

Гидробиологические исследования учащихся Агроэкологического центра «Петербургская усадьба»

ПРАКТИКА
ОРГАНИЗАЦИИ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Петрова Ирина Владимировна,
педагог Агроэкологического центра «Петербургская усадьба»,
г. Санкт-Петербург

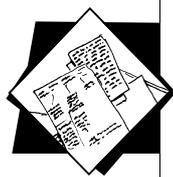
Исследовательская работа учащихся является продуктивной формой творческой деятельности. Деятельность Агроэкологического центра «Петербургская усадьба» направлена на развитие и поддержку исследовательских способностей детей школьного возраста. За восемь лет существования гидробиологической группы накоплен: опыт организации и проведения полевых наблюдений, камеральной обработки материалов, лабораторных экспериментов, обобщения данных и апробации исследовательских работ. Исследования идут по следующим направлениям:

- биоиндикация по бентосу и зоопланктону;
- описание фауны отдельных систематических групп, с целью изучения биоразнообразия городских водоёмов;
- изучение популяционных особенностей некоторых биологических видов;
- биотестирование воды и донных отложений на дафниях и водорослях, как пример — экспериментальных работ с организмами;
- экспериментальное определение первичной продукции водоёмов;
- изучение амфибий в городе.

Материал набирается, как правило, в городских водоёмах, что позволяет быстро доставлять отобранные пробы в лабораторию. Поскольку пробы отбираются у берега или с мостков спасательных станций без использования лодки и массивного дночерпателя, экспедиции не требуют больших организационных и материальных затрат, что позволяет привлечь большое число школьников. Основной объём работ приходится на период с мая по октябрь.

Сбор макрозообентоса для биоиндикации осуществляется количественно цилиндром или сачком. Пробы отмываются от илистых фракций в сите с диаметром отверстий 0,25–1 мм или в промывном мешке на металлическом обруче. Мешок изготавливают

В статье представлен опыт проведения многолетних гидробиологических исследований со школьниками на озерах вблизи города Санкт-Петербурга. Результатом подобных исследований является постоянный мониторинг состояния озёр, банк данных по видовому составу, плотности и биомассы бентоса и другим параметрам.



из плотной ткани, соединённой с мельничным газом № 23 в концевой части¹. Промытые пробы помещают в полиэтиленовые пакеты с подробными этикетками и не фиксируют. «Живые» пробы быстро доставляются в лабораторию для обработки. За одну экспедицию набирается до 20 проб (несколько пунктов наблюдений, две-три повторности). Так как их разбор занимает довольно длительное время, пробы хранят в холодильнике при температуре 1–3 °С. Здесь макрозообентос сохраняется полностью, по крайней мере, в течение недели.

Во время разбора пробы составляется протокол, в котором отражается количество экземпляров и масса по каждой группе организмов. Взвешивание удобно проводить на электронных весах с дискретностью измерения 1 мг. Во время разбора «живых» проб учащиеся распознают организмы не только по внешним признакам, но и характеру движения. Изучение проб проводится с помощью бинокля. Трудноопределяемые виды обычно фиксируют 4 % формалином в пенициллиновых баночках. Для определения организмов до рода или вида используется один из определителей².

По протоколам разбора проб рассчитывается плотность и биомасса каждого вида и бентоса в целом. Эти данные заносятся в рабочую таблицу, являющуюся основой банка данных (см. Приложение). Сведения рабочей таблицы используются для определения индексов видовой структуры: индекс видового разнообразия Шеннона, индекс видового богатства, индекс сравнения Жаккара³; биотический индекс Вудивисса, Пантле–Бука. По значениям индексов может быть оценён уровень загрязнения водного объекта. Перечисленные индексы дополняют банк данных, но не исключают использования в будущем дополнительных расчётных характеристик. Банк данных делается в электронном и распечатанном виде и доступен для каждого исследователя группы. Он используется учащимися при изучении динамики показателей всего бентоса (плотности, биомассы, индексов) и отдельных групп гидробионтов. Работа с банком данных возможна в любое время года, что позволяет увлечь ребят научной деятельностью зимой, когда количество полевых исследований ограничено.

Наиболее длительные исследования бентоса проведены гидробиологической группой на Суздальских озёрах, расположенных на севере Санкт-Петербурга вблизи Агроэкологического центра. Накопленные за пять-шесть лет данные позволили проследить тенденцию ухудшения экологического состояния озёр по макрозообентосу. В озёрах наблюдалось несколько интересных явлений. Например, в 2000 году в прибрежье Верхнего и Среднего озёр были обнаружены скопления раковин погибших беззубок (до 8000 экземпляров в возрасте от четырех до десяти лет). Это явление стало основой для исследовательской работы. Были рассчитаны статистические характеристики морфометрических параметров раковин моллюсков в двух озёрах, проведено их сравнение. Юные

1

Скворцов В. В.,
Станиславская Е. В.,
Тысячник М. С.
Руководство по определению зоологического состава ручьёв и рек. СПб., 2001. 169 с.

2

Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос) / Ред. Кутикова Л. А., Старобогатов Я. И. Л.: Гидрометеониздат, 1977. 511 с.; Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т.6. Моллюски, Полихеты, Немертины / Под ред. Цалолыхина С. Я. СПб.: «Наука», 2004. 526 с.

3

Константинов А. С.
Общая гидробиология.
М.: «Высшая школа», 1979. 480 с.

исследователи выдвинули гипотезу, объясняющую причину образования скоплений раковин: внешние условия гибели, так как у 99 % раковин была сломана лишь одна створка.

В 2005 году в Верхнем Суздальском озере была констатирована чрезвычайно высокая плотность *Chironomus sp.*, достигавшая 14000 экз./м². В предыдущие и последующий год плотность не превышала 2000 экз./м², а на песчаной литорали хирономиды отсутствовали вовсе. Такая вспышка численности хирономид была интерпретирована как свидетельство нестабильности экосистемы водоёма и признак прогрессирующего эвтрофирования.

Большое значение в исследованиях по биоиндикации придаётся присутствию видов-индикаторов чистой воды — олиго- и бета-мезосапробов. Их отсутствие или исчезновение рассматривается как негативный симптом. В качестве видов-индикаторов чистой воды мы принимаем все виды веснянок, подёнок, ручейников⁴, а также виды других систематических групп, внесенных в список олиго- и бета-мезосапробных организмов⁵ или для которых этот статус обозначен в определителе⁶. В семействе хирономид наиболее чувствительными к загрязнению являются представители подсемейства *Orthocladinae*⁷. Мы считаем, что присутствие любого количества вышеупомянутых групп организмов свидетельствует, по крайней мере, об отсутствии источника сильного загрязнения. Наблюдения гидробиологической группы показали, что количество видов-индикаторов чистой воды адекватно отражало уровень загрязнения водного объекта.

В качестве видов-показателей загрязнения чаще всего используются тубифициды, отнесённые в системе Кольквитца и Марссона к полисапробным организмам. Для тубифицид существует относительный показатель — олигохетный индекс Гуднайта–Уитли. Важно подчеркнуть, что олигохеты выполняют свою индикаторную функцию только при высокой плотности популяции⁸. Единичные экземпляры не являются показателем загрязнения.

В отличие от количественных наблюдений, проводимых для биоиндикации, при изучении фауны отдельных систематических групп отбор проб осуществляется качественно, так как интерес представляет разнообразие группы. Отлов организмов проводится сачком на значительной площади: просматриваются камни, сучья, водные растения. Количественные оценки исследуемой группы гидробионтов в данном случае даются примерно или, как сказано выше, заимствуются из банка данных. Отловленные в водоёме организмы помещаются в баночки с водой или полиэтиленовые мешки с этикетками и переносятся в лабораторию. Там их помещают в аквариумы и проводят наблюдения за движением, подробно описывают внешние признаки, делают зарисовки и фотографии, определяют до вида⁹, составляют коллекции. В конечном итоге можно составить мини-определитель исследуемой группы гидробионтов для какого-либо водного объекта или района

4

Скворцов В. В., Станиславская Е. В., Тысячнюк М. С. Руководство по определению зоологического состава ручьёв и рек. СПб., 2001. 169 с.

5

Макрушин А. В. Биологический анализ качества вод. Л., 1974. 53 с.

6

Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос) / Ред. Кутикова Л. А., Старобогатов Я. И. Л: Гидрометеиздат, 1977. 511 с.

7

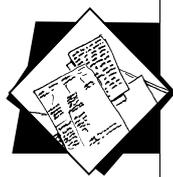
Коростылёв М. В. Значение хирономид для оценки качества природных вод и токсичности вредных веществ: Автореферат. Л., 1978. 24 с.

8

Скворцов В. В., Станиславская Е. В., Тысячнюк М. С. Руководство по определению зоологического состава ручьёв и рек. СПб., 2001. 169 с.

9

Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос) / Ред. Кутикова Л. А., Старобогатов Я. И. Л: Гидрометеиздат, 1977. 511 с.;



Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий.

Т. 6. Моллюски, Полихеты,

Немертины / Под ред.

Цалолихина С. Я. СПб: «Наука», 2004. 526 с.; Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 5.

Ручейники / Под ред. С. Я. Цалолихина СПб.: «Наука», 2004. 526 с.

10

Рекомендации по определению токсичности сточных вод с использованием рачка дафния magna. М., 1983. 35 с.

11

Мосиенко Т. К.

Методические указания по проведению токсикологических экспериментов на водорослях. Л., 1977. 18 с.

12

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах. Фитопланктон и его продукция. Л., 1981. 32 с.

города. Например, такие определители были сделаны для фауны пиявок и стрекоз природного комплекса «Суздальские озёра», для ручейников двух районов Санкт-Петербурга. В мини-определителе подробно описываются особенности внешних признаков. Например, нетипичная окраска у малой ложноконской пиявки *Erpobdella octoculata* в небольших водоёмах природного комплекса, различия между двумя видами ручейников семейства *Leptoceridae* – *Ceraclea excise* и *Athripsodes aterrimus* в реке Ивановка – у первого домик имеет сильно скошенное отверстие.

Интересным объектом наблюдения является водяной ослик *Asellus aquaticus*. В городских водоёмах в зарослях элодеи или в листовом опаде плотность этих рачков в момент появления новой генерации может достигать тысяч экз./м². Благодаря многочисленности объекта на нем удобно проводить популяционные исследования: изучать размерную, половую структуру, распределение в пространстве. Ребятами были проведены наблюдения за скоростью роста осликов в экспериментальных и полевых условиях. По динамике размерной структуры популяций и средней длины организмов в водоёмах природного комплекса «Суздальские озёра» удалось установить два периода размножения водяных осликов. Причём в более теплых Суздальских озёрах признаки размножения появляются раньше, по сравнению с холодноводным прудом, питающимся грунтовыми водами.

Методы биотестирования вод и донных отложений наиболее показательны для сильно загрязнённых водоёмов, которых достаточно в Санкт-Петербурге. Нами использовался широко распространенный тест-объект *Daphnia magna*¹⁰. Культура дафний содержалась в лаборатории в течение четырех лет, что позволяло всегда иметь достаточное количество организмов для опытов. Проводились не только острые опыты, в которых определялась выживаемость, но и длительные (21–35 суток). В длительных опытах раз в неделю подсчитывалось и удалялось потомство, тщательно описывалось состояние дафний. Определялись такие показатели как частота сердцебиения, степень наполнения желудка и цвет его содержимого, количество жировых пятен, количество яиц в выводковой камере. Водоросли сценедесмус использовались для проведения эксперимента называемого AZ-тест, позволяющего выявить токсичное или биогенное загрязнение посредством определения фотосинтетической активности водорослей¹¹.

Определение первичной продукции проводилось ребятами в течение четырех лет на Суздальских озёрах. Использовался скляночный метод в кислородной модификации¹². Метод был адаптирован: кислородные склянки с пробами воды экспонировались не в водоёме, а на территории Агроэкологического центра в небольшой емкости с водой из озёр. Исследованиями была выявлена сезонная многолетняя динамика первичной продукции фитопланктона в озёрах, определён их трофический статус. В сис-

теме Суздальских озёр наибольший уровень трофии – эвтрофный, отмечался в Нижнем озере, наименьший – переходный от мезотрофного к эвтрофному, в Верхнем озере. Статистический анализ данных показал достоверность различий по уровню первичной продукции между озёрами.

Присутствие амфибий на территории «Петербургской усадьбы» дает большие возможности для изучения. Школьниками проводились наблюдения за развитием личинок травяной лягушки. Была прослежена динамика роста и развития двух относительно обособленных групп: одна обитает в защищённой территории усадьбы, другая – рядом с автотрассой. Оказалось, что у автотрассы личинки развивались быстрее, но росли медленнее, чем на территории усадьбы. Это позволило выдвинуть гипотезу о приспособлении лягушек, обитающих в менее благоприятных условиях к более быстрому прохождению стадий развития.

Исследование городской среды, в том числе водных объектов, решает две важные задачи. С одной стороны ребята овладевают навыкам исследовательской работы, с другой – задумываются об экологических проблемах своей малой родины. В заключение отметим: для массового привлечения школьников к экологической исследовательской деятельности необходимым условием является наличие квалифицированных специалистов, способных осваивать новые методы, черпать из окружающей среды информацию для постановки интересных задач.

Приложение

Фрагмент банка данных: видовой состав, плотность и биомасса бентоса Нижнего Суздальского озера

№ пункта	Дата	Описание биотопа, температура, °С	Семейство, род, вид	Численность, экз./м ² (M±m)	Биомасса, г/ м ² (M±m)
3.1	2005 24.06	Песок, заросли тростника, 23,1 °С	Олигохеты		
			<i>Tubifex sp.</i>	87±57	0,02±0,01
			<i>Lumbriculidae spp.</i>	72±72	0,10±0,10
			<i>Stylaria sp.</i>	24±24	–
			<i>Naididae spp.</i>	72±72	–
			Пиявки		
			<i>Eprobodella octoculata</i> (молодь)	3±3	–
			Двустворчатые моллюски		
			<i>Sphaerium corneum</i>	3±3	0,10±0,10



		Ракообразные	
		<i>Asellus aquaticus</i>	20±20
		<i>Cyclopoida</i>	19±19
		Паукообразные	
		<i>Acarina</i>	33±33
		Насекомые	
		Отр. Двукрылые	
		<i>Ceratopogonidae spp.</i>	39±31
		Сем. Хирономиды	
		<i>Chironominae spp.</i>	47±23
		Отр. Ручейники	
		<i>Molanna angustata</i> *	3±3
		<i>Anabolia sp.</i> *	3±3
		Отр. Жуки	
		<i>Hydrous sp.</i> (личинка)	12±12
		Жук (имаго) – 3 мм	12±12
			0,05±0,05
			–
			–
			0,04±0,03
			0,10±0,06
			0,06±0,06
			0,05±0,05
			0,01±0,01
			0,02±0,02
Общее количество видов – 15			
Общая численность – 449 экз./м ²			
Общая биомасса – 0,55 г/м ²			
Количество индикаторов чистой воды (*) – 2 Н = 3,32 В = 7 d = 1,59			

Примечания:

1. ($M \pm m$) – среднее арифметическое и ошибка среднего арифметического;
2. H – индекс разнообразия Шеннона; d – индекс видового богатства; B – биотический индекс.

