



И. М. Дзюбук

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ВОДОЕМАХ

*Методические рекомендации для студентов,
обучающихся по направлениям 020400 «Биология»
и 022000 «Экология и природопользование»*

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Комплексные исследования на водоемах

*Методические рекомендации
для студентов, обучающихся
по направлениям 020400 «Биология»
и 022000 «Экология и природопользование»*

Петрозаводск
Издательство ПетрГУ
2014

Рекомендованы к печати
на заседании методической комиссии
кафедры зоологии и экологии ПетрГУ

Издаются в рамках реализации комплекса мероприятий
Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012—2016 гг.

Автор
канд. биол. наук, доцент *И. М. Дзюбук*

Методические рекомендации предназначены для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 020400 «Биология» (квалификация бакалавр биологии) и 022000 «Экология и природопользование» (бакалавр экологии) (ФГОС ВПО от 4.02.2010) по дисциплинам «Экологический мониторинг», «Водная токсикология», «Оценка воздействия на окружающую среду», и для написания курсовых, дипломных, магистерских работ и кандидатских диссертаций.

© Дзюбук И. М., 2014
© Петрозаводский государственный университет, 2014

От автора

Автор выражает огромную признательность за помощь в работе и за совместное сотрудничество руководителю лаборатории экологических проблем Севера Петрозаводского государственного университета профессору Л. П. Рыжкову, коллективу лаборатории, научным сотрудникам А. В. Горохову, Л. А. Марченко, Н. В. Артемьевой, М. Г. Рябинкиной и В. И. Раднаевой.

Введение

В настоящее время развитие образовательного процесса и научных исследований в вузе предполагают активное участие студентов-биологов и студентов-экологов в мониторинге окружающей среды (в том числе и водных экосистем) в ходе учебных и производственных практик, в рамках различных проектов и программ.

Мониторинг — система периодических и постоянных наблюдений за элементами природной среды в соответствии с определенными целями и заранее подготовленной программой. Мониторинг подразумевает не только «слежение», но и аналитическую оценку, прогноз состояния наблюдаемого объекта или явления в связи с факторами, оказывающими на него влияние. Мониторинг состояния окружающей среды — одно из ключевых направлений академических исследований в России. Оценка и прогноз состояния экосистем являются основой рационального природопользования.

Карелия обладает богатым водным фондом (61 тыс. озер, 27 тыс. рек; водная акватория занимает 23 % территории республики), и ее водные ресурсы широко и разносторонне используются в промышленности, водоснабжении, рыбном хозяйстве, в рекреационных, энергетических целях и др. В то же время водоемы являются приемниками загрязняющих веществ. Актуальными и острыми остаются проблемы сохранения их устойчивости и экологической безопасности окружающей среды.

Большое значение имеет ранняя диагностика экологического состояния водных экосистем, которую возможно осуществить на базе биоэкотоксикологического мониторинга, который предполагает использование различных методов качественной оценки водоемов, определение уровня загрязнения природных вод, токсикологического конт-

роля качества водной среды. При этом химические, физические, физико-химические и другие методы анализа незаменимы.

На водоемах Карелии различные организации (КарНЦ РАН, ПетрГУ, «Карельский республиканский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» и др.) проводят мониторинговые исследования, которые включают в себя изучение химического состава вод и режима озер, фитопланктона, бентоса и других звеньев трофической цепи водных экосистем. Широко исследуется рыбное население водоемов.

Петрозаводский государственный университет на протяжении более 50 лет проводит гидрохимические, гидробиологические, ихтиологические и токсикологические исследования на различных водоемах Карелии. В этих исследованиях активное участие принимают студенты и аспиранты.

Задача методических рекомендаций состоит в том, чтобы сформировать профессиональные компетенции у студентов: овладение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, методами прикладной экологии, экологического мониторинга, методами обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной экологической информации; умение использовать теоретические знания на практике.

1. Планирование работы студента на водоеме

Для того чтобы студент мог принимать участие в мониторинговых исследованиях на водоеме, он должен понимать общий план работы, в которой он будет задействован:

1. Студент должен определиться, в какой области знаний будет проходить его исследование: гидрохимия, гидробиология, ихтиология или токсикология.
2. Совместно с руководителем студент определяет тему, цель и задачи исследования.
3. Обязательным условием подготовки студента к исследованию является сбор литературы по теме с использованием всех возможных ресурсов (библиотека, интернет-ресурсы и др.). Студент собирает разностороннюю информацию о водоеме (по возможности находит карту водоема или создает его схему) и об объекте исследования (фито-, зоопланктон, зообентос, рыбы). Особое внимание студент должен обратить на описание в литературе методов отбора и обработки проб (гидрохимических, гидробиологических и др.).
4. Студент составляет план полевых работ. Исходя из цели и задач исследования, обсуждает с руководителем и записывает в тетрадь следующие сведения:
 - точки отбора гидрохимических, гидробиологических и других проб на водоеме (если есть карта водоема, отмечает на карте);
 - глубины, с которых необходимо взять пробы;
 - количество проб, сроки, повторность, периодичность взятия проб;
 - методы отбора проб и методы фиксации, необходимое оборудование;
 - способы сохранения проб в полевых условиях и доставка их в стационарную лабораторию.
5. Перед полевыми работами у студента должны быть:
 - необходимое оборудование (для отбора проб, емкости для транспортировки, фиксаторы и др.);
 - полевой журнал, где студент будет отмечать необходимые сведения: водоем, дату взятия проб, условия (температуру

воздуха, воды и др.), в которых отбирались пробы и другие сведения, а также будет заносить полученные результаты исследования.

6. Выезд на водоем и отбор проб (полевые исследования) студенту разрешаются (при наличии прививок против клещевого энцефалита и боррелиоза, владении необходимыми знаниями по технике безопасности на водоеме и при наличии спасательных жилетов) совместно с сотрудниками и (или) преподавателем.
7. После доставки проб в стационарную лабораторию студент (на первых этапах — с помощью руководителя или сотрудника лаборатории) осваивает методы их обработки в лабораторных условиях (лабораторные исследования). Перед этим он должен ознакомиться с правилами работы в лаборатории.
8. Результаты, полученные в ходе исследования, студент переносит из полевого журнала на компьютер, обрабатывает их статистически и оформляет в виде таблиц, графиков, диаграмм и др.
9. По результатам исследования студент пишет отчет (курсовую, дипломную, квалификационную работу), который должен содержать разделы:
 - ключевые слова;
 - аннотацию;
 - введение;
 - обзор литературы по теме исследования;
 - материалы и методы исследования;
 - результаты исследования;
 - обсуждение результатов;
 - заключение и/или выводы;
 - список литературы.
10. По результатам исследования студент готовит доклад (возможно, с использованием презентации, иллюстративного материала и др.) и выступает с докладом на конференции (студенческой или другой), защищает свою работу (дипломную, квалификационную) перед авторитетной комиссией.

2. Гидрохимические исследования

Определение гидрохимических показателей вод является одним из основных критериев оценки качества водоемов. Природные воды даже одного региона могут значительно различаться по химическому составу. Химизм природных вод может резко меняться в течение короткого промежутка времени в результате ветровых перемешиваний, а также под влиянием промышленных и хозяйственных стоков.

Изучение гидрохимического режима водоема возможно путем организации стационарных наблюдений за химическим составом вод. Для этого организуются экспедиционные выезды на объект исследования (гидрохимические съемки) и затем проводится анализ воды в гидрохимических лабораториях. Частично можно проводить анализ воды в полевой лаборатории (ПЛАВ), а основной анализ — в стационарной лаборатории.

Для участия в мониторинговых исследованиях на водоемах и наблюдениях за химическим составом вод студент должен знать особенности гидрохимических исследований.

1. Перед полевыми работами необходимо:

- собрать информацию о водоеме, обращая внимание на лимнологические, гидрохимические показатели; найти карту или составить схему водоема;
- можно провести предварительный выезд и осмотр водоема (его части);
- тщательно провести выбор мест (станций, пунктов) отбора проб в соответствии с целью и задачами исследования и характером местности (учитывая все возможные обстоятельства, которые могли бы оказать влияние на состав взятой пробы — населенные пункты, предприятия, пристани и др.);
- изучить особенности отбора проб воды на гидрохимический анализ: принципы, технику, способы отбора и виды гидрохимических проб;
- подготовить необходимое оборудование для отбора проб (чаще используют батометр Рутнера), сосуды для их хранения (полиэтиленовая или стеклянная посуда, в зависимости от особенностей анализа) и полевой журнал.

2. Полевые работы

- Согласно плану исследования (1—2 раза в сезон или др.) студент (с преподавателем, сотрудником) выезжает на водоем, в точки отбора проб;
- заносит в полевой журнал необходимые сведения о дате отбора, о месте отбора, о погодных условиях;
- непосредственно при отборе проб студент определяет и записывает в полевой журнал глубину, прозрачность, цвет, запах, температуру воды на исследуемых горизонтах, содержание углекислого газа и фиксирует растворенный кислород;
- студент осваивает отбор проб воды на гидрохимический анализ;
- каждая отобранная проба воды снабжается этикеткой с указанием даты, места работы и № станции.

Необходимо обратить внимание на особенности транспортировки (кратчайшие сроки), хранения (от момента отбора пробы до времени анализа не должно произойти изменений в содержании определяемых компонентов или в их свойствах) и консервации проб воды, взятой на гидрохимический анализ (при определении аммонийных, нитритных, нитратных ионов и фосфатов применяется хлороформ, при определении перманганатной окисляемости — серная кислота и др.).

3. Лабораторные работы

Студент осваивает лабораторные методы гидрохимического анализа.

В настоящее время определение уровня загрязнения вод обычно осуществляется по базовым репрезентативным показателям: величина рН, количество растворенного в воде кислорода, величина цветности, перманганатной окисляемости (ПО) и биохимического потребления кислорода (БПК₅), содержание минерального азота (аммонийного, нитритного, нитратного), фосфора (минерального и общего), сульфатов и тяжелых металлов.

Гидрохимические анализы проводятся согласно общепринятым методикам (Алекин, 1970; Алекин и др., 1973; Лурье, 1973; Новиков, 1990 и др.). Кроме того, широко применяются методы определения

химических параметров при помощи различных приборов и устройств — электромеханических преобразователей (амперометрических, потенциометрических, ионоселективных), которые позволяют быстро и точно определить состояние водоемов, количественный и качественный химический состав, а также динамику изменений параметров.

Для примера приведем некоторые методы и оборудование, применяемые в гидрохимических исследованиях:

- определение концентрации водородных ионов проводят потенциометрическим методом, при помощи рН-метра — милливольтметра рН 673 — или различных иономеров, например иономера И500;
- определение растворенного в воде кислорода — йодометрическим методом Винклера и с помощью оксиметра;
- цветность — по Со-Сг шкале;
- перманганатную окисляемость — в кислой среде по Кубелю;
- биогенные элементы определяют колориметрированием при помощи колориметров или фотометров различного типа, например фотоэлектроколориметра КФК 2М (аммонийный азот с реактивом Несслера, нитритный — с реактивом Грисса, нитратный — с салицилатом натрия, фосфор — с аскорбиновой кислотой);
- сульфаты — турбидиметрическим методом;
- содержание тяжелых металлов определяют методом ААС.

В настоящее время для анализа химического состава вод применяют титрометрию, потенциометрию, спектрофотометрию, турбидиметрию, нефелометрию, кондуктометрию, атомно-абсорбционную спектрофотометрию, фотометрию и пламенную фотометрию, газовую хроматографию и флюорометрию.

При изучении влияния различного рода загрязнителей на водные экосистемы необходимо учитывать предельные значения гидрохимических параметров, которые показывают подверженность водоемов экологическому риску. Полученные результаты сравниваются с установленными нормативами для водоемов рыбохозяйственного назначения (ПДКр/х).

Подробно методы гидрохимического анализа описаны в литературе:

Алекин О. А. Основы гидрохимии. — Л.: Гидрометиздат, 1970. — 442 с.

Алекин О. А. Руководство по химическому анализу вод суши / О. А. Алекин [и др.]. — Л.: Гидрометеиздат, 1973. — 276 с.

Бессонов Н. М. Рыбохозяйственная гидрохимия / Н. М. Бессонов, Ю. А. Привезенцев. — М.: Агропромиздат, 1987. — 158 с.

Крайнов С. Р. Гидрохимия: учебник для вузов / С. Р. Крайнов, В. М. Швец. — М.: Недра, 1992. — 463 с.

Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы анализа вод. — М.: Химия, 1973. — 376 с.

Лурье Ю. Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбникова. — М.: Химия, 1974. — 335 с.

Муравьев А. Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. — 3-е изд. — СПб.: «Крисмас+», 2004. — 248 с.

Муравьев А. Г. О применении тест-методов в укладках контроля химических параметров окружающей среды: тест-методы химического анализа. — Саратов: «Научная книга», 2004. — 30 с.

Новиков Ю. В. Методы исследования качества воды водоемов / Ю. В. Новиков [и др.]. — М.: Медицина, 1990. — 400 с.

Семенов А. Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. — Л.: Гидрометиздат, 1977. — 541 с.

Строганов Н. С. Практическое руководство по гидрохимии / Н. С. Строганов, Н. С. Бузинова. — М.: МГУ, 1980. — 199 с.

Перечень ПДК и ОБУВ вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. — М.: Медикор, 1995. — 220 с.

4. Представление результатов

Результаты представляются в форме отчета (курсовой, дипломной работы и др.), который содержит полученный цифровой материал по исследованным параметрам в виде таблиц, графиков, диаграмм и др. и его анализ. Затем студент готовит доклад, презентацию и выступает на конференции или защите курсовой или другой работы.

3. Гидробиологические исследования

Существующая методология химического анализа состояния вод не учитывает комплексного действия всех загрязняющих веществ, влияния трансформации загрязняющих веществ в водной среде, не выявляет эффектов синергизма и антагонизма химических соединений, присутствующих в воде, и не дает общей оценки ущерба от загрязнения. Сложный и многокомпонентный химический состав природных и сточных вод не позволяет только по его изменению достоверно оценить уровень антропогенного влияния на экосистемы, и поэтому необходимо использовать биологические методы мониторинга.

Биомониторинг водоемов на основе гидробиологических исследований — важнейший элемент системы контроля поверхностных вод, который включает определение видового состава, численности, биомассы и продукции основных компонентов водной экосистемы (фито-, зоопланктона и бентоса), а также определение сапробности и трофности вод.

Экосистемный подход широко используется в мониторинговых исследованиях во всем мире, он позволяет оценивать качество вод как среды обитания организмов, определять совокупный эффект комбинированного воздействия загрязняющих веществ в водной среде, определять трофические свойства воды, устанавливать направления и изменения водных биоценозов в условиях загрязнения водоемов, а также оценивать динамику, определять наметившиеся тенденции изменения параметров и прогнозировать дальнейшее развитие водной экосистемы.

В гидробиологических исследованиях используют методы качественного и количественного сбора и обработки проб фито-, зоопланктона и зообентоса (определение видового состава, численности и биомассы организмов); методы оценки качества воды и степени загрязнения, методы определения сапробности вод и методы определения трофности водоема.

1. Перед полевыми работами необходимо:

— собрать литературу по объекту исследований (фитопланктон, зоопланктон, бентос), изучить систематику, биологию, экологию объекта и др.;

— используя карту (схему) водоема и (или) результаты предварительного выезда и осмотра водоема (его части), тщательно провести выбор станций (точек, пунктов).

Количество и распределение станций по акватории водоема зависит от особенностей его морфологии и конкретных целей исследования. При исследовании *фитопланктона* на крупных озерах и водохранилищах необходимо применять трансектирование акватории. При исследовании *зоопланктона* и *зообентоса* (*макрозообентоса*) выбор станций проводится так, чтобы по возможности полнее охватить экологически разнородные участки водоема с учетом различных типов грунтов, включая заросли макрофитов. Для получения достоверных результатов минимальное число станций в каждой зоне водоема должно быть не менее трех;

— выбрать методы отбора гидробиологических проб, подготовить необходимое оборудование и полевой журнал.

При исследовании *фитопланктона* надо обратить внимание на цель применения и особенности использования сетного метода отбора проб, батометрического метода (используют батометр Рутнера). Также надо знать, что существует бутылочный метод отбора. Изучить оборудование, применяемое при различных методах. Узнать, что такое усредненная по глубине проба.

При исследовании *зоопланктона* обратить внимание на особенности применения качественных (качественная сеть Апштейна и сачки) орудий лова, которые применяются для изучения видового состава организмов и количественных (стандартная количественная сеть Джеди) орудий, используемых для изучения распределения, численности зоопланктона и биомассы.

При исследовании *макрозообентоса* также необходимо ознакомиться с методом качественного учета (при установлении видового состава донной фауны, для уточнения размерно-возрастного состава популяции изучаемого вида) с использованием сачков, скребков, дрейфовых ловушек и других орудий, и методом количественного учета (для определения численности и биомассы бентоса и характера его распределения по зонам и биотопам) проб с применением дночерпателей различных модификаций и количественных рамок, а также методами сбора имагинального материала (методы кошения прибрежной растительности и световых ловушек).

Необходимо также, исходя из целей и задач, определить, в каком объеме необходимо отбирать пробы для получения достоверных данных.

2. Полевые работы

Студент осваивает методы отбора проб. Предварительно заносит в полевой журнал необходимые сведения: название водоема, дату отбора, место отбора (№ станции), погодные условия, глубину, температуру воды, цвет, прозрачность воды, наличие «цветения».

Каждая отобранная проба (фито-, зоопланктона и макрозообентоса) фиксируется и снабжается этикеткой с указанием водоема, даты отбора, № станции и орудия лова.

При исследовании *фитопланктона* студент должен знать методы сгущения и консервирования фитопланктона. Узнать особенности методов седиментации, центрифугирования и фильтрации проб воды. При исследовании *зоопланктона* студент должен знать способы хранения проб и методы фиксации зоопланктона. При исследовании *макрозообентоса* обратить внимание на то, как готовятся пробы для фиксации.

3. Лабораторные работы

Студент осваивает метод прямого микроскопирования с точной идентификацией видов, с учетом размерных характеристик и стадий развития. Для видовой идентификации студент использует широко применяемые определители. При этом обращает внимание на наличие в пробе массовых видов и видов-индикаторов. Осваивает количественные методы учета: методы подсчета численности *водорослей* (использует камеры Нажотта, Горяева, «Учинская»), организмов *зоопланктона* (использует камеры Горяева, Богорова) и *макрозообентоса*; методы вычисления биомассы *водорослей*, организмов *зоопланктона* и *макрозообентоса*, обнаруженных в каждой пробе. Затем производит пересчет полученных величин численности и биомассы на м^3 (*фито-* и *зоопланктон*), на м^2 площади дна (*бентос*).

Студент проводит определение статуса водоема по показателям. На основе рассчитанных величин биомассы *фито-*, *зоопланктона* и *макрозообентоса* определяет трофический статус водоема (по класси-

фикации С. П. Китаева). На основе численности массовых видов-индикаторов, обнаруженных в пробе, рассчитывает индексы сапробности, по которым дает оценку качества воды и степени загрязнения водоема (по классификации В. П. Абакумова).

Подробно методы исследования *фитопланктона* описаны в литературе:

Исследование фитопланктона в озерах и реках: методические рекомендации. — Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. — 20 с.

Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. — Л.: «Наука», 1969.

Методы изучения фитопланктона // Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. — Л.: Гидрометеоиздат, 1983. — С. 73—87.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. — М.: Изд-во «Наука», 1975.

Унифицированные методы исследования качества вод // Методы биологического анализа вод. Индикаторы сапробности. — М.: СЭВ, 1977. — Ч. 3. — 91 с.

Федоров В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. — М.: Изд-во МГУ, 1979.

Методы исследования *зоопланктона* описаны в литературе:

Жадин В. И. Методы гидробиологического исследования. — М.: Высшая школа, 1960. — 169 с.

Киселев И. Л. Планктон морей и континентальных водоемов. — Т. 1. — Л., 1969. — С. 140—416.

Китаев С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. — М.: Наука, 1984. — 207 с.

Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. — 395 с.

Кожова О. М. Инструкция по обработке проб зоопланктона счетным методом / О. М. Кожова, Е. Г. Мельник. — Иркутск, 1978. — 51 с.

Куликова Т. П. Рекомендации по определению сапробности с учетом биологических особенностей планктонных организмов Карелии. — Петрозаводск: КФ АН СССР, 1983. — 6 с.

Методика изучения биоценозов внутренних водоемов. — М.: Наука, 1975. — С. 73—84.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. — СПб.: Гидрометеиздат, 1992.

Методы исследования *зообентоса* описаны в литературе:

Жадин В. И. Методы гидробиологического исследования. — М.: Высшая школа, 1960. — 169 с.

Китаев С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. — М.: Наука, 1984. — 207 с.

Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. — 395 с.

Макрушин А. В. Биологический анализ качества вод. — Л.: Наука, 1974. — 60 с.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах // Зообентос и его продукция. — Л., 1984. — 52 с.

Оценка качества поверхностных вод Кольского Севера по гидробиологическим показателям и данным биотестирования (практические рекомендации). — Апатиты: Изд-во АН СССР, 1988. — 25 с.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. — Л., 1983. — 239 с.

4. Представление результатов

Результаты представляются в форме отчета (курсовой, дипломной или др.), который содержит сведения о видовом составе (список видов), массовых формах, соотношении отдельных групп организмов, численности и биомассы основных групп организмов по станциям (в виде таблицы). В заключении необходимо сделать вывод о состоянии водоема (трофность, класс качества воды). Затем студент готовит доклад, презентацию и выступает на конференции или на защите квалификационной работы.

4. Исследование рыбного населения водоема

Ихтиологические исследования являются частью комплексных мониторинговых работ на водоеме. Может представлять интерес исследование рыб как составной части, высшего звена трофической структуры водной экосистемы, как объекта ихтиотоксикологических исследований, как объекта промысла и др. Однако при всех исследованиях рыб, независимо от цели и задач, существуют определенные общие моменты, на которые должен обратить внимание студент.

1. Перед полевыми ихтиологическими работами необходимо:

- изучить видовой состав рыб водоема, используя литературу и опрос местных рыбаков (по возможности). При анализе литературы необходимо обратить внимание на систематику, биологию, экологию и другие особенности рыб, населяющих водоем;
- выбрать районы облова, исходя из цели и задач исследования, используя карту (схему) водоема и (или) предварительный выезд и осмотр водоема (его части);
- заранее позаботиться о получении разрешения (лицензии) на вылов рыбы в исследуемом водоеме (если необходимо);
- изучить существующие методы отлова рыбы пассивными (удочки, ловушки, сети), активными (невода, тралы) или специализированными (донка — ерш и т. д.) орудиями лова. Определиться с орудиями лова и подготовить их. Выбор будет зависеть от цели и выбранного объекта (вида рыб) исследований;
- подготовить полевой журнал, куда будут заноситься данные о месте (водоем, станция) и времени (год, месяц, число) отбора проб, о температуре воды, воздуха и данные измерений и взвешивания рыб. Также необходимо подготовить чешуйные книжки, куда будет помещаться чешуя и там же указывается водоем, вид выловленных рыб и порядковый номер экземпляра.

2. Полевые ихтиологические работы

Студент выезжает на водоем (с преподавателем или сотрудником лаборатории) и берет с собой орудия лова, емкость для улова, лицен-

зию, полевой журнал, чешуйные книжки; осваивает методы отлова рыбы и камеральную обработку материала.

В полевых условиях можно определить видовой состав рыб, численность различных видов, сделать промеры (AB, AC и AD) и взвешивание рыб из улова (необходимо иметь весы или безмен), а также взять чешую. Все это также можно сделать в лабораторных условиях (в этот же день). Если сроки не позволяют доставить свежий материал в лабораторию, то необходимо провести фиксацию проб. Для этого необходимо знать способы фиксации.

3. Лабораторные ихтиологические работы

Исходя из целей и задач исследования, студент осваивает методы обработки ихтиологического материала.

Для примера приведем методы, применяемые в ихтиологических исследованиях:

- метод измерения и взвешивания (размерно-весовая характеристика рыб);
- метод определения возраста по чешуе, отолитам и др.;
- метод подсчета лучей в плавниках, чешуй и др.;
- метод вскрытия рыбы (для определения пола и стадии зрелости половых продуктов, плодовитости) и препарирования органов, с последующим взвешиванием органов и расчетом индексов;
- метод взятия крови на анализ;
- биохимические методы и другие.

Методы исследования рыб описаны в литературе:

Жаков Л. А. Практические занятия по ихтиологии / Л. А. Жаков, В. В. Меншуткин. — Ярославль: Ярославский госуниверситет, 1982. — 112 с.

Зиновьев Е. А. Методы исследования пресноводных рыб / Е. А. Зиновьев, С. А. Мандрица. — Пермь, 2003. — 113 с.

Лакин Г. Ф. Биометрия. — М.: Высшая школа, 1980. — 238 с.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. — М.: Пищепромиздат, 1966. — 376 с.

Применение метода морфофизиологических индикаторов для оценки качественного состава рыб: методические указания. — Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1997. — 20 с.

Смирнов В. С. Применение метода морфофизиологических индикаторов в экологии рыб / В. С. Смирнов [и др.]. — Петрозаводск: Карелия, 1972. — 169 с.

4. Представление результатов

Полученные результаты измерений, взвешиваний, по определению возраста и др. студент переносит из полевого журнала в компьютер и обрабатывает статистически (вычисление средних, ошибок измерений коэффициентов вариации, корреляции и др.), строит диаграммы, графики и т. д. (в зависимости от цели и задач исследований). Результаты представляются в форме отчета (курсовой, квалификационной работы или др.) и доклада с использованием презентации на защите.

5. Эколого-токсикологические исследования

Биотестирование широко используется в мировой практике мониторинговых исследований вод. Биологический тест количественно и качественно характеризует состояние среды, обеспечивающее нормальные условия развития организмов и их воспроизводство в естественной среде. Биотестирование имеет большое значение для интегральной оценки токсичности водной среды, обусловленной комплексным воздействием загрязнителей, по реакциям индикаторного вида (например, *Daphnia magna* Straus — дафниевый тест). Биотестирование проб воды проводится в острых и хронических экспериментах. Во всех случаях в качестве биотестов выделяются ведущие показатели жизнедеятельности организмов, которые в максимальной степени интегрируют их общее функциональное состояние (Критерий токсичности..., 1971).

1. Перед полевыми работами необходимо:

- собрать информацию о водоеме, обращая внимание на объекты хозяйственной деятельности, расположенные вблизи водоема и оказывающие определенное влияние на него (хозяйственно-бытовые постройки, бани, помойки, ручьи и др.);
- выбрать индикаторный вид и изучить методики постановки опытов с тест-объектом. В водной токсикологии стандарти-

- зирован тест-объект *Daphnia magna* Straus. Следует изучить особенности содержания, кормления дафний и методику выращивания культуры одноклеточных зеленых водорослей *Scenedesmus* для кормления рачков;
- провести выбор станций (пунктов), на которых будут отбираться пробы воды (возможно после предварительного выезда и осмотра водоема или его части);
 - определиться со способом отбора проб воды для биотестирования (поверхностный, придонный, интегральный), подготовить необходимое оборудование (емкости необходимого объема) и полевой журнал.

2. Полевые работы

Согласно плану исследований студент (с преподавателем, сотрудником) выезжает на водоем, в точки отбора; осваивает способы отбора проб воды для биотестирования; предварительно заносит в полевой журнал необходимые сведения о дате отбора, о месте отбора, о погодных условиях, о цвете, запахе, прозрачности воды и др.

Каждая отобранная проба снабжается этикеткой с указанием даты, места работы, № станции.

Необходимо обратить внимание на способы и время хранения воды, взятой для биотестирования. Опыты по биотестированию проводятся в первые сутки после отбора. В исключительных случаях допускается хранение при температуре +2—4 градуса в течение 72 часов.

3. Лабораторные работы

Студент осваивает лабораторные методы анализа: методы проведения острых (кратковременное тестирование, 96 часов) и хронических опытов (длительное тестирование, 20 суток). При этом он должен знать: какую воду необходимо использовать в качестве контроля и разбавителя (дехлорированная водопроводная вода); диапазон испытанных разбавлений, который устанавливается в зависимости от токсичности воды; температурный режим опыта, нормы посадки рачков в острых и хронических опытах; регулярность проведения замены растворов в опытах на свежеприготовленные; повторность выполнения экспериментов, обеспечивающую их статистическую достоверность.

В ходе проведения опытов студент учитывает основные параметры дафний (выживаемость, плодовитость) и дополнительные (рост, состояние пищеварительной системы, окраску тела, накопление жировых веществ, нарушения в процессе эмбриогенеза).

Студент дает оценку результатов опытов по показателям острой (гибель 50 % и более подопытных организмов) и хронической токсичности (снижение выживаемости на 20 % и более по сравнению с контролем, а также статистически достоверное отклонение от контрольного уровня линейных размеров и плодовитости рачков).

В конце исследований студент устанавливает степень токсичности вод согласно полученной в эксперименте величине разбавления пробы.

Методы *биотестирования* токсичности воды описаны в литературе:

Методическое руководство по биотестированию воды. РД 118-02-90. — М., 1990. — 48 с.

Жмур Н. С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. ФР. 1.39.2001.00283. — М.: АКВАРОС, 2001. — 48 с.

Жмур Н. С. Методика определения токсичности воды и водных - вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. — М.: АКВАРОС, 2007. — 51 с.

Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. — М.: РЭФИА, НИА — Природа, 2002. — 118 с.

Хоботьев В. Г. Культивирование зеленых водорослей и использование их в токсикологических экспериментах / В. г. Хоботьев, В. И. Капков // Методики биологических исследований по водной токсикологии. — М.: Наука, 1971. — С. 219—231.

Лесников Л. А. Методика оценки влияния воды из природных водоемов на *Daphnia magna* // Методики биологических исследований по водной токсикологии. — М.: Наука, 1971. — С. 157—162.

Моисеенко Т. И. Водная экотоксикология: теорет. и прикладные аспекты. — М.: Наука, 2009. — 400 с.

4. Представление результатов

Полученные результаты опытов студент обрабатывает статистически (вычисление средних, ошибок измерений коэффициентов вариации, корреляции и др.), заносит в таблицы, строит диаграммы, графики и другое (в зависимости от цели и задач исследований). Результаты представляются в форме отчета (курсовой, квалификационной работы или др.) и доклада с использованием презентации на защите.

Список литературы

1. *Алекин О. А.* Основы гидрохимии. — Л.: Гидрометиздат, 1970. — 442 с.
2. *Алекин О. А.* Руководство по химическому анализу вод суши / О. А. Алекин [и др.]. — Л.: Гидрометеиздат, 1973. — 276 с.
3. *Бессонов Н. М.* Рыбохозяйственная гидрохимия / Н. М. Бессонов, Ю. А. Привезенцев. — М.: Агропромиздат, 1987. — 158 с.
4. Вода питьевая. Методы анализа. — М.: «Советская энциклопедия», 1970. — 20 с.
5. *Жмур Н. С.* Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. ФР. 1.39.2001.00283. — М.: АКВАРОС, 2001. — 48 с.
6. *Жмур Н. С.* Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. — М.: АКВАРОС, 2007. — 51 с.
7. *Зиновьев Е. А.* Методы исследования пресноводных рыб / Е. А. Зиновьев, С. А. Мандрица. — Пермь, 2003. — 113 с.
8. *Крайнов С. Р.* Гидрохимия: учебник для вузов / С. Р. Крайнов, В. М. Швец. — М.: Недра, 1992. — 463 с.
9. Критерий токсичности и принципы методик по водной токсикологии. М.: МГУ, 1971. — С. 56.
10. *Лукьяненко В. И.* Общая токсикология. — М.: Легкая и пищевая промышленность. 1983. — 320 с.
11. *Лурье Ю. Ю.* Унифицированные методы анализа вод. — М.: Химия, 1973. — 376 с.
12. *Лурье Ю. Ю.* Химический анализ производственных сточных вод / Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбникова. — М.: Химия, 1974. — 335 с.
13. *Лесников Л. А.* Методика оценки влияния воды из природных водоемов на *Daphnia magna* // Методики биологических исследований. — М., 1971. — С. 157—162.
14. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах // Зообентос и его продукция. — Л., 1984. — 52 с.

15. Методы исследования воды водоемов / под ред. А. П. Шицковой. — М.: Медицина, 1990. — 400 с.
16. *Моисеенко Т. И.* Водная экотоксикология: теорет. и прикладные аспекты. — М.: Наука, 2009. — 400 с.
17. *Молчанова Я. П.* Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: учеб. пособие по специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» / Я. П. Молчанова, Е. А. Заика, Э. И. Бабкина. — М.: Форум: ИНФРА-М, 2007. — 190 с.
18. *Муравьев А. Г.* Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. — 3-е изд. — СПб.: «Крисмас+», 2004. — 248 с.
19. *Никаноров А. М.* Гидрохимия / А. М. Никаноров, Е. В. Посохов. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 232 с.
20. *Новиков Ю. В.* Методы исследования качества воды водоемов / Ю. В. Новиков [и др.]. — М.: Медицина, 1990. — 400 с.
21. Оценка качества поверхностных вод Кольского Севера по гидробиологическим показателям и данным биотестирования (практические рекомендации). — Апатиты: Изд-во АН СССР, 1988. — 25 с.
22. *Правдин И. Ф.* Руководство по изучению рыб. — М.: Пищепромиздат, 1966. — 376 с.
23. Применение метода морфофизиологических индикаторов для оценки качественного состава рыб: методические указания. — Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1997. — 20 с.
24. *Попова Л. Ф.* Экологический практикум. Качественный анализ природных объектов. Методическая разработка / Л. Ф. Попова [и др.]. — Архангельск, 2000. — 26 с.
25. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. — Л.: Гидрометиздат, 1977. — 542 с.
26. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. — Л., 1983. — 239 с.
27. *Семенов А. Д.* Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. — Л.: Гидрометиздат, 1977. — 541 с.

28. *Семенова А. С.* Использование структурных показателей зоопланктонного сообщества Куршского залива в системе экологического мониторинга // Экологические проблемы Калининградской области и Балтийского региона: сб. науч. тр. — Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2007. — С. 90—95.
29. *Соколова С. А.* Разработка эколого-рыбохозяйственного норматива (ПДК и ОБУВ) на примере реагента Гидро-Икс для обработки воды / С. А. Соколова [и др.] // Энергоснабжение и водоподготовка. — № 3. — 2005. — С. 35—39.
30. *Строганов Н. С.* Практическое руководство по гидрохимии / Н. С. Строганов, Н. С. Бузинова. — М.: МГУ, 1980. — 199 с.
31. *Филенко О. Ф.* Основы водной токсикологии: учебное пособие / О. Ф. Филенко, И. В. Михеева. — М.: Колос, 2007. — 144 с.

Содержание

Введение	3
1. Планирование работы студента на водоеме	5
2. Гидрохимические исследования	7
3. Гидробиологические исследования	11
4. Исследование рыбного населения водоема	16
5. Эколого-токсикологические исследования	18
Список литературы	22

Учебное издание

Дзюбук Ирина Михайловна

**Комплексные исследования
на водоемах**

*Методические рекомендации
для студентов, обучающихся
по направлениям 020400 «Биология»
и 022000 «Экология и природопользование»*

Редактор *А. В. Ермашова*
Компьютерная верстка *А. С. Авласовича*

Подписано в печать 29.05.2014. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. 1,5 уч.-изд. л. Тираж 100 экз. Изд. № 76

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Отпечатано в типографии Издательства ПетрГУ
185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

Для заметок