляющие соответственно 72,1; 12,6 и 21,9 мг/л на ст. 1 и 71,3; 15,1 и 22,7 мг/л на ст. 2; окислительно-восстановительная реакция воды слабощелочная - 7,80 (ст. 1) и 7,30 (ст. 2).

Заметные различия отмечаются в концентрации химических элементов в р. Птичь, мелких притоках (р. Менка) и Волчковичском водохранилище. Если содержание химических веществ в р. Птичь и Волчковичском водохранилище примерно одинаковое и заметных сезонных флуктуаций не наблюдается (см. рис. 1), то р. Менка отличается высокой минерализацией (до 522,3 мг/л), на 20-30 % превышающей соответствующий показатель на ст. 1-3. Скорее всего, это следует объяснить низкой самоочистительной способностью реки, значительным поступлением поллютантов с сильно распаханного водосбора и обилием растительной органики, скапливающейся осенью в самой реке и по ее берегам.

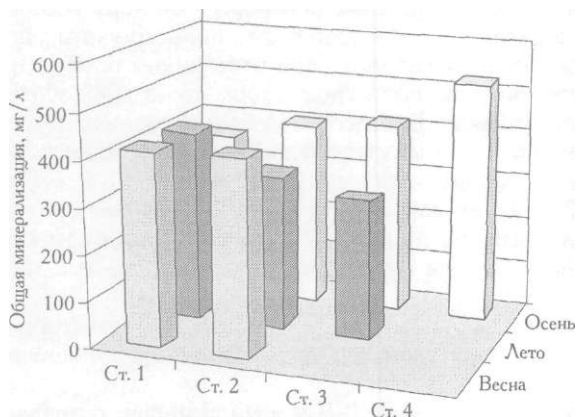


Рис. 1. Пространственно-временное распределение общей минерализации воды в верхнем течении р. Птичь в 2004 г.

Помимо гидрохимического состава воды были исследованы таксономическая структура и биомасса зоопланктона, которые отражают экологическое состояние водоема в сезонном аспекте.

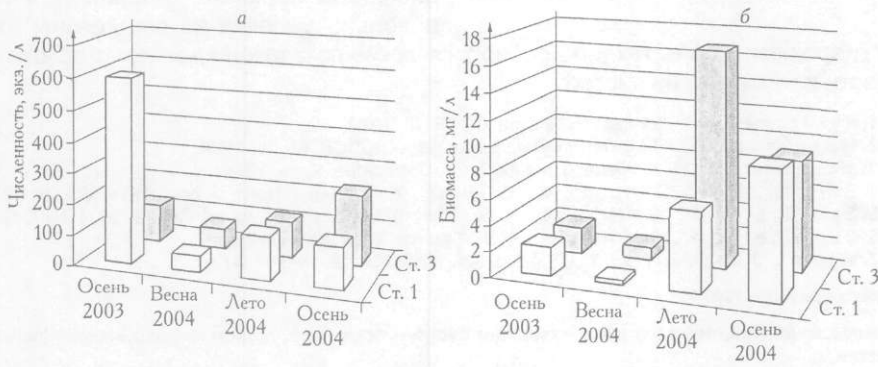
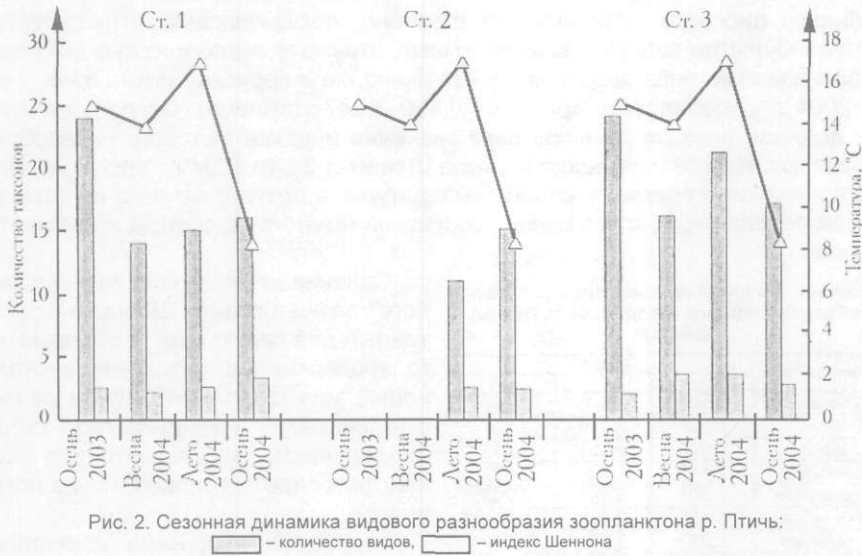
В результате проведенных исследований установлено 87 таксонов водных беспозвоночных, обитающих в планктоне р. Птичь и Волчковичском водохранилище. Основу видового разнообразия на всех станциях составляли коловратки - около 60 видов. Таксономическая структура зоопланктона Волчковичско-

го водохранилища характеризуется заметным повышением доли ветвистоусых ракообразных, обитающих преимущественно в стоячих водах. Всего в прибрежной зоне водохранилища идентифицировано 16 таксонов ветвистоусых ракообразных. Из других основных групп водных беспозвоночных встречались немногочисленные виды веслоногих рачков, хирономиды, олигохеты, гидры, остракоды, нематоды, тардиграды, паукообразные. Число видов животных в каждой пробе колебалось от 11 до 24, достигая максимума в осенний период (рис. 2).

Доминирующими видами среди водных беспозвоночных являлись: *Keratella quadrata quadrata* (Muller, 1786), *Keratella cochlearis* (Gosse, 1951) и *Polyarthra vulgaris* Carlin, 1943. Сравнивая полученные нами данные по видовому составу и плотности исследованных объектов в осенний период с аналогичными сведениями с других объектов (р. Сож в пределах г. Гомеля, р. Цна в Ганцевичском районе) [5, 6], можно утверждать, что в верховьях р. Птичь в данный период эти показатели значительно выше.

Так, численность зоопланктона в р. Птичь колебалась в широких пределах (рис. 3 а). Наибольший размах сезонных колебаний общей численности отмечался на ст. 1; незначительная глубина способствовала сильному воздействию факторов окружающей среды (перепады температуры и антропогенный пресс на прилегающем водосборе) на живые организмы. Менее выраженными оставались флуктуации общей численности прибрежного зоопланктона в Волчковичском водохранилище (96-767 экз./л), где ветвистоусые ракообразные составляли в течение года от 9,6 до 41 %, в то время как в проточных водах самой реки их доля редко превышала 10 %. В целом в водохранилище рачковый планктон составлял от 1/3 до 2/3 от общей численности.

Соотношение доминирующих групп зоопланктона, несмотря на заметную разницу в общей численности, практически одинаково на всех станциях.



Биомасса зоопланктона, представленная на рис. 3 б, была значительно выше на ст. 2 по сравнению с вышележащей акваторией реки. Такое изменение в пространственной динамике общей биомассы зоопланктона весьма характерно для речных экосистем, поскольку по мере нарастания стока улучшаются условия для более стабильного развития планктонных организмов, так как повышается самоочистительная способность воды и возрастает биотопическое разнообразие акватории.

Максимальные значения биомассы отмечены в летний период 2004 г. на ст. 1 за счет почти исключительного доминирования рачкового планктона, что не характерно для проточных водоемов (13,38 мг/л). Однако в самом верховье равнинных рек Беларуси скорость течения, как правило, незначительная вследствие малых уклонов поверхности и подпруженности водотоков древесным материалом (на р. Птичь в районе д. Новый Двор есть бобровые постройки). Образовавшиеся участки с очень медленным течением обычно заселяются веслоногими и ветвистоусыми ракообразными. В результате вымывания проточными водами эти организмы попадают в планктон, обогащая его видовое разнообразие. В целом колебания общей биомассы зоопланктона по сезонам года на ст. 1 составляют 0,01-3,28 мг/л (максимальное значение 13,38 мг/л) и на ст. 3 находятся в пределах 0,2-7,43 мг/л. В Волчковичском водохранилище биомасса зоопланктона значительно выше, менее подвержена сезонным флуктуациям и составляет 1,14-6,36 мг/л, наибольшие значения отмечаются в летний период.

Индекс видового разнообразия Шеннона, показывающий структурированность сообщества водных беспозвоночных, отражает экологическую ситуацию в каждом водоеме либо водотоке [7]. Его значение в верховье реки Птичь в течение 2004 г. колебалось в пределах 0,890-3,947 (таблица). Согласно полученным данным, вниз по течению реки значения индекса видового разнообразия возрастают. Резкое изменение индекса Шеннона 31.10.2004 г., вероятно, связано с понижением среднесуточной температуры, в результате чего из планктона выпали редкие виды, а его основу составили немногочисленные эврибионтные таксоны.

**Сезонные значения индекса видового разнообразия Шеннона в верховье р. Птичь (2004 г.)**

Дата отбора проб	Станция		
	1	2	3
28 мая	2,109	-	3,410
2 июня	2,624	2,440	3,891
7 июня	2,440	2,061	3,796
2 сентября	2,446	-	2,222
12 сентября	2,807	2,597	3,295
10 октября	3,656	2,609	2,742
17 октября	2,023	2,850	3,947
24 октября	3,700	2,316	2,712
31 октября	3,278	1,130	0,890

Сравнивая значения индекса видового разнообразия Шеннона, рассчитанные для самой реки и Волчковичского водохранилища (текучие и стоячие воды), можно отметить, что в лентических системах в течение года структурированность зоопланктонного сообщества более стабильна, чем в лотических.

Таким образом, нами установлено, что структурированность сообществ зоопланктона верхнего течения р. Птичь довольно высокая во все сезоны года.

Как гидрохимические, так и гидробиологические показатели вод дают основание отнести их к категории чистых.

1. Кутикова, Л. А. Коловратки фауны СССР. Л., 1970.
2. Мануйлова, Е. Т. Ветвистоусые рачки фауны СССР. М.; Л., 1964.
3. Монченко, В.И. // Фауна Украины. Т. 27. *Cyclopidae*. Киев, 1974.
4. Bottrell, H.H., Duncan, A., Gliwicz, Z. M. et al. // Norw. J. Zool. 1976. Vol. 24. № 4.
5. Зарубов, А.И., Бахрамов, А. Н. // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1. С. 79.
6. Зарубов, А.И., Курлович, А. В. Там же. 2005. № 1. С. 70.
7. Wilhm, J.L., Dorris, T. C. // Bio. Sci. 1968. Vol. 18. № 6. P. 477.

Поступила в редакцию 15.03.05.

**Александр Иванович Зарубов** - кандидат биологических наук, доцент кафедры географической экологии.

**Марина Игоревна Петрова** - студентка 5-го курса географического факультета.