

# Всероссийский исследовательский проект «Мониторинг водных объектов» (для школьников 10–17 лет)

ПРАКТИКА  
ОРГАНИЗАЦИИ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Глушенков Олег Владимирович,**

кандидат педагогических наук, методист полевого эколого-биологического центра «Экосистема», автор-координатор проекта

## Введение

Существуют проблемы окружающей среды, в решении которых дети могут принять непосредственное участие. Некоторые подобные исследования относятся к сфере загрязнений окружающей среды. Для школьников они доступны по следующим причинам. Во-первых, они позволяют проводить точные наблюдения по выявлению и определению их. Во-вторых, можно обсуждать и оценивать, интерпретировать эти наблюдения. В-третьих, преимущество такой работы в том, что их можно связывать с реальными проблемами, которые представляют очевидный интерес для человека, и общества.

Изучение качества и загрязнения поверхностных вод суши — проблема, актуальная уже несколько десятилетий и до сих пор далёкая от разрешения по причине малого охвата обследуемых территорий. Полноценный мониторинг возможен при выделении достаточного количества ключевых районов, наиболее полно охватывающих урбанизированную территорию России.

Постоянное увеличение разнообразия загрязняющих веществ с каждым годом

усложняет химические способы анализа загрязнений водоёмов. Биоиндикация (анализ качества воды по составу обитающих в ней живых организмов) имеет ряд преимуществ перед химическим анализом вод. Для научных исследований учащихся в МГУ М.В. Чертопрудом разработана компромиссная система биоиндикации, сочетающая в себе приемлемые уровни сложности, точности и универсальности и удобство применения на практике, что позволяет массово подключить к решению проблемы школьников страны.

Наш журнал совместно с полевым эколого-биологическим центром «Экосистема» берёт на себя курирование всероссийского проекта. Если вы хотите подключиться к общероссийской системе мониторинга качества воды в водотоках и водоёмах и получить консультации, сообщите об этом руководителю проекта Глушенкову Олегу Владимировичу ([yuny.issledovatel@yandex.ru](mailto:yuny.issledovatel@yandex.ru)).

**Примечание:** в № 4 за 2012 год журнала «Исследовательская работа школьников» опубликована программа всероссийского мониторингового проекта «Зимующие птицы России». Желающих присоединиться к нему просим обращаться по вышеуказанному адресу.

## Этапы реализации проекта

Сроки	Этапы исследования
Октябрь	Этап предварительного планирования и теоретическо-методической подготовки
Ноябрь	Рекогносцировочный этап
Декабрь-ноябрь	Этап основных учётных работ
Март	Завершающий этап зимних учётных работ и предварительной обработки результатов
Июнь	Завершающий этап весенних учётных работ и предварительной обработки результатов
Сентябрь	Завершающий этап летних учётных работ и предварительной обработки результатов
Ноябрь	Завершающий этап осенних учётных работ и этап представления годовых итоговых результатов



**Цель исследования:** изучение качества и загрязнения поверхностных вод в водотоках и водоёмах России методом биоиндикации.

**Задачи:**

► Определиться с водным объектом мониторинга. Выделить на объекте основные точки отбора проб.

► Организовать планомерный отлов водных беспозвоночных в точках отбора проб.

► Рассчитать индекс сапробности водного объекта по сезонам и за год в целом.

**Ожидаемые результаты:** ежемесячные (в течение года, на протяжении нескольких лет) отчёты в виде списков водных беспозвоночных и индикаторных таксонов; расчётов индекса сапробности для контролируемых водотоков и водоёмов; аналитические отчёты по качеству водной среды по каждому сезону и за год.

### Календарно-тематический план проекта

Сроки выполнения	Содержание этапов исследования	Форма отчёта
Октябрь	Предварительное планирование: выбор объекта и основных точек мониторинга на нём. Подготовка материалов и оборудования. Рекогносцировочное обследование точек мониторинга, оценка их доступности, удобства взятия проб	Представление координатору плана-схемы (или карты-схемы) водоёма или водотока с обозначением основных точек мониторинга
Ежемесячно (в течение года)	Отлов водных беспозвоночных в основных точках мониторинга. Определение видовой принадлежности. Выделение индикаторных таксонов. Расчёт индекса сапробности	Представление списка видов по точкам мониторинга. Оценка качества водной среды по индексу сапробности (ежемесячно)
В конце каждого сезона года (ноябрь, март, май, август)	Анализ оценки качества водной среды на протяжении сезона; за сезон	Аналитический отчёт по качеству водной среды за сезон
Конец октября	Анализ оценки качества водной среды на протяжении всего года; за год	Аналитический отчёт по качеству водной среды за год

### Организация и методы выполнения проекта

**Организация.** Объектом мониторинга за степенью органического загрязнения обычно выбирается водоток (ручей, река, канал), реже водоём (озеро, пруд, водохранилище), на котором расположен источник загрязнения (населённый пункт, скотоводческая ферма и т.п.). Точек, в которых постоянно берутся пробы, должно быть как минимум две: до источника загрязнения и после. В случае, если объектом мониторинга является водоём, также желательно иметь два места отбора проб: рядом с источником загрязнения и на максимально возможном удалении. Места отбора проб должны обязательно включать участок прибрежной зоны с водной растительностью и участок дна на открытой воде.

Отборы проб (отлов водных беспозвоночных), как можно более полноценных по видовому составу, необходимо будет проводить 1 раз в месяц, независимо от времени года в каждой из двух точек

отдельно (в разные ёмкости). Для чего в каждой из них необходимо последовательно отобрать пробы из зарослей произрастающей в воде растительности; с растительного опада и других предметов на дне водоёма; из ила или другого донного субстрата (в зимнее время (впрочем, и в летнее не помешает) рекомендуется не только непосредственно отбирать животных для последующего определения в лаборатории, но брать с собой достаточные пробы всех субстратов, для разбора их в лаборатории, на предмет наличия в них различных беспозвоночных и последующего их определения — только так мы можем получить полноценную информацию о видовом составе).

Определение беспозвоночных желательно производить с использованием увеличительных приборов по высланным нами определителям, как минимум, до семейства, при возможности, вплоть до вида. При сложности с определением на начальном этапе, неопределённые животные фиксируются в спирте (крупные засушиваются), с целью

их определения в последующем времени, с приобретением опыта.

Оценка сапробности водотока или водоёма, выбранного вами для мониторинга, рассчитывается по формуле Индекса сапробности с использованием данных из приведённых таблиц (Приложения I и II).

**Методы.** Основным методом исследований по проекту является биоиндикационный метод. Нами выбран самый современный, апробированный на водных объектах России, метод определения индекса сапробности для рек и ручьев центра Европейской России в модификации М.В. Чертопруда (2002), позволяющий существенно упростить анализ сапробности, одновременно повысить его чувствительность.

#### **Дальнейшее использование результатов проекта**

Данные по результатам проекта направляются на хранение в базу данных кафедры зоологии беспозвоночных Московского государственного университета. По мере накопления данных можно будет судить об общих тенденциях изменения состояния органического загрязнения водотоков и водоёмов России.

Обработка и анализ материалов по видовому составу водных беспозвоночных и определению сапробности водного объекта могут быть хорошей темой учебно-исследовательской работы школьников, по которой можно выступать с докладами на различных конференциях учащихся.

#### **Социальные партнёры:**

Журнал «Исследовательская работа школьников».

Кафедра зоологии беспозвоночных МГУ.

#### **Список литературных источников, использованных при составлении программы:**

Летние школьные практики по пресноводной гидробиологии: Методическое пособие / Сост. С.М. Глаголев, М.В. Чертопруд; Под ред. М.В. Чертопруда. М.: Добросвет, МЦНМО, 1999. — 288 с.

*Чертопруд М.В.* Модификация метода Пантле-Букка для оценки загрязнения водотоков по качественным показателям макробентоса // Водные ресурсы. — 2002. — Т. 29. — № 3. — С. 337–342.

*Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С.* Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. — М.: КМК, 2008. — 175 с.

#### **Рекомендуемый список литературы для учащихся:**

*Браун В.* Настольная книга любителя природы. — Л.: Гидрометеиздат, 1985 — 280 с.

*Райков Б.Е., Римский-Корсаков М.Н.* Зоологические экскурсии. — М.: Топикал, 1994. — 640 с.

*Уильям Х. Амос.* Живой мир рек. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 240 с.

*Хейсин, Е.М.* Краткий определитель пресноводной фауны М.: Учпедгиз, 1962. — 148 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

### **Оценка органического загрязнения водоёмов методом биоиндикации**

Животные организмы широко используются для определения уровня органического загрязнения (сапробности) водоёмов. Наиболее популярна биоиндикация загрязнения рек как наиболее связанных в наземной среде и выполняющих на Земле роль глобальной системы канализации (нагрузка на которую резко усиливается в результате деятельности человека). В реках для биоиндикации чаще используют бентос; в стоячих водоёмах более эффективно использование организмов планктона.

Шкалой для измерения загрязнённости и качества воды обычно является шкала сапробности Кольквитца-Марссона (от 0 до 4 баллов, с расширением до 7 баллов для сточных вод). В системе Госкомгидро-

мета принята своя классификация из 6 классов качества вод. Сапробность около 0 баллов (от 0 до 0.5) характеризует ксеносапробные условия (1-й класс качества по Госкомгидромету, наиболее чистые воды; на практике встречаются крайне редко, обычно высоко в горах). Сапробность около 1 балла (от 0.5 до 1.5) характеризует олигосапробные условия (2-й класс качества по Госкомгидромету, наиболее чистые природные воды в нашем регионе). Сапробность около 2 баллов (1.5–2.5) — β-мезосапробные (3-й класс качества, умеренно загрязнённые воды). Сапробность около 3 баллов (2.5–3.5) — α-мезосапробные (4-й класс качества, загрязнённые воды), около 4 баллов (3.5–4.0) — полисапробные



условия (5-й класс качества, грязные воды; это самая тяжёлая степень загрязнения, при которой встречаются макроорганизмы), более 4 баллов — гиперсапробные условия (6-й класс качества вод по Госкомгидромету, встречается в промышленных сточных водах).

При изучении качества воды методами биоиндикации следует учитывать некоторые методические тонкости. Во-первых, сапробность водоёмов имеет не только антропогенный, но и естественный характер; каждому водоёму присущ свой фон содержания органики (таблица 1). В реках и ручьях средней полосы естественная сапробность варьирует от олиго до β-мезосапробного уровня; в озёрах обычно близка к β-мезосапробному уровню; малые стоячие водоёмы в силу естественной эвтрофикации обычно α-мезосапробны. Во-вторых, оцениваемое с помощью бентосных организмов качество воды различается в одном и том же водоёме на разных субстратах: обычно на камнях и макрофитах сапробность ниже, чем на заиленных грунтах (где скапливается органика и обычно наблюдается недостаток кислорода).

Известно не менее нескольких десятков методов биоиндикации. Одни из них грубее, но зато проще в использовании (в частности, требуют определения организмов до семейств или даже отрядов), другие более точны и сложны; некоторые разработаны для тех или иных конкретных регионов. Здесь рассматривается наша новая модификация индекса сапробности Пантле-Букка для рек и ручьев центра Европейской России (Чертопруд, 2002), позволяющая существенно упростить анализ сапробности, одновременно повысив его чувствительность.

Первым шагом в оценке сапробности также является сбор и определение макробентоса изучаемого водотока (со всех доступных донных субстратов) и составление списка найденных таксонов. Допусти-

мо отбирать животных длиной 5 мм и больше. Определение нужно довести до уровня семейства (более точные определения требуются редко, см. ниже).

Формула для вычисления индекса:

$$I = \frac{\sum SJ}{\sum J},$$

где  $S$  — сапробность каждого найденного в пробе индикаторного организма (от 0 до 4),  $J$  — его индикаторный вес (от 1 до 4).

Показатели  $S$  и  $J$  приведены в таблице. Сапробность таксона показывает, в водах какой степени загрязнённости он обычно встречается, а индикаторный вес — насколько узок диапазон загрязнения, характерный для таксона.

Для пяти выделенных классов загрязнённости были выбраны значения сапробности соответственно 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 и 4. Значения нового индекса изменяются от 0.5 до 4 и могут характеризоваться общепринятыми терминами (0 — ксено-, 1 — олиго-, 2 — β-мезо-, 3 — α-мезо-, 4 — полисапробная зоны) и соответствуют шкале классического индекса Пантле — Букка в модификации Сладечека. Вместо показателя обилия в формулу Пантле — Букка включён индикаторный вес таксона.

В качестве индикаторов служат 90 семейств макробентоса, виды которых наиболее распространены в наших пресных водах (таблица 2). Сапробность каждого таксона, для удобства вычисления индекса, округлена с точностью до 0.5. Во всех случаях, кроме одного (*Tubificidae*), индикатором является нахождение таксона в пробе, без оценки его обилия. Представителей *Tubificidae* предлагается учитывать (как индикатор полисапробных условий) только при наличии их «в массе» (не менее 1 экз. на 1 см<sup>2</sup>, при этом они доминируют в сообществе по численности наряду с личинками *Chironomidae*).

Таблица 1

Средние значения индекса сапробности в водотоках различного типа и размера

Ширина водотока, м	Каменистое дно, светлая вода	Песчаное дно	
		светлая вода	торфянистая вода
10–100	2.1	2.3	2.5
5–10	1.7	2.0	2.5
2–5	1.2	1.7	2.5
1–2	1.2	1.5	2.7
0.3–1	1.3	1.8	—

Таблица 2

Список индикаторов сапробности для индекса Пантле-Букка  
в модификации Чертопруда для рек и ручьев центра Европейской России

Таксоны	Сапробное значение	Индикаторный вес	Таксоны	Сапробное значение	Индикаторный вес
<b>СТРЕКОЗЫ</b>			<b>РУЧЕЙНИКИ</b>		
<i>Gomphidae</i>	2	3	<i>Arctopsychidae</i>	1	3
<i>Calopterygidae</i>	2.5	2	<i>Apataniidae</i>	0.5	4
<i>Plathycnemididae</i>	3	2	<i>Glossosomatidae</i>	0.5	4
<i>Coenagrionidae</i>	3.5	1	<i>Goeridae</i>	1	4
<i>Lestidae</i>	3	3	<i>Rhyacophilidae</i>	1	4
<i>Aeschnidae</i>	3	3	<i>Polycentropodidae</i>	1.5	2
<i>Corduliidae</i>	2	2	<i>Psychomyidae</i>	2	3
<i>Libellulidae</i>	3	3	<i>Phryganeidae</i>	2.5	2
<i>Cordulegasteridae</i>	1.5	3	<i>Beraeidae</i>	2	2
<b>ПОДЕНКИ</b>			<i>Brachycentridae</i>	2	2
<i>Ameletidae</i>	0.5	4	<i>Molannidae</i>	2	2
<i>Baetidae</i>	2	1	<i>Hydroptilidae</i>	2	2
<i>Metretopodidae</i>	1	2	<i>Hudropsychidae</i>	2	1
<i>Ephemeridae</i>	1.5	2	<i>Leptoceridae</i>	2.5	2
<i>Ephemerellidae</i>	2	3	<i>Lepidostomatidae</i>	1.5	2
<i>Leptophlebiidae</i>	1.5	1	<i>Limnephilidae</i>	2	1
<i>Heptageniidae</i>	2	1	<i>Sericostomatidae</i>	1.5	2
<i>Caenidae</i>	2.5	3	<b>ДВУКРЫЛЫЕ</b>		
<i>Siphonuridae</i>	2.5	2	<i>Simuliidae</i>	2	1
<i>Polymitarcyidae</i>	2	2	<i>Muscidae</i>	3	2
<i>Potamanthidae</i>	2	3	<i>Athericidae</i>	2	3
<b>ВЕСНЯНКИ</b>			<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>		
<i>Perlodidae</i>	1	4	<i>Gammaridae</i>	2.5	2
<i>Leuctridae</i>	1	3	<i>Asellidae</i>	3	2
<i>Capniidae</i>	2.5	3	<i>Astacidae</i>	2	2
<i>Chloroperlidae</i>	1	3	<b>ПИЯВКИ</b>		
<i>Taeniopterigidae</i>	1.5	3	<i>Glossiphoniidae</i>	2.5	2
<i>Nemouridae</i>	2	1	<i>Piscicolidae</i>	2.5	2
			<i>Hirudinidae</i>	3	2



Таблица 2 (окончание)

Таксоны	Сапробное значение	Индикаторный вес	Таксоны	Сапробное значение	Индикаторный вес
<b>КЛОПЫ</b>			<i>Erpobdellidae</i>	3	2
<i>Aphelocheiridae</i>	2	4	<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>		
<i>Corixidae</i>	2.5	1	<i>Tubificidae</i>	4	2
<i>Notonectidae</i>	3	2	<i>Naididae</i>	2.5	2
<i>Nepidae</i>	2.5	2	<b>БРЮХОНОГИЕ</b>		
<i>Naucoridae</i>	3	3	<i>Ancylidae</i>	1.5	2
<i>Pleidae</i>	2.5	3	<i>Acroloxidae</i>	2.5	1
<b>ВИСЛОКРЫЛКИ</b>			<i>Lymnaeidae</i>	2.5	1
<i>Sialidae</i>	2	1	<i>Bithyniidae</i>	2.5	1
<b>ЖУКИ</b>			<i>Physidae</i>	3	1
<i>Chrysomelidae</i>	3	1	<i>Planorbidae</i>	3	1
<i>Dytiscidae</i>	2.5	1	<i>Valvatidae</i>	3	1
<i>Dryopidae</i>	2.5	1	<i>Vaviparidae</i>	2.5	1
<i>Elmidae</i>	1.5	2	<i>Bulinidae</i>	2.5	1
<i>Elodidae</i>	2	1	<i>Neritidae</i>	2	2
<i>Haliplidae</i>	2.5	1	<i>Lithoglyphidae</i>	2.5	1
<i>Helophoridae</i>	3	1	<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>		
<i>Hydrophilidae</i>	3	1	<i>Unionidae</i>	2.5	1
<i>Hydrochidae</i>	3	1	<i>Dreissenidae</i>	2.5	1
<i>Hydraenidae</i>	2	1	<i>Sphaeriidae</i>	2.5	1
<i>Noteridae</i>	2.5	1	<i>Pisidiidae</i>	2	1
<i>Gyrinidae</i>	2.5	1	<i>Euglesidae</i>	2.5	1