



CBC 2014 2020
SOUTH-EAST FINLAND - RUSSIA



ЛУГА-SANT2
LUGA-BALT2



Ю.И. Шевцова
**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ПРЕСНЫХ ВОДОЕМОВ**

Санкт-Петербург - Луга 2020

Об авторе

Юлия Игоревна Шевцова, директор МОУ «Толмачевская средняя школа», в течение 20 лет ведет вместе со школьниками научно-исследовательскую, проектную и просветительскую деятельность в области изучения и защиты природной среды на территории Ленинградской области. Работа педагога проводится в разных направлениях: экология и природопользование, лесовосстановление, мониторинг водных объектов, краеведение, пропаганда экологически дружелюбного образа жизни. Четыре ее ученика стали лауреатами премии Президента РФ для поддержки талантливой молодежи за победы во всероссийских конкурсах. Сама Юлия Игоревна является победителем профессиональных конкурсов: «Учитель года» и «Сердце отдаю детям», трижды побеждала в конкурсе лучших учителей России.

Юлия Игоревна Шевцова – педагог-новатор. Она одной из первых начала активно применять современные педагогические технологии: информационно-коммуникационные, игровые, проектно-исследовательские, проблемного обучения, сбережения здоровья. Постоянно участвует в научно-методической работе, транслирует свой опыт на региональном, всероссийском и международном уровне. Она является автором учебного пособия «Страницы истории родного края» и автором-составителем ряда сборников научно-исследовательских работ учащихся Толмачевской школы.

В рамках международного проекта «Луга-Балт 2» Юлия Игоревна создала на базе МОУ «Толмачевская средняя школа» Лужский общественный экологический центр, который сейчас объединяет семь школьных экологических групп Лужского района.

От редакции

Уважаемый читатель!

Настоящий сборник предлагает методики проведения научно-исследовательских работ для самого широкого круга обучающихся - от младших школьников до студентов и взрослых любителей природы. Выполнение этих работ может осуществляться и отдельными людьми, и малыми группами (3-5 человек), и относительно большими коллективами (20-30 человек); при этом уровень приборного обеспечения достаточно прост.

Данное пособие предназначено для руководителей биологических кружков, учителей биологии, школьников и студентов. В нем собраны наиболее доступные методики биоиндикации и гидрологических исследований, которыми обучающиеся смогут пользоваться самостоятельно.

Основная задача книги - сделать общение школьников с природой интересным, полезным и познавательным.

Мы надеемся, что это пособие оказалось в ваших руках не случайно, что вам действительно небезразлично состояние водоемов. Предлагаемые методики помогут вам определить экологическое состояние вашей любимой реки, озера, пруда или ручья по обитающим в них живым организмам.

Желаем вам новых открытий и успехов в ходе ваших исследований родной природы!

ВВЕДЕНИЕ

Природа нашей планеты уже не справляется с нейтрализацией негативных последствий человеческой деятельности. Сегодня очевидно, что изменить ситуацию можно, лишь перестроив отношения человека и природы. На перестройку этих отношений и нацелено экологическое образование. Образовательные цели достигаются разными путями, один из наиболее действенных - активное познание. Активное познание в области экологии предполагает большую самостоятельную работу школьников в исследовании состояния окружающей среды.

В условиях модернизации школьного образования в РФ особое значение для формирования личности учащихся имеет *учебно-исследовательская деятельность* - организованный процесс решения учащимися научных и личностных проблем, имеющих своей целью построение субъективно нового знания. При этом учитель, выступающий в роли научного руководителя, консультирует, советует, направляет, но не диктует и не выполняет работу детей. При учебном исследовании, в отличие от научного, обычно не открывается новых для человечества знаний, но в такой малоизученной области, как экология, его результаты могут нести и определенную объективную новизну.

Участие школьников в экологических проектах имеет большую социальную значимость, как для детей, так и для их родителей. К экологическим проектам подключены школьники разных социальных категорий: малообеспеченные, оставшиеся без попечения родителей, из неблагополучных семей, дети с ограниченными возможностями здоровья. Учащиеся осознают практическую пользу приобретаемых знаний, копят полезный опыт и вырабатывают определенные поведенческие механизмы. Дети и их родители получают также опыт позитивного взаимодействия с обществом: изучение устройства социума, сотрудничество с его структурами при организации деятельности, социологическое исследование и проектирование. Взаимодействие ученых и преподавателей, работающих в проектах, с детскими общественными объединениями позволяет создать общее воспитательное пространство, в котором объединяются педагогические усилия для формирования нравственно и социально здорового поколения, обладающего высокой экологической культурой. Родители школьников, интересуясь успехами своих детей, тоже повышают собственный уровень экологических знаний.

Большую роль в экологическом образовании и воспитании школьников любого возраста, в том числе и младших, играет практическая, исследовательская работа. Теоретические знания, полученные учеником на уроках, должны стать базой для самостоятельной оценки происходящих в природе процессов и явлений, проведения собственных исследований, наблюдений, умения обобщить свои наблюдения, способствовать экологически грамотному, безопасному для природы и собственного здоровья поведению.

Малые водные объекты - реки, озера, пруды - важные элементы окружающей нас среды. Вместе с крупными водными объектами - полноводными реками, большими и глубокими озерами, минеральными и термальными источниками, болотными угодьями - они составляют национальное богатство каждой страны и всей нашей планеты. Но в настоящее время это богатство - под угрозой. Человек перестал быть хранителем воды. Малые реки и водоемы особенно быстро загрязняются: в них моют машины, пускают на водопой скот, сбрасывают мусор. И вода становится грязной, мутной, превращаясь из "живой" в "мертвую". В ней постепенно угасает жизнь. Сначала умирают самые чувствительные организмы, им на смену приходят менее прихотливые, но со временем могут исчезнуть и они. При дальнейшем загрязнении вода становится смертельно опасной не только для водных животных, но и для человека, являясь причиной разного рода заболеваний. Грязная речка впадает в более крупные водотоки и постепенно, вместе с другими "маленькими грязнулями", отравляет воды большой реки, которая, в свою очередь, несет свои воды в море.

А ведь вода - это не только хозяйственный ресурс. Это неотъемлемая часть природы, ее красота. Как прекрасно в жаркий день искупаться в чистой речке, посидеть у лесного озера с удочкой, просто отдохнуть, наблюдая за бурной жизнью насекомых, земноводных, птиц, которых так много у чистой воды. Но наши речки и озера мелеют, умирают и могут исчезнуть навсегда, если человек не осознает - мы все в одной лодке и, чтобы не утонуть в хаосе грязи, надо засучить рукава и приняться за уборку нашего общего дома - Земли.

Наиболее доступной и благодарной формой действий по спасению наших речек и озер является их изучение и охрана в сочетании с акциями по очистке русла и берега, реализация программ и простых мероприятий по восстановлению и поддержанию малых водных объектов. Исследование экологического состояния водных объектов, изучение законов жизни в них можно из простого "детского" мероприятия превратить в серьезную государственную акцию. Для этого следует собирать и анализировать данные в соответствии с доступными и универсальными методами, систематизировать их и передавать в государственные службы экологического мониторинга окружающей среды, природоохранные организации, управления по охране водных и рыбных ресурсов. И взрослые скажут спасибо ребятам. Ведь только вместе, рука об руку, мы можем спасти наш мир от надвигающейся катастрофы.

Пусть мечта о Чистом Мире вокруг нас станет целью нашей жизни, сияющей нитью, которая выведет человечество из экологического тупика!

Освоение методов биоиндикации реально для детей разного возраста. С их помощью мы можем оценить только общий уровень загрязненности, но не узнаем точных концентраций того или иного вещества. Зато эти методы относительно дешевы и не требуют специального оборудования. Многие из них довольно просты и могут быть использованы в работе юными исследователями. А главное, биологические методы дают комплексную оценку качества воды, учитывают взаимодействие разных загрязняющих веществ и могут помочь нам в том случае, когда источник загрязнения имеет переменную мощность или непостоянный химический состав.

Данные о качестве воды, полученные при помощи биологических методов, можно соотнести с официально принятыми показателями: классами качества воды (ККВ), уровнями сапробности. Это позволяет нам сравнивать данные, полученные при помощи приборных и биологических методов.

Но помните: полученные нами данные — это очень примерные, предварительные оценки. Для того, чтобы точно определить уровень загрязнённости водоёма, нужно проделать более сложную работу. Но важно начать — и она тоже будет вам по плечу. Удачи вам в работе!



Рис.1. Полевое исследование зообентоса участниками проекта «Луга-Балт 2». Лужский район ЛО, июнь 2019.

ГЛАВА 1. БИОИНДИКАЦИЯ

1.1. Общая характеристика биоиндикации

Как узнать, загрязнена ли ближайшая речка? Как определить, пригодна ли ее вода для жизни водных организмов? Для этого можно исследовать химический состав воды или изучать живущие в ней микроорганизмы (это *химический* и *микробиологический* методы анализа качества воды). Но такие исследования довольно сложны и требуют времени, специальной подготовки, оборудования, оптики. Проще изучить и проанализировать более крупные водные организмы - *гидробионты*, живущие в реке. Это **водоросли, беспозвоночные и рыбы**.

Все гидробионты по-разному относятся к загрязнениям. Их можно разделить на три группы: очень чувствительные к загрязнениям (индикаторы чистой воды), умеренно чувствительные (способные жить в слабозагрязненных водах) и толерантные (те, которые могут существовать в очень загрязненных водоемах и даже чувствовать себя там превосходно!). Очень хороши для тестирования организмы бентоса - беспозвоночные животные, которые живут на дне водоемов. Их легко собирать, многие из них достаточно крупны и хорошо различимы даже без увеличительных приборов.

Сравнив качественный состав и количественную структуру сообществ донных организмов, можно делать выводы о здоровье реки, озера, пруда или ручья. Если в воде много чувствительных к загрязнению организмов и они разнообразны – водный объект здоров. И наоборот, присутствие большого числа толерантных организмов свидетельствует о неблагоприятной экологической обстановке. Метод определения качества вод с использованием водных организмов называется биоиндикацией, а система наблюдений за состоянием водного объекта называется биомониторингом.

Биоиндикация пресных вод - система оценки состояния и изменений качества вод, основанная на изучении качественного и количественного состава чувствительных и толерантных к загрязнениям гидробионтов.

Биомониторинг пресных вод - система повторных, целенаправленных наблюдений, оценки и прогноза экологического состояния водных объектов с использованием методов биоиндикации. В процессе биомониторинга накапливаются данные о состоянии водных объектов, анализируется состояние водных объектов, выясняются причины и источники изменений экологического состояния объектов.

Часто задают вопрос: «Почему для оценки качества среды приходится использовать живые объекты, когда это проще делать физико-химическими методами?». Существуют, по крайней мере, три случая, когда биоиндикация становится незаменимой:

1. Фактор не может быть измерен. Это особенно характерно для попыток реконструкции климата прошлых эпох. Так, анализ пыльцы растений в Северной Америке за длительный период показал смену теплого влажного климата сухим прохладным, и далее - замену лесных сообществ на травяные. В другом случае остатки диатомовых водорослей (соотношение ацидофильных и базофильных видов) позволили утверждать, что в прошлом вода в озерах Швеции имела кислую реакцию по вполне естественным причинам.

2. Фактор трудно измерить. Некоторые пестициды так быстро разлагаются, что не позволяют выявить их исходную концентрацию в почве. Например, инсектицид дельтаметрин активен лишь несколько часов после его распыления, в то время как его действие на фауну (жуков и пауков) прослеживается в течение нескольких недель.

3. Фактор легко измерить, но трудно интерпретировать. Данные о концентрации в окружающей среде различных поллютантов (если их концентрация не запредельно высока) не содержат ответа на вопрос, насколько ситуация опасна для живой природы. Показатели предельно допустимой концентрации (ПДК) различных веществ разработаны лишь для человека. Однако очевидно, что эти показатели не могут быть распространены на другие живые существа. Есть более чувствительные виды, и они могут оказаться ключевыми для поддержания экосистем. С точки зрения охраны природы, важнее получить ответ на вопрос, к каким последствиям приведет та или иная концентрация загрязнителя в среде. Эту задачу и решает биоиндикация, позволяя оценить биологические последствия антропогенного изменения среды. Физические и химические методы дают качественные и количественные характеристики фактора, но лишь косвенно судят о его биологическом действии. Биоиндикация, наоборот, позволяет получить информацию о биологических последствиях изменения среды и сделать лишь косвенные выводы об особенностях самого фактора. Таким образом, при оценке состояния среды желательно сочетать физико-химические методы с биологическими.

Актуальность биоиндикации обусловлена также простотой, скоростью и дешевизной определения качества среды. Например, при засолении почвы в городе листья липы по краям желтеют еще до наступления осени. Выявить такие участки можно, просто осматривая деревья. В таких случаях биоиндикация позволяет быстро обнаружить наиболее загрязненные местообитания.

Методы биоиндикации используют для оценки качества среды обитания и ее отдельных показателей по состоянию организмов и биоценозов в природных условиях.

Биоиндикаторы – это виды, группы видов или сообщества, по различным показателям которых судят о качестве воды, воздуха, почвы и состояния экосистем.

Многие методы биоиндикации вполне доступны школьникам, даже в младших классах. А результаты могут быть очень интересными и полезными, особенно, если в вашем населенном пункте раньше этим не занимались.

Среди методов анализа экологического состояния водных объектов биоиндикация занимает одно из важнейших мест. Она основана на способности отдельных видов обитателей водоёмов (биоиндикаторов) показывать своим развитием и существованием в воде степень её загрязнения, отражать сложившиеся в водоеме условия среды. Водные беспозвоночные животные подразделяются на **зоопланктон** и **зообентос**. И то, и другое сообщество используют в биоиндикации, поскольку видовой состав и численность обитателей водоема зависят от свойств воды.

1.2. Оценка качества воды по биотическому индексу

Гидробиологический контроль качества воды – важная составная часть экологического мониторинга поверхностных вод. Гидробиологический метод, позволяет обнаружить последствия загрязнения, так как исходит из состояния сообществ гидробионтов, существующих при определенном качестве среды.

Видовой состав и численность обитателей водоема зависят от свойств воды. Главная идея биомониторинга состоит в том, что гидробионты отражают сложившиеся в водоеме условия среды. Те виды, для которых эти условия неблагоприятны, выпадают, заменяясь новыми видами с иными потребностями. Биоценозы начинают изменяться вследствие вымирания чувствительных организмов и замены их малочувствительными.

Методы биоиндикации применимы только к водоёмам, имеющим собственную биоту. Они учитывают реакцию на загрязнение целых сообществ водных организмов или же отдельных систематических групп. При этом исследователи непосредственно на водоёме учитывают факт присутствия в нём индикаторных организмов, их обилие, наличие у них патологических изменений.

Несмотря на то, что и естественные условия водоёмов, и виды загрязнений очень разнообразны, можно выделить несколько универсальных реакций сообществ водных организмов на ухудшение качества воды. Прежде всего, это:

- **Уменьшение видового разнообразия (в два—четыре, а иногда и в десятки раз)**
- **Изменение обилия водных организмов**

Причём обилие может как снижаться (при очень высоком уровне загрязнения или при наличии токсичных загрязнителей), так и расти по сравнению с нормальным состоянием сообщества. Этот рост объясняется тем, что в водоёмах, особенно при их загрязнении органическими веществами, могут оставаться немногие, но устойчивые к загрязнению виды животных. В таких условиях, при отсутствии конкуренции, они достигают очень высокой степени обилия. Например, в Невской губе численность малощетинковых червей может достигать десятков и даже сотен тысяч особей на квадратный метр дна.

Именно эти закономерности применяются во многих методиках биоиндикации. К их числу относятся индексы видового разнообразия и методы, учитывающие соотношение обилия разных групп водных организмов. Кроме этого, часто учитывается способность определённых групп организмов обитать в водоёмах с тем или иным уровнем загрязнённости.

Надо особо отметить то, что представители любой надвидовой систематической группы (рода, семейства, отряда) практически никогда не обладают одинаковыми экологическими потребностями. В состав таких групп могут входить совершенно разные с точки зрения отношения к загрязнению виды: устойчивые к загрязнителям, неустойчивые, виды-универсалы, способные жить в очень широком спектре внешних условий, и т.д. Одной из распространённых ошибок является использование надвидовых таксонов как индикаторов качества воды без критического рассмотрения набора входящих в этот таксон видов.

Например, веснянки считаются индикаторами очень чистой воды. Но некоторые виды веснянок, в том числе *Nemoura cinerea*, обычны в мезотрофных, умеренно загрязнённых водоёмах. Говорить, что вода не загрязнена на основании того, что этот вид обнаружен в пробе, было бы опрометчиво. Личинки *комаров-звонцов* (семейство *Chironomidae*) во многих методиках используются как организмы-индикаторы сильного органического загрязнения. Реально же среди хирономид есть немало видов, обитающих только в чистых, насыщенных кислородом водоёмах. Их присутствие в пробе никоим образом не говорит о загрязнённости водоёма органикой.

В предлагаемых ниже методиках эта ошибка корректируется необходимостью рассмотрения комплекса видов и надвидовых таксонов, а не одного таксона.

Большое значение для результатов биоиндикации состояния водоёма играет выбор тех групп живых организмов, которые учитываются исследователем. Дело в том, что водные сообщества очень разнообразны и включают в себя несколько крупных экологических группировок, реакции которых на загрязнения могут серьёзно различаться. Это экологические группы животных (зоопланктон, зообентос, перифитон, нектон) и растений (фитопланктон, фитобентос). Каждая группа организмов в качестве индикатора имеет свои преимущества и недостатки.

В качестве индикаторных организмов удобно рассматривать макробеспозвоночные донные сообщества, которые имеют длительные жизненные циклы, ведут малоподвижный образ жизни и могут быть легко определены.

О чистоте воды природного водоема можно судить по видовому разнообразию и обилию животного населения.

В таких случаях биоиндикация позволяет быстро обнаружить наиболее загрязненные местообитания.

- Чистые водоемы заселяют *пресноводные моллюски, личинки веснянок, подёнок, ручейников и вислокрылок*. Они не выносят загрязнения и быстро исчезают из водоема, как только в него попадают сточные воды.
- Умеренно загрязненные водоемы заселяют *водяные ослики, бокоплавы, личинки мошек (мокрецов), двустворчатые моллюски-шаровки, битинии, лужанки, личинки стрекоз и пиявки*.
- Чрезмерно загрязненные водоемы заселяют *малощетинковые кольчецы (трубочники), личинки комара – звонца (мотыли) и ильной мухи (крыска)*.

Показателем качества воды может служить **биотический индекс**, который определяется по количеству ключевых и сопутствующих видов беспозвоночных животных, обитающих в исследуемом водоеме. Самый высокий биотический индекс определяется числом 10, он отражает качество воды экологически чистых водоемов, вода которых содержит оптимальное количество биогенных элементов и кислорода, в ней отсутствуют вредные газы и химические соединения, способные ограничить обитание беспозвоночных.

Организмы **бентоса** (т.е. обитающие на дне водоёма, в толще донных осадков или в придонном слое воды) менее динамично реагируют на быстрые изменения уровня загрязнённости. Зато, благодаря продолжительному жизненному циклу многих донных животных, их сообщества надёжно характеризуют изменения водной среды за длительные периоды времени.

Необходимо помнить, что в своём естественном состоянии различные природные водоёмы могут сильно отличаться друг от друга. На водную флору и фауну действуют такие показатели, как глубина водоёма, наличие и скорость течения, кислотность воды, мутность, температурный режим, количество растворенной органики, соединений азота и фосфора. На все эти параметры влияет как антропогенная нагрузка, так и естественные процессы, происходящие в водоёмах. Для водоёмов разных типов характерен разный видовой состав и обилие гидробионтов. Более того, в водоёмах с наиболее чистой водой количество видов животных и растений и их обилие обычно ниже, чем в тех водоёмах, где органические вещества, соединения азота и фосфора присутствуют в умеренных концентрациях. Для многих водных организмов умеренный уровень загрязнения является оптимальным состоянием среды обитания. Существуют также «виды-универсалы», обладающие высокой экологической пластичностью и способные переносить значительные колебания степени загрязнённости водоёма. Понятно, что такие виды

не представляют интереса для биоиндикации.

Заметным индикатором загрязнения водоёма может служить **прибрежное обрастание**. Обрастание – это сообщество животных и растений, обитающих на твёрдом субстрате, то есть на различных поверхностных предметах у кромки воды. Обычно в нем преобладают прикрепленные организмы, а подвижные обитают среди них, используя их в качестве пищи и убежища. Обрастание может располагаться и на природных субстратах (прибрежные камни, коряги), и на антропогенных (брошенные лодки, бетонные плиты, опоры мостов и др.). При избытке в воде органических веществ и повышении общей минерализации обрастания приобретают сине-зеленый цвет, так как состоят в основном из сине-зеленых водорослей. При попадании в водоем бытовых сточных вод обрастания бывают белыми либо сероватыми. Как правило, они состоят из прикрепленных инфузорий (*сувойка*, *кархезиум* и др.). Стоки с избытком сернистых соединений могут сопровождаться хлопьевидными налётами нитчатых серобактерий-теотриков.



Рис. 2. Сине-зеленые водоросли – типичный универсальный вид, обитающий повсеместно.

1.2.1. Биотический индекс Вудивисса (Индекс реки Трент)

Один из наиболее надёжных и широко используемых в мире методов биологической оценки качества воды. Относительная трудоёмкость и сложность работы с его помощью окупается высокой достоверностью получаемых результатов.

Индекс Вудивисса учитывает сразу два параметра бентосного сообщества: общее разнообразие беспозвоночных и наличие в водоёме организмов, принадлежащих к «индикаторным» группам. В эти группы объединены животные, характеризующиеся определённой степенью **сапробности**. При повышении степени загрязнённости водоёма представители этих групп исчезают из него примерно в том порядке, в каком они приведены в таблице 1.

Таблица 1. Биотический индекс Вудивисса

Наличие видов – индикаторов	Количество видов–индикаторов	Общее количество присутствующих групп бентосных организмов					
		0 – 1	2 – 5	6 – 10	11 – 15	16 – 20	более 20
Нимфы веснянок (<i>Plecoptera</i>)	более 1	–	7	8	9	10	11 – ...
	1 вид	–	6	7	8	9	10 – ...
Нимфы поденок (<i>Ephemeroptera</i>) — кроме вида <i>Baetis rhodani</i>	более 1	–	6	7	8	9	10 – ...
	1 вид	–	5	6	7	8	9 – ...
Личинки ручейников (<i>Trichoptera</i>)	более 1	–	5	6	7	8	9 – ...
	1 вид	4	4	5	6	7	8 – ...
Бокоплавы (<i>Gammarus</i>)		3	4	5	6	7	8 – ...
Водяной ослик (<i>Asellus aquaticus</i>)		2	3	4	5	6	7 – ...
Олигохеты (<i>Tubificidae</i>) или личинки звонцов (<i>Chironomidae</i>)		1	2	3	4	5	6 – ...
Отсутствуют все названные группы		0	1	2	–	–	–

Таблица 2. Рабочая шкала для определения биотического индекса

Наличие видов – индикаторов	Количество видов–индикаторов	Общее количество присутствующих групп бентосных организмов					
		0 – 1	2 – 5	6 – 10	11 – 15	16 – 20	более 20
Нимфы веснянок (<i>Plecoptera</i>)	более 1	–	7 6	8 7	9 8	10 9	11 10
	1 вид	–					
Нимфы поденок (<i>Ephemeroptera</i>) — кроме вида <i>Baetis rhodani</i>	более 1	–	6 5	7 6	8 7	9 8	10 9
	1 вид	–					
Личинки ручейников (<i>Trichoptera</i>)	более 1	–	5 4	6 5	7 6	8 7	9 8
	1 вид	4					
Бокоплавы (<i>Gammarus</i>)		3	4	5	6	7	8
Водяной ослик (<i>Asellus aquaticus</i>)		2	3	4	5	6	7
Олигохеты (<i>Tubificidae</i>) или личинки звонцов (<i>Chironomidae</i>)		1	2	3	4	5	6
Отсутствуют все названные группы		0	1	2	–	–	–

Таблица 3. Классификация качества воды по биологическим показателям

	Класс качества воды	Степень загрязнения	Биотический индекс
	1	Очень чистая	10
	2	Чистая	8 – 9
	3	Умеренно загрязненная	6 – 7
	4	Загрязненная	5
	5	Грязная	3 – 4
	6	Очень грязная	0 – 2

Рис.3. Носток сливовидный – колониальная водоросль, индикатор чистой воды

Индекс используется только для исследования рек умеренного пояса и даёт оценку их состояния по пятнадцатибалльной шкале. Методика не пригодна для оценки состояния озёр и прудов. Для работы по методу Вудивисса могут быть использованы как материалы дночерпательных проб, так и проб, отобранных сачком. Но важно указать, какой способ отбора и какой объём материала был использован.

Для оценки состояния водоёма по методу Вудивисса нужно:

1. Выяснить, какие индикаторные группы имеются в исследуемом водоёме. Поиск начинают с наиболее чувствительных к загрязнению индикаторных групп: веснянок, затем поденок, ручейников и т.д. — именно в таком порядке индикаторные группы расположены в таблице. Если в исследуемом водоёме имеются нимфы веснянок (*Plecoptera*) — самые «чуткие» организмы, то дальнейшая работа ведётся по первой или второй строке таблицы 1. Если нимф веснянок в наших пробах нет — ищем в них нимфы подёнок (*Ephemeroptera*) — это следующая по чувствительности индикаторная группа (рис. 2). Если они найдены, работаем с третьей или четвёртой строкой таблицы (опять же по количеству найденных видов). При отсутствии нимф поденок обращаем внимание на наличие личинок ручейников (*Trichoptera*) (рис. 3) и т.д.

Оценить общее разнообразие бентосных организмов.

Методика Вудивисса не требует определить всех пойманных животных с точностью до вида (это бывает трудно сделать даже профессионалу). Достаточно определить количество обнаруженных в пробах «групп» бентосных организмов. За «группу» принимается:

- **любой вид плоских червей;**
- **класс малощетинковые черви;**
- **любой вид моллюсков, пиявок, ракообразных, водяных клещей;**
- **любой вид веснянок, сетчатокрылых, жуков;**
- **любой род подёнок, кроме *Baetis rhodani*;**
- **любое семейство ручейников;**
- **семейство комаров-звонцов (личинки) кроме *Chironomus sp.*;**
- **личинки мошки (семейство *Simuliidae*);**
- **каждый известный вид личинок других летающих насекомых.**

Определив количество обнаруженных в пробе групп, находим соответствующий столбец таблицы 1 (или 2).

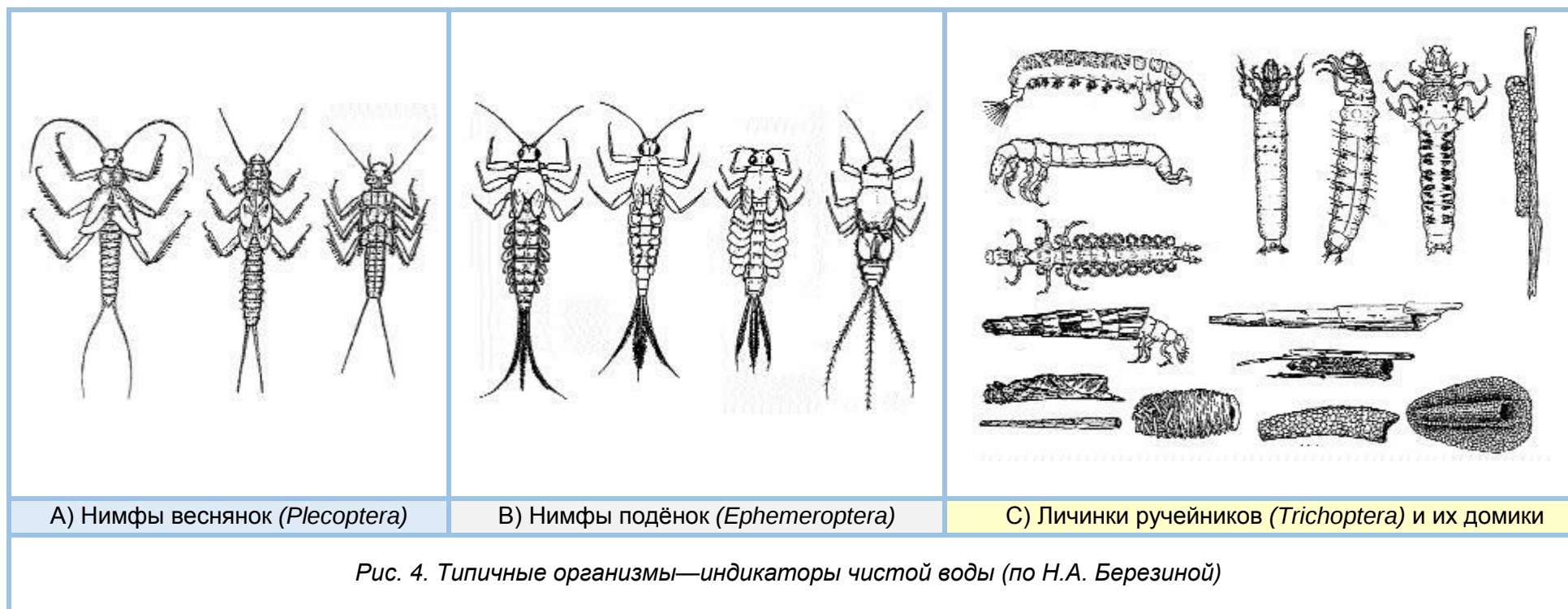
На перекрестке найденных нами столбца и строки в таблице 3 находим значение индекса Вудивисса для исследуемого водоёма.

Если водоём получает от 0 до 2 баллов — он сильно загрязнён, относится к полисапробной зоне, водное сообщество находится в сильно угнетённом состоянии. Оценка 3–5 баллов говорит о средней степени загрязнённости (альфа-мезосапробный), а 6–7 баллов — о незначительном загрязнении водоёма (бета-мезосапробный). Чистые (олигосапробные) реки обычно получают оценку 8–10 баллов, а особенно богатые водными обитателями участки могут быть оценены и более высокими значениями индекса.

Пример:

Во время исследования верховьев реки Рощинки (Карельский перешеек) в пробах были обнаружены представители наиболее чувствительной к загрязнению индикаторной группы — нимфы веснянок, причём только одного вида — *Nemoura cinerea*. Значит мы должны работать со второй строкой нашей таблицы.

Всего же среди организмов бентоса были отмечены представители шестнадцати различных групп (в том числе малощетинковые черви, личинки мошки, личинки других двукрылых, представитель равноногих раков — водяной ослик и др.). Поэтому выбираем столбец «Общее количество групп — 16–20». На перекрёстке этого столбца и второй строки находим значение индекса — 9 баллов. Это говорит о том, что сообщество водных организмов находится в хорошем состоянии, загрязнение не обнаружено.



1.2.2. Индекс Майера

Это более простая методика, основные преимущества которой следующие:

- **никаких беспозвоночных не нужно определять с точностью до вида;**
- **методика годится для любых типов водоёмов.**

Метод использует приуроченность различных групп водных беспозвоночных к водоёмам с определённым уровнем загрязнённости. Организмы-индикаторы отнесены к одному из трёх разделов (см. таблицу 4).

Нужно отметить, какие из приведённых в таблице индикаторных групп обнаружены в пробах. Количество обнаруженных групп из первого раздела таблицы необходимо умножить на три, количество групп из второго раздела — на два, а из третьего — на один. Получившиеся цифры складывают. Значение суммы и характеризует степень загрязнённости водоёма. Если сумма более 22 — вода относится к первому классу качества. Значения суммы от 17 до 21 говорят о втором классе качества (как и в первом случае, водоём будет охарактеризован как олигосапробный). От 11 до 16 баллов — третий класс качества (бета-мезосапробная зона). Все значения меньше 11 характеризуют водоём как грязный (альфа-мезосапробный или же полисапробный).

При использовании индекса нужно отметить, какие из приведенных в таблице групп обнаружены в пробах. Количество найденных групп из первого раздела необходимо умножить на 3, количество групп из второго раздела - на 2, а из третьего - на 1.

Таблица 4. Индекс Майера

Обитатели чистых вод, X	Организмы средней чувствительности, Y	Обитатели загрязнённых водоёмов, Z
Личинки веснянок Личинки поденок Личинки ручейников Личинки вислокрылок Двустворчатые моллюски	Бокоплавы (гаммарус) Речные раки Личинки стрекоз Личинки комаров-долгоножек (типулиды) Моллюски-катушки Моллюски-живородки	Личинки комаров-звонцов (Chironomidae) Пиявки Водяные ослики Моллюски-прудовики Личинки ильной мухи Олигохеты

Получившиеся цифры складывают: $X \cdot 3 + Y \cdot 2 + Z \cdot 1 = S$. По значению суммы S (в баллах) оценивают степень загрязнённости водоёмов:

- **22 балла и более - водоем чистый (1 класс качества);**
- **17-21 баллов - водоем слабо загрязнённый (2 класс качества);**
- **11-16 баллов - водоем умеренно загрязнённый (3 класс качества);**
- **11 баллов и менее - водоем грязный (4 класс качества).**

Пример:

В верхнем течении реки Охты обнаружены следующие организмы: нимфы подёнок, личинки ручейников, двустворчатые моллюски, личинки стрекоз, личинки комаров-долгоножек, моллюски-катушки, личинки комаров-звонцов, пиявки, водяные ослики, личинки мошки, малощетинковые черви, водяные клопы, личинки жуков, личинки мокрецов, водяные клещи.

Из них три группы (нимфы поденок, личинки ручейников, двустворчатые моллюски) указаны в первом разделе таблицы, три (личинки стрекоз, личинки комаров-долгоножек, моллюски-катушки) — во втором и пять (личинки комаров-звонцов, пиявки, водяные ослики, личинки мошки, малощетинковые черви) — в третьем. Водяные клопы, личинки жуков, личинки мокрецов и водяные клещи в таблице не указаны, поэтому при подсчёте значения индекса они не принимаются во внимание.

Значение индекса Майера равно $33 + 32 + 51 = 9+6+5 = 20$.

Такое значение индекса характеризует Охту в верхнем течении как олигосапробный водоём с водой второго класса качества.

1.1.3. Олигохетный индекс Гуднайт-Уотлея

Эта простая, но надёжная методика биоиндикации используется только для определения загрязнения водоёма органическими веществами. Важно помнить, что для определения значений олигохетного индекса годятся только материалы дночерпательных проб.

Значение индекса (**a**) равняется отношению количества обнаруженных в пробе олигохет (малощетинковых червей) к общему количеству организмов (включая и самих червей) в процентах:

$$a = \frac{N_{Oligochaeta}}{N_{\text{всех организмов}}} \times 100\%$$

, после чего степень загрязнения воды органическими веществами определяется по таблице 5.

Таблица 5. Олигохетный индекс Гуднайт–Уотлея

Значение индекса %	Степень загрязнения воды	Класс качества
Менее 30	Отсутствие загрязнения	1 – 2
30–60	Незначительное	2 – 3
60–70	Умеренное	3 – 4
70–80	Значительное	4 – 5
Более 80	Сильное	5 – 6



Рис. 5. Трубочник обыкновенный

Пример:

В пробах отмечено 55 малощетинковых червей, а общее количество пойманных водных беспозвоночных (включая олигохет) равнялось 350. Доля олигохет таким образом составляет 15,7%. Значит, водоём не загрязнен органикой.

Точность определения приведенных методов недостаточна, но если проводить исследования качества воды регулярно, то есть осуществлять мониторинг в течение длительного времени, то даже с использованием этих простых методов можно определить, в какую сторону изменяется экологическое состояние водоема.

ГЛАВА 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ. ТРОФНОСТЬ

Природные водоемы различаются по химическому составу воды, донных отложений и потока веществ, поступающих в них с водосборной площади, а также рядом физических, гидрологических и географических параметров. В связи с этим в каждом водоеме формируется собственный набор видов микроорганизмов, растений и животных, взаимно влияющих друг на друга и на окружающую среду. Каждая водная экосистема имеет свои определенные характеристики: видовое разнообразие водных организмов, их численность, биомассу и др. Одним из важнейших показателей является продуктивность (трофность) водной экосистемы, т. е. количество нового органического вещества, создаваемого экосистемой за единицу времени. Продуктивность зависит в первую очередь от фотосинтетической деятельности автотрофных организмов и различна в разных водоемах.

По уровню продуктивности природные водоемы могут классифицироваться как:

- **дистрофные (непродуктивные);**
- **олиготрофные (малопродуктивные);**
- **мезотрофные (среднепродуктивные);**
- **эвтрофные (высокопродуктивные).**

Классификация водоемов по их трофности применима для всех природных водоемов. Трофический уровень водной экосистемы сильно связан с содержанием в воде **биогенов** — растворенных минеральных веществ, являющихся удобрением для водных растений. К ним относятся прежде всего соединения фосфора и азота. Уровень трофности водоема может изменяться при действии как природных, так и **антропогенных** (возникающих в результате воздействия человека) факторов. В некоторых случаях определить причину изменения трофности очень сложно. Когда нет сомнений в том, что причина имеет антропогенный характер, встает задача оценки качества воды в сравнении с прежним «природным» состоянием и прогноза дальнейших изменений.

Трофический уровень конкретного водоема можно определить не только по продукции фотосинтезирующих организмов, но и по видовому составу и обилию тех гидробионтов, которые в этом водоеме обитают. С их помощью можно определить качество воды и изменение трофического уровня водоема в связи с увеличением концентрации биогенов при загрязнении.

ГЛАВА 3. ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИ АНТРОПОГЕННОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ

3.1. Что такое сапробность и токсобность

Понятие «качество воды» подразумевает комплексную оценку, которая включает гидрохимические и гидробиологические характеристики. В настоящее время используется традиционный подход к оценке качества воды, основанный на определении только ряда химических показателей (см. таб. 6). Это не позволяет оценить изменения в водной экосистеме, оценить степень ее нарушенности, выяснить механизм нарушения и дать прогноз дальнейшего изменения в экосистеме. Такие задачи можно решить, используя методы биоиндикации.

В водоемах с наиболее «чистой»* водой, содержащей низкие концентрации биогенных и органических веществ, количество видов гидробионтов и их обилие обычно ниже, чем в тех водоемах, где органические вещества, соединения азота и фосфора присутствуют в умеренных концентрациях. Для многих водных организмов, обитающих в мезо- и эвтрофных водах, умеренный уровень загрязнения является нормальным состоянием среды обитания. Часть таких видов вполне может служить индикаторами загрязнения воды органическими и биогенными веществами. Другая часть видов, обитающих в узких пределах условий окружающей среды, не выдерживают даже небольшого загрязнения и исчезает — такие виды являются хорошими индикаторами низких уровней загрязнения.

Важнейшей комплексной характеристикой состояния водоема является уровень его сапробности.

Сапробность — характеристика водоема, показывающая уровень его загрязненности органическими веществами и продуктами их распада. По нарастанию количества органических веществ различают водоемы **олигосапробные** (практически незагрязненные), **бета-мезосапробные** (слабо или умеренно загрязненные), **альфа-мезосапробные** (загрязненные) и **полисапробные** — сильно загрязненные органикой (см. таблицу). Как правило, высокие концентрации органических веществ в водоемах вызваны сбросом в них сточных вод бытового и сельскохозяйственного происхождения. Под сапробностью какого-либо вида животных или растений понимают его способность обитать в воде с соответствующим уровнем органического загрязнения.

БПК — биохимическое потребление кислорода, показатель степени загрязнения воды органикой. Это количество кислорода, необходимое микроорганизмам для окисления содержащихся в воде органических веществ (чем больше в воде органики, тем больше кислорода требуется на ее окисление).

Coli-индекс — количество кишечных палочек, один из показателей бактериального загрязнения.

* Понятие «чистая вода» в обиходном смысле подразумевает воду, соответствующую питьевой по содержанию солей, органических веществ и т. д. Природная чистая вода, в отличие от питьевой, может содержать все эти вещества в широком диапазоне концентраций, но при этом не содержать токсичных веществ антропогенного происхождения. По мере поступления органических и биогенных веществ происходит постепенное изменение химического состава воды, видового состава гидробионтов, происходит перестройка структуры и функций экосистемы в целом. В начале процесса загрязнения изменения в экосистеме незначительны и обратимы. В дальнейшем экосистема увеличивает свою способность к переработке поступающих веществ, но до определенного предела. Его превышение приводит к деградации и полному разрушению экосистемы.

Таблица 6. Уровень сапробности

Степень сапробности	Состояние водоема	Класс качества воды	Аммонийный азот, ммг/л	Азот нитратов, мг/л	Фосфаты, мг/л	Кислород(% насыщения)	ББП мг/
Олигосапробная зона	Чистое	1-2	<<0,04	<0,03	<0,05	90-100	0-3
Бетамезосапробная зона	Умеренно загрязненное	3	0,04-0,08	0,03-0,05	0,05-0,07	80-90	3 , 3
Альфамезосапробная зона	Загрязненное	4	0,08-1,5	0,05-1,0	0,07-0,1	50-80	5-7
Полисапробная зона	Грязное, очень грязное	5-6	1,5-5,0	1,0-8,0	0,1-0,3	5-50	7

От олигосапробной к полисапробной зоне ухудшаются многие важные для водных обитателей показатели: уменьшается содержание растворенного в воде кислорода, необходимого для дыхания гидробионтов, нитраты превращаются в более токсичные нитриты и аммонийные соединения. Сульфаты переходят в сульфиты и далее в сульфиды вплоть до образования сероводорода. При этом уменьшается количество видов живых существ, требовательных к содержанию кислорода, вплоть до полного их исчезновения. В то же время виды, способные выдержать изменение химического состава воды и недостаток кислорода, могут даже увеличить свою численность за счет притока питательных веществ и исчезновения конкурентов.

▪ **Этот процесс называется антропогенным эвтрофированием водоема.**

По мере дальнейшего загрязнения ситуация ухудшается: исчезают все больше видов, нарушаются пищевые связи, круговороты веществ и использование энергии в системе. Снижается устойчивость экосистемы, ее способность к переработке веществ и «самоочищению», экосистема деградирует.

По разнообразию отмеченных в водоеме видов-индикаторов и их обилию определяют уровень сапробности водоема.

Попадание в водоем токсичных веществ вызывает, как правило, процессы деградации экосистемы, выраженность которых зависит от свойств токсиканта, его концентрации, степени разбавления, скорости разложения токсичного вещества, времени воздействия и ряда других причин. К токсичным веществам относятся соединения тяжелых металлов (прежде всего ртути, свинца, кадмия, меди, цинка, олова и хрома), хлорорганические, фосфоорганические и другие пестициды, нефть и продукты ее переработки, синтетические поверхностно-активные вещества, кислоты, фенолы и другие соединения.

Комплексная характеристика качества воды, характеризующая ее загрязненность токсичными веществами, — **токсобность**.

В качестве быстрого метода интегрального определения токсичности воды используются методики биотестирования, то есть использования биологических объектов (тест-организмов) для выявления степени токсичности тех или иных веществ или их суммарного воздействия.

ГЛАВА 4. КАК И ЧЕМ ВЫПОЛНЯТЬ РАБОТЫ ПО БИОИНДИКАЦИИ

4.1. Подготовка к работе

Для оценки состояния водоема при помощи биологических объектов необходимо выбирать надёжный, проверенный метод, подходящий для данного типа водоема и поставленных задач; нужно чётко придерживаться методики отбора и обработки проб; все биологические закономерности являются закономерностями статистическими. Поэтому объём используемого материала должен быть достаточно велик.

Задание выполняйте последовательно, не перескакивайте с одного на другое. Работайте аккуратно и помните, что ваше присутствие не должно нарушать обычного распорядка жизни изучаемой системы. Ведите себя спокойно, громко не разговаривайте, одевайтесь удобно, одежда должна защищать вас от укусов насекомых, яркого солнца, дождя. Растения и грибы не срывайте, животных без надобности не ловите. Пойманных животных, после установления видовой принадлежности не забывайте отпускать в природу.

При определении видов обращайтесь к приложению, где изображены типичные представители бентоса.

4.2. Оборудование

Для сбора проб можно пользоваться гидробиологическим сачком или скребком. Гидробиологический сачок похож на энтомологический, но отличается обручем из более толстой проволоки (не менее 4 мм), более толстой палкой и менее глубоким мешком. Лучше его сшить из капронового мелкоячеистого тюля. Скребок позволяет соскабливать животных с камней, срезать водные растения на глубине до 2 м. Он состоит из ножа и изогнутого стального прута. Нож делают из полоски стали длиной чуть меньше диаметра мешка и шириной 4 см. Одну сторону его затачивают. К тупому краю ножа с двух сторон приваривают дугу из толстой проволоки толщиной не менее трех мм и шириной 1-1,5 см. Дугу можно сделать и из стальной полоски. Середина дуги прикрепляется к палке с металлической трубкой-наконечником. Нож, дуга и трубка свариваются друг с другом. В ноже и в дуге просверливают отверстия для прикрепления мешка. Собранный материал размещается в сосуды с водой, если он будет тотчас определен, и во флакончики с фиксирующей жидкостью для последующего определения (70% спирт или 4% формалин).

4.3. Отбор и обработка проб

Многолетний опыт работы на водоемах показывает, что прежде чем начать изучение водного организма, его нужно поймать. Для работы на небольшой глубине можно применять просто крупную консервную банку с диаметром дна не менее 10–12 см. С одной её стороны крышка полностью удаляется, а острые края оббиваются молотком — чтобы убрать оставшиеся полоски жести. С противоположной стороны в дне банки делается несколько отверстий для прохода воды. Такую банку нужно, слегка покручивая, «завинтить» в дно, а потом перевернуть и вынуть вместе с грунтом (рис. 4).

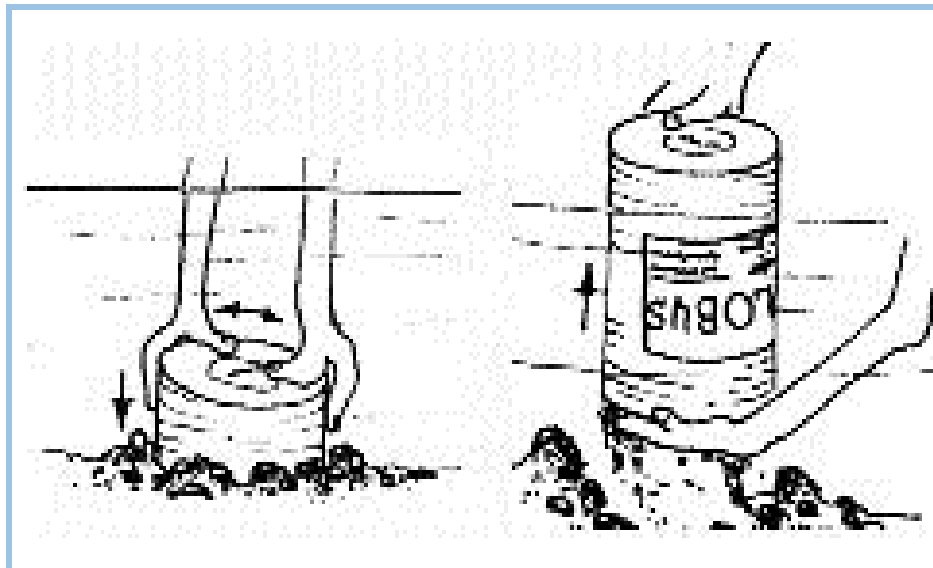


Рис. 6. Отбор пробы грунта при помощи банки
(рис. Ю.А. Даниловой).

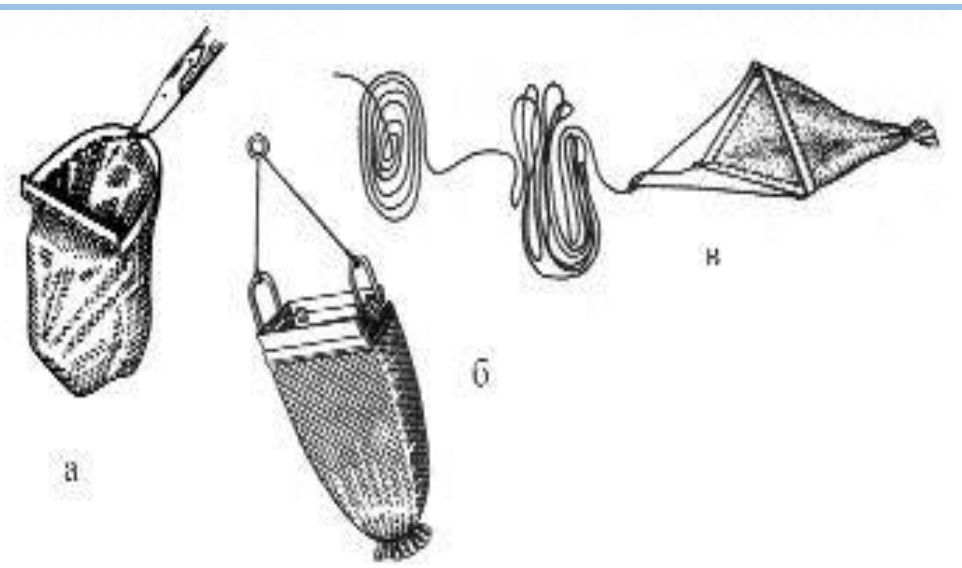


Рис.7. Скребок (а) и драги (б, в) для взятия проб грунта
(по Н.А. Березиной).

Можно использовать для сбора организмов бентоса плотный сачок. Диаметр входного отверстия сачка должен быть не менее 25–30 см, а длина матерчатого конуса — в 2,5 раза больше. Для изготовления сачка удобно использовать синтетический тюль с мелкой ячейей. Обыкновенная марля не годится из-за своей недостаточной прочности. Место крепления матерчатого конуса к обручу сачка рекомендуется обшить полоской плотной ткани — это продлит срок его службы. Сачок надёжно насаживается на рукоятку длиной 1,5–2 метра. После работы в водоёме его обязательно надо хорошо просушить (рис. 5).

Для промывки проб грунта необходимо иметь специальное сито. Лучше всего подходят специальные зерновые или почвенные сита. Если таких сит нет, можно использовать дуршлаг или обычное сито, что менее удобно.

Отверстия дуршлага обычно имеют диаметр 2 мм или более, и многие организмы при промывке теряются. Используемые в хозяйстве сита, наоборот, имеют слишком мелкие отверстия, сквозь которые плохо проходят частицы грунта. Да и родители не всегда приходят в восторг от столь нетрадиционного использования кухонной утвари.

Положив на сито порцию грунта, его нужно наполовину погрузить в воду и промывать пробу аккуратными движениями до тех пор, пока вода в сите не станет прозрачной. Оставшихся после этой процедуры организмов вместе с не прошедшими сквозь сито листьями, палочками, камешками и т.д. нужно аккуратно стряхнуть в большую фотографическую кювету или пластиковый тазик (лучше светлого цвета) с 2–3-сантиметровым слоем воды.

Для дальнейшей работы вам потребуются также: лёгкое пластиковое ведёрко, пинцеты (по количеству участников), пипетка, чайная ложка, 3–5-кратная лупа, ёмкости для предварительной сортировки организмов (чашки Петри или мелкие баночки с широким горлом), тетрадь для записи в непромокаемой обложке. Записи лучше вести карандашом: они меньше страдают от намокания.

Пробы при помощи банки отбираются через каждые 10 метров береговой линии. При работе на реке нужно стараться (если это возможно) отбирать пробы у обоих берегов и на середине. Для получения достоверных данных об обитателях не крупного водоёма необходимо взять не менее пяти подобных проб. При исследовании реки или крупного озера (особенно если скорость течения, количество водной растительности, характер грунта и другие характеристики водоёма сильно различаются в разных его частях) количество проб надо увеличить до 7–8.

При отборе проб с помощью сачка им производятся движения, похожие на движения косы при кошении травы, причём вести сачок нужно против течения. По возможности следует проводить им ближе ко дну, по зарослям водной растительности, у камней. После каждого взмаха сачок вынимается, выворачивается, и пойманные организмы вытряхиваются в кювету. Если в сачок попало значительное количество грунта, его необходимо промыть на сите или в самом сачке.

Сборы водных организмов, сделанные при помощи сачка, можно дополнить экземплярами животных, собранных на камнях и корягах, поднятых со дна водоёма. При этом лучше прямо под водой положить камни в сетку сачка, иначе в процессе подъёма камня многие животные могут быть утеряны.

Камни из сачка и мелкие коряги перекладывают в кювету и внимательно осматривают со всех сторон.

При работе на заросших участках водоёмов скопления водных растений необходимо облавливать сачком или же извлекать растения целиком, помещать их в кювету и аккуратно собирать с них всех обнаруженных животных.

Чтобы получить достоверную информацию о водоеме, нужно собрать максимально разнообразную добычу. В ней должны быть представлены донные животные, активно плавающие организмы и обитатели зарослей водной растительности. Вынутый грунт необходимо промыть. Для этого лучше всего подходят специальные зерновые сита. Если таких сит нет, можно использовать дуршлаг. Хорошее сито можно легко изготовить самим, натянув на круглую или прямоугольную рамку размером 20 на 20 см синтетическую сетку, которую используют летом на окнах для защиты от комаров.

Сито с вынутым грунтом наполовину погружают в воду и встряхивают энергичными, но аккуратными движениями до тех пор, пока вода в сите станет относительно прозрачной. Оставшихся в сите животных вместе с крупными частицами грунта вытряхивают в тазик, миску или другую посуду со светлым дном с 2-3 сантиметровым слоем воды.

После того как организмы пойманы, нужно провести их определение, т.е. определить, к каким систематическим группам они относятся. Если вы обладаете усидчивостью, свободным временем, квалифицированным руководителем и биноклем, то можете попробовать определять водные организмы с точностью до вида. Это очень кропотливая работа, и она под силу только самым увлечённым. Вполне достаточно будет провести определение до более крупных систематических групп — отрядов и семейств. В этом вам помогут специальные книги — определители, список которых помещён ниже.

Чтобы начать определение водных организмов, нужно внимательно рассмотреть весь находящийся в кювете или тазике улов. Многие водные беспозвоночные довольно мелки, подолгу сидят без движения, и заметить их трудно. Замеченных животных пинцетом вынимают из кюветы и сажают в небольшие ёмкости с водой (чашки Петри, баночки из-под лекарств), причём разные животные (пиявки, двусторчатые моллюски, личинки насекомых) сажаются в разные баночки. Так их легче сосчитать и труднее потерять что-либо из улова. Особенно важно отсадить отдельно крупных животных (моллюсков) и хищников — они могут раздавить или съесть своих соседей. Для ловли мелких животных можно использовать пипетку, а быстро плавающих удобно отлавливать из кюветы при помощи чайной ложки. Если у вас нет бинокля, для разглядывания мелких организмов необходима лупа (а лучше две: 3-х и 7-10 кратные).

Если вы собираетесь не просто удовлетворить своё любопытство, а как-то использовать свои данные, или в ваши планы входит повторный осмотр водоёма через некоторое время, то все полученные результаты нужно записать в полевой дневник. Если вам встретились какие-то непонятные, любопытные животные, их стоит подробно и точно зарисовать, а если есть такая возможность — сохранить в коллекции.

Если у вас нет возможности сразу подробно рассмотреть пойманных животных (например, начинается дождь), улов можно сохранить в литровой банке с водой (не закрывая её плотной крышкой). Но лучше поспешить: чем дольше будет дожидаться вашего внимания банка, тем больше животных в ней могут погибнуть. Особенно быстро это происходит в тёплую погоду.

Для получения достоверных данных об обитателях не крупного водоёма необходимо взять не менее 5 подобных проб в различных местах. Интересно сравнить чистые участки и места с антропогенным загрязнением, если водоем достаточно большой.

Когда вы рассадите всех по банкам, можно приступать к определению их видовой принадлежности.

Если вы никогда раньше не занимались такой работой, то советуем проконсультироваться с учителем или другим специалистом. Если такой возможности в конкретный момент не будет, то постарайтесь сфотографировать неизвестных вам животных или зафиксировать образцы. Так их можно сохранить на длительный период.

Пробы отобраны, водные животные определены, их список у нас в руках. Как же с его помощью определить состояние исследуемого водоёма? Вычисляем биотический индекс (см. главу 1).

4.4. Методы отбора гидробиологических проб

Перед проведением работ по выяснению экологического состояния водотоков необходимо определить возможные источники загрязнений в районе исследований. Это может быть завод, животноводческая ферма, бензозаправочная станция или что-либо другое. После определения источника загрязнений рекомендуется установить, по крайней мере, две станции отбора проб — несколько выше источника загрязнений (*фоновая станция*) и на 50-100 м ниже источника (*тестируемая станция*). Вы должны быть уверены, что выше *фоновой станции* существенные источники загрязнений отсутствуют, и она на самом деле явится контрольной точкой при сравнении результатов.

Для более полного сбора данных пробы следует отбирать в течение трех временных периодов — весной, летом и осенью, тогда ваши сборы будут более полными, в них попадут представители, развивающиеся по разным жизненным циклам.

Методы отбора проб считаются *качественными*, если учитывается только таксономический состав беспозвоночных (то есть биоразнообразие организмов - *кто* обитает на исследуемом участке). *Количественными* методами называются такие, когда учитывается также и численность организмов (сколько?). При строгих методах учета (пробы отбираются различными количественными рамками, дночерпателями, бентометрами) определяется численность организмов на квадратный метр (экз/м), при условно количественных методах учитывается численность организмов в пробе (в этом случае численность обычно выражается в %).

Существует много методов отбора водных организмов. Для проведения общественного мониторинга на реках и ручьях рекомендуются несколько простых методов отбора проб: **метод визуального осмотра** и **метод принудительного дрейфа** (с помощью *донного сачка* или *ручного экрана*). Оба метода могут рассматриваться как качественные (если вы учитываете только качественный состав организмов) или условно количественные, если задаются такие параметры, как: а) фиксированное время отбора пробы, и б) дистанция отбора пробы.

Метод визуального осмотра заключается в тщательном визуальном осмотре и сборе гидробионтов с разных участков грунта (валунов, гальки, песчаных полей) и других субстратов (пакетов опавшей листвы, веток деревьев, водной растительности) на выбранном участке. Гидробионтов собирают вручную или смывают с камней и других субстратов в кювету или ведро, а затем исследуют их состав. Данный метод можно использовать как условно количественный, если сбор гидробионтов осуществляется в течение определенного времени (например, в течение 30 минут), на определенном размерном участке (например, на участке длиной 10 м). В этом случае учитывается обилие организмов различных групп бентоса (например, по 5-балльной шкале встречаемости: 1 - единичны, 2 - редки, 3 - часты, 4 - многочисленны, 5 - доминируют в пробе), необходимо также, чтобы сборы всегда осуществлялись определенным числом участников (например, 3 человека).

Собранные организмы бережно осматривают в кювете, стараясь не повредить, определяют до групп организмов и данные заносят в полевые карточки. Затем организмы вместе с водой вновь возвращают в водный объект.

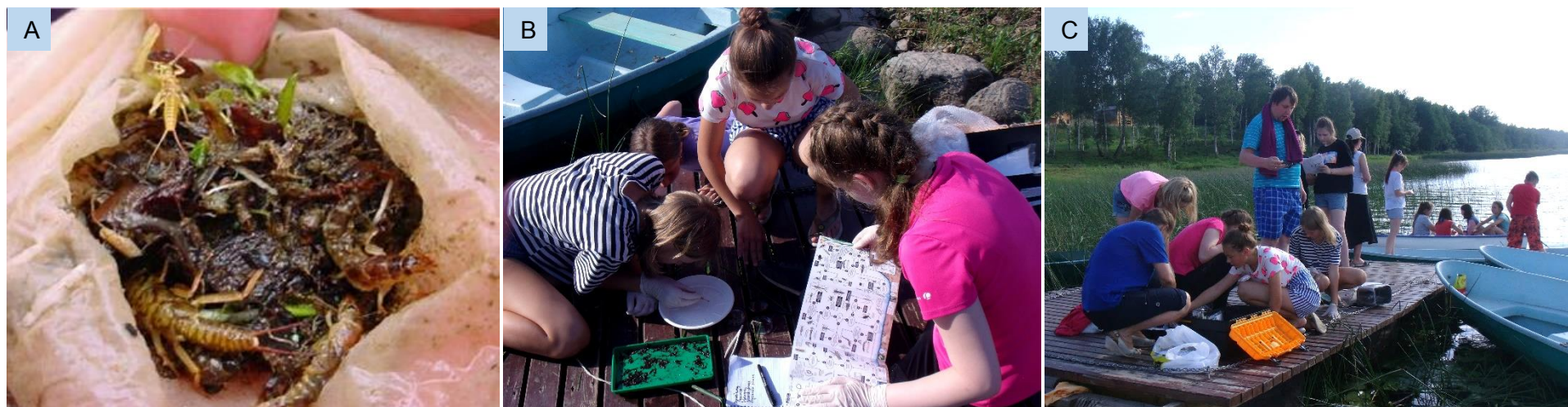


Рис. 8. А - проба, отобранная на чистом участке реки (полный комплекс ЕРТ) В, С – отбор и анализ проб на водоеме

Метод принудительного дрефта часто используется как условно количественный метод, он может осуществляться с помощью *донного сачка* (D-net) (на небольших ручьях и речках), а также с помощью *ручного экрана* (Kick-net) (на малых, средних и крупных водотоках).

Отбор с помощью донного сачка (рис. 6). Двое сборщиков становятся в русло водотока на участке с наиболее сильным течением, один устанавливает донный сачок на поверхность грунта, другой выше по течению тщательно перемешивает грунт на протяжении 3 метров в течение 3 мин. Смытый в сачок детрит вместе с животными перекладывается в кювету для определения и учета организмов. Пробы следует отбирать с двухкратным повторением на каждой станции.



Рис. 9 (А, В) Отбор пробы методом принудительного дрефта с помощью донного сачка

Отбор с помощью ручного экрана (рис. 7). Двое сборщиков становятся в русло водотока на участке с сильным течением, один прижимает ручной экран ко дну и наклоняет его на себя; другой перемешивает грунт на расстоянии в 3 м в течение 3 мин. Затем осторожно берет экран за нижние концы палок и вместе с другим сборщиком осторожно вынимает экран из воды. Детрит вместе с животными смывается в ведро. Затем производится определение и учет организмов. Для ускорения подсчетов можно разделить пробу на 2 (или 4 части) и производить подсчет организмов только 1/2 (или 1/4) части пробы.



Рис. 10. Отбор пробы методом принудительного дрефта

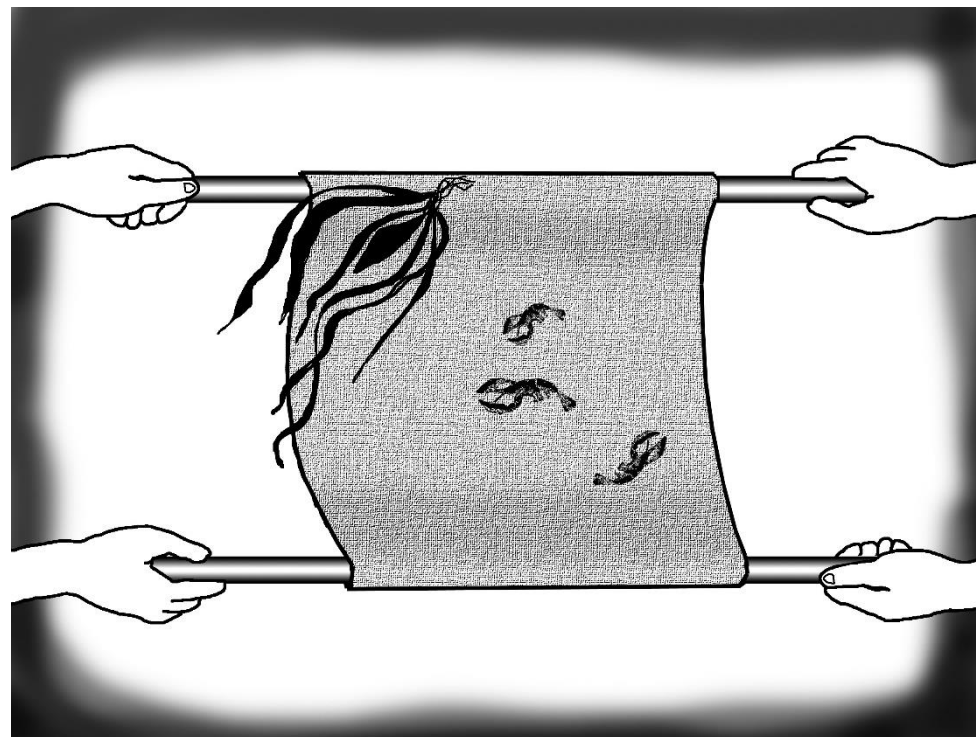


Рис. 11. Орудие лова - ручной экран

Водные беспозвоночные - индикаторы качества воды

Беспозвоночные в речках представлены большим количеством разнообразных групп организмов, но самые удобные при тестировании вод - это так называемые организмы *макробентоса*. Простой пиктографический ключ к определению основных групп беспозвоночных (Приложение 3) поможет вам разобраться, кто есть кто, при первом знакомстве с пресноводными обитателями.

Для биоиндикации вод важны личинки *амфибиотических* насекомых. Амфибиотические насекомые - это такие, личинки которых живут в воде, а взрослые насекомые (имаго) - имеют крылья и живут на суше, летая вблизи водоемов. Среди насекомых самые важные - подёнки (*Ephemeroptera*), веснянки (*Plecoptera*) и ручейники (*Trichoptera*), потому что они самые чувствительные к загрязнению организмы бентоса, они - показатели чистой воды. Эти три отряда кратко называют «комплекс *EPT*». Очень важно научиться определять именно эти отряды, потому что, если они присутствуют в речке и разнообразны – значит, речка здорова!

Поденки (*Ephemeroptera*)



Веснянки (*Plecoptera*)



Ручейники (*Trichoptera*)



Личинки



Взрослые насекомые (имаго)

Рис. 12. Представители комплекса ЕРТ

ГЛАВА 5. ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ - МАКРОФИТЫ. МАКРОФИТЫ КАК БИОИНДИКАТОРЫ.

Макрофиты являются достаточно чувствительными индикаторами состояний природной среды их обитания. Выработанные у них в процессе адаптационной эволюции признаки достаточно четко индицируют химический и органический состав воды.

Макрофиты являются удобной для использования характеристикой гидробиоценозов и мощным фактором средообразования, что служит доступным показателем ряда параметров состояния водоемов и процессов, в них происходящих. Поэтому исследования макрофитоценозов дают возможность достаточно быстро оценить степень антропогенного воздействия на них и на состояние экосистем.

Чрезмерное развитие водной растительности неблагоприятно для водоема и может быть причиной вторичного загрязнения. Разложение отмерших растительных остатков требует значительного количества растворенного в воде кислорода и может вызывать замор рыб.

В настоящее время выявлен ряд характерных особенностей развития макрофитов и их сообществ в водоеме, по которым можно определить изменения параметров среды под воздействием антропогенного фактора. Так, массовое развитие видов *семейства Рясковых* (*Lemnaceae*) указывает на неблагополучие в озерной экосистеме. Обилие *Ряски трехдольной* (*L. trisulca*) говорит о богатстве биогенными веществами водной среды. Большое количество *Ряски малой* (*L. minor*) и *Многокоренника обыкновенного* (*S. polyrrhiza*), помимо эвтрофирования, может свидетельствовать о промышленном или сельскохозяйственном загрязнении водоема. Массовое развитие *телореза алоэвидного* (*Stratiotes aloides*) ведет к заболачиванию водоема. В местах интенсивного поступления промышленных стоков происходит гибель растительных сообществ.

Типичные показатели водоемов, подвергающихся антропогенному эвтрофированию – *Аир болотный* (*Acorus calamus*), *Роголистник погруженный* (*Ceratophyllum demersum*), *Сусак зонтичный* (*Butomus umbellatus*), *Рогоз широколистный* (*Typha latifolia*); водоемов, не подвергающихся антропогенному эвтрофированию - *Роголистник полупогруженный* (*Ceratophyllum submersum*); водоемов с относительно чистой водой - *Рдест альпийский* (*Potamogeton alpinus*), *Рдест волосовидный* (*P. trichoides*).

При индикации трофности водной среды с помощью отдельных видов растений могут быть использованы признаки жизненного состояния растений (развитие нормальное, выше или ниже нормального) и общий облик растений.

Альгоиндикация

Несложным и довольно информативным методом является альгоиндикация - исследование качества воды по состоянию водорослей. Водоросли быстрее других водных организмов реагируют на загрязнения. Наличие или отсутствие водорослей на мелководье у берега реки видно при первичном обследовании. Для оценки используются водоросли трех экологических групп: фитопланктон, фитобентос и перифитон.

Оценивается видовое разнообразие и обилие отдельных видов, Популярен метод, основанный на учете относительного обилия видовиндикаторов сапробности¹. В качестве примера приведем расчет Индекса сапробности Пантле - Букка.

Индекс сапробности Пантле - Букка вычисляется по формуле²:

$$S = \frac{\sum sh}{\sum h}$$

где S – индивидуальная сапробность каждого вида,

h – численность вида или относительная частота встречаемости, выраженная в баллах от 1 до 5 (случайные находки – 1, частая встречаемость 3, массовое развитие – 5).

Индекс – это среднее значение сапробности всех найденных видов, с учетом их обилия.

Принята следующая числовая шкала для характеристики сапробности (как организмов, так и водоемов): олигосапробы – 1, β-мезосапробы – 2, α-мезосапробы – 3, и полисапробы – 4.

Таким образом, посчитав среднее значение сапробности всех найденных видов, можно определить сапробность вашего водоема. Это позволит сделать выводы об уровне его загрязнения.

В полисапробной зоне наблюдается дефицит кислорода, в воде содержится значительное количество нестойких органических веществ и продуктов их анаэробного распада.

В полисапробной зоне водоема наблюдается обилие инфузорий и бактерий, видов водорослей немного: это *хлорелла*, *политома* и некоторые виды *хламидомонад*. При этом численность водорослей может быть высокой.

В мезосапробной зоне видовое разнообразие водорослей большое. Наличие мезосапробов говорит о существовании очагов загрязнения в относительно чистых водоемах (например, у сбросов очищенных вод городской канализации). Типичные мезосапробы - *энторморфа*, *монорафидиум*, *стигееклониум тонкий*, *осциллятория короткая*, *осциллятория выдающаяся*, *нитцшия игловидная*, *хламидомонас*, *циклотелла менегини*, *гониум некторальный*, *кlostериум игольчатый* и другие. В планктоне преобладают многие *диатомеи*, в составе бентоса и перифитона – *клатофора*, *спирогира*, *зигнема*, *микроцистис*.

В олигосапробной зоне водоросли разнообразны, но численность их невелика. Олигосапробы встречаются преимущественно в чистых родниках, в мочажинах на верховых болотах, в речных ручейках. Олигосапробные водоросли: *микростериас*, *космариум*, *синура*.

¹ Сапробность - комплекс физиолого-биохимических свойств организма, обуславливающий его способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ, то есть с той или иной степенью загрязнения

² Мусатова О.В. Биоиндикация и биоповреждения: курс лекций. — Витебск: Изд-во УО "ВГУ им. П. М. Машерова", 2005. — 83 с. з

Матюкас К. Определение качества воды по донным животным. — Утяна, Литва: ЗАО «Утянос Индра», Клайпеда, 2005. — 90 с.



Рдест альпийский
Patamogeton alpinus



Рдест волосовидный (P. trichoides)



Роголистник полупогруженный
Ceratophyllum submersum

Рис. 13. Растения – индикаторы водоема, не подверженного эвтрофикации



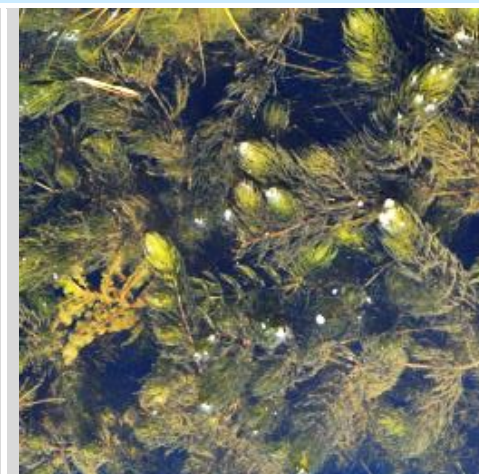
Аир болотный
Ácorus cálamus



Сусак зонтичный
Butomus umbellatus L.



Рогоз широколистный
Typha latifolia L.



Роголистник погруженный
Ceratophyllum demersum

Рис. 14. Растения – индикаторы водоема, подверженного эвтрофикации

ГЛАВА 6. ПРОВЕДЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СО ШКОЛЬНИКАМИ

Методика проведения экспедиций и экскурсий на водные объекты для проведения гидрологических исследований в целом повторяет основные этапы подготовки экскурсий в природу и включает следующие этапы:

6.1. Общее ознакомление с рекой

- Название реки, является ли она главной или притоком; если притоком, то какой реки, ее общее направление.
- Средняя ширина и глубина реки.
- Определить среднюю скорость течения реки при помощи поверхностных поплавков.
- Способы (виды) питания реки (грунтовое, дождевое, снеговое, озерное, болотное).
- Режим стока воды: река с постоянным уровнем, сильно мелеющая летом, пересыхающая; время половодья (если оно бывает) и высота половодья; продолжительность ледостава, если он бывает.
- Качество воды (мутная или прозрачная, годная для питья или нет, цвет воды). Например, на севере, а местами и в центральных районах Европейской части России реки имеют коричневый цвет воды от перегнойных и торфяных примесей.
- Характер русла реки (меандрирование).
- Использование реки в хозяйстве.

6.2. Методы изучения реки

- Определить направление течения реки на исследуемом участке.
- Определить среднюю ширину реки.
- Определить глубину реки (в том числе, на плесах и перекатах).
- Определить площадь живого сечения, среднюю скорость течения (поверхностными поплавками).
- Вычислить расход воды.
- Методы определения высоты половодья после его спада.
- Определить качество воды. Исследовать косы и острова (осередки), их происхождение.
- Использование реки в хозяйстве района (орошение, снабжение водой, сплав, судоходство, рыболовство, гидростанции и т. д.).



6.3. План описания реки и проведения гидрологических исследований

- Название реки.
- Является ли река главной или притоком; если притоком, то какой реки и какого порядка приток.
- Какая часть течения реки изучается (верхняя, средняя, нижняя). Необходимо сделать глазомерную съемку изучаемой части реки.
- Общая характеристика реки.
- Определение средней ширины ее русла.
- Определение средней глубины реки.
- Определение площади живого сечения реки и средней скорости течения для вычисления расходов воды в реке.
- Определение колебания уровня воды.
- Выяснение условий питания.
- Установление режима стока.
- Определение качества воды.
- Исследование определенных участков русла и изучение грунта дна.
- Ознакомление с внешним видом русла

Для работы по намеченному плану необходимо выбрать реку (лучше небольшую) и изучать ее на определенном отрезке, доступном для личных наблюдений и исследований.

6.3.1. Определение средней ширины русла реки

Для определения средней ширины русла необходимо в наиболее характерных местах измерить ширину реки, сложить все полученные цифры ширины реки и разделить на число измерений. Полученное частное будет средней шириной реки на изучаемом ее отрезке.

Пример: ширина реки в створе А (определение створа дается ниже) равна 32 м, в створе Б — 35 м, в створе В — 28 м и в створе Г — 33 м. Средняя ширина реки будет равна:

$$32 + 35 + 28 + 33 / 4 = 32 \text{ м}$$

Определить ширину реки можно линем или топографическим методом (при помощи засечки находящегося на противоположном берегу какого-нибудь предмета, например - дерева, кустарника и т. д., визируя из двух пунктов на этот предмет, а расстояние между пунктами легко определить рулеткой или складным метром).

6.3.2. Измерение глубин

Глубиной называют расстояние по вертикали от свободной поверхности воды до дна. В подавляющем большинстве случаев глубина практически равна расстоянию до дна по нормали к свободной поверхности.

Цель промерных работ – определить глубины и характер рельефа дна реки, озера, водохранилища. В результате промерных работ может быть вычислен объем содержащейся в водоеме воды.

Промерные работы удобнее проводить при низких (меженных) уровнях, когда обнажаются мели, косы, выступы скал и др. В этот период легче определить места с наименьшими глубинами, что важно для судоходства и лесосплава. Кроме того, объем промерных работ существенно сокращается.

Промерные работы можно проводить путем измерения глубин в отдельных точках или же путем непрерывной записи профиля дна. Зависит это от методов и применяемых приборов. Для измерения глубин применяют простейшие приспособления (наметка, лот ручной), механические приборы (лот механический) и ультразвуковые приборы – эхолоты (ИРЭЛ, ЭПО-10 и др.).

Данные промеров используют в дальнейшем для: 1) построения поперечных профилей и вычисления морфометрических характеристик русла; 2) построения плана русла реки или ложа озера, водохранилища в горизонталях или изобатах; 3) составления продольного профиля участка реки; 4) вычисления морфометрических характеристик озера, водохранилища.

Если целью промеров было определение формы и размеров водного сечения, то профиль строят, откладывая по оси абсцисс номера точек, расстояния от постоянного начала до соответствующих точек, глубины в точках промера, отметки дна и указывая характер грунта, а по оси ординат - глубины в точках промера.

Для каждого профиля могут быть вычислены следующие морфометрические характеристики:

- 1) площадь водного сечения ω , м²;
- 2) ширина реки B , м;
- 3) длина смоченного периметра χ , м;
- 4) наибольшая глубина $h_{\max}$, м;
- 5) средняя глубина $h_{\text{ср}}$, м;
- 6) гидравлический радиус R , м.

Эти характеристики используются при вычислении расходов воды, построения зависимостей $Q=f(H)$, $\omega=f(H)$ и др.

Способы выполнения промерных работ

1. Промеры по поперечным профилям:

- а) промеры с мостика и люльки (на малых реках);
- б) промеры с лодки по тросу (на реках шириной $B \leq 300$ м при скорости потока $V \leq 1,5$ м/с);
- в) промеры с засечками положения промерных точек на плане с берега одним или двумя угломерными инструментами (мензула, теодолит, тахеометр);
- г) промеры с засечками секстантом (с судна).

2. Промеры по косым галсам (на реках с течением > 1,5 м/с).

Лодка пересекает реку под углом 15-45° (по косым галсам). Засечки положения промерных точек на воде производят с берега двумя угломерными инструментами.

3. Промеры по продольникам (при больших скоростях течения, когда лодку невозможно выдержать даже на косых галсах).

Засечки производят с берега двумя инструментами.

4. Промеры смешанными способами (при больших скоростях течения воды и сложном рельефе дна). Для большей детализации совмещают два способа, например, промеры по продольникам и косым галсам.

6.3.3. Определение средней глубины реки

Для этого в разных местах русла надо определить глубину и вычислить среднюю арифметическую на изучаемом отрезке реки или от деления площади живого сечения на ширину реки, полученное частное и будет средней глубиной реки.

Для вычисления ширины реки есть два метода. Выбор метода зависит от глубины реки. Если это небольшая река, которую можно перейти вброд, то глубину измеряют при помощи мерного шеста. Замеры производят через определенное расстояние (например, через 0,5 м) и вычисляют среднюю глубину.

Если река большая, то нужно натянуть мерную веревку с одного берега на другой, привязать груз к другой мерной веревке (разметив ее до сантиметров) и, плавая на лодке, проводить замеры глубины (опуская мерную веревку с грузом через определенное расстояние, например, через 3 м).

6.3.4. Определение расхода воды в реке. Площадь живого сечения

Расходом воды называется объем воды (в кубических метрах), протекающей через площадь живого сечения в единицу времени (в 1 секунду): $Q = F \cdot V_{\text{ср}}$,

где Q — расход воды, F — площадь живого сечения и $V_{\text{ср}}$ — средняя скорость течения.

Следовательно, для определения расхода воды нужно определить площадь живого сечения и среднюю скорость течения.

Площадью живого сечения называется площадь поперечного сечения потока, ограниченная внизу руслом, а сверху поверхностью воды и расположенная перпендикулярно к направлению течения.

Для изучения расхода воды необходимо на реке выбрать определенный участок для гидрометрического створа.

Створом вообще называется прямая линия, проведенная поперек реки.

Гидрометрическим створом называется створ, на котором определяют измерения расхода воды в реке.

При выборе места для измерения воды надо учитывать следующие условия:

- Русло реки на протяжении не менее четырехкратной ширины реки должно быть однообразным, прямолинейным;
- Не должно быть никаких искусственных сооружений, влияющих на уровень воды и скорость течения;
- Выбранный участок должен быть характерным для исследуемой реки.

Определение площади живого сечения заключается в том, что вдоль живого сечения определяют расстояния между **промерными точками**, а затем измеряют глубину: $h_1, h_2 \dots h_n$, называемые **промерными вертикалями**.

Расстояния между промерными точками устанавливаются в зависимости от ширины реки. При ширине реки до 100 м расстояния берут от 2 до 2,5 м. Вообще расстояния между промерными точками колеблются от 1/20 до 1/50 ширины реки.

Точка, от которой определяют положение промерных вертикалей, называется **постоянным началом створа**. Располагать промерные вертикали лучше на расстояниях, которые указаны в нижеприведенной таблице.

Таблица 7. Установка промерных точек в зависимости от ширины реки и рельефа дна

Ширина реки в межень (м)	Менее 50	50-100	100-300	300-600	600 и более
Расстояния (м) между промерными точками при сложном рельефе дна	1-2	2-5	5-10	10-25	более 25
Расстояния (м) между промерными точками при простом рельефе дна	2-4	4-10	10-25	25-50	более 50

Таблица 8. **Пример:** Допустим, нам надо определить площадь живого сечения какой-то реки. На главном створе протянули с одного берега на другой лить, на котором через каждые 2 м, т. е. в промерных точках, были привязаны красные ленточки. В каждой промерной точке измеряем глубину; получились следующие результаты:

Расстояние от постоянного начала	1,4 м	3,4м	5,4 м	7,4 м	9,5 м	11,4 м	13,4 м	14,2 м
Глубина	0,15 м	0,40 м	0,55 м	0,77 м	0,85 м	0,66 м	0,27 м	0 м

Вычертим по этим данным профиль, вертикальными линиями разобьем его на части и обнаружим, что у нас площадь живого сечения будет состоять из двух треугольников и шести трапеций. Для определения площади живого сечения нужно вычислить площадь всех этих треугольников и трапеций и потом суммировать все вычисленные площади.

Через a_1 обозначим расстояние от постоянного начала до первой промерной точки, a_2 —расстояние от первой промерной точки, или промерной вертикали, до второй и т. д., через h_1 — первую промерную вертикаль (первую глубину), h_2 — вторую и т. д.:

$a_1 = 1,4 \text{ м};$	$h_1 = 0,15 \text{ м};$
$a_2 = 3,4 - 1,4 = 2,0 \text{ м};$	$h_2 = 0,40 \text{ м};$
$a_3 = 5,4 - 3,4 = 2,0 \text{ м};$	$h_3 = 0,55 \text{ м};$
$a_4 = 7,4 - 5,4 = 2,0 \text{ м};$	$h_4 = 0,77 \text{ м};$
$a_5 = 9,4 - 7,4 = 2,0 \text{ м};$	$h_5 = 0,85 \text{ м};$
$a_6 = 11,4 - 9,4 = 2,0 \text{ м};$	$h_6 = 0,66 \text{ м};$
$a_7 = 13,4 - 11,4 = 2,0 \text{ м};$	$h_7 = 0,27 \text{ м};$
$a_8 = 14,2 - 13,4 = 0,8 \text{ м};$	$h_8 = 0,0 \text{ м};$

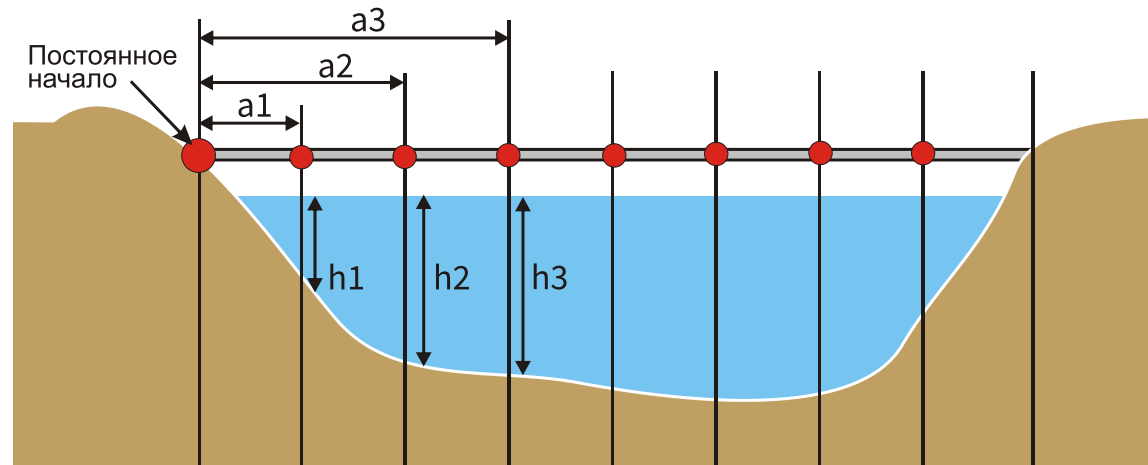


Рис. 12. Расположение промерных точек при вычислении живого сечения реки

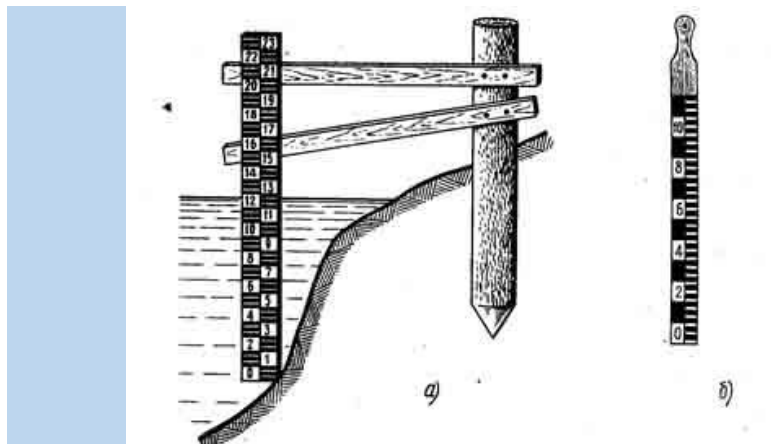


Рис. 15. Водомерные рейки: а- постоянная, б-переносная

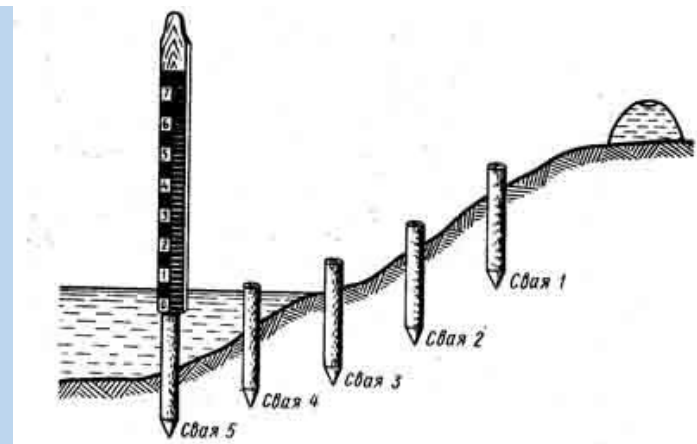


Рис. 16. Свайный водомерный пост

$$S_1 = \frac{a_1 \cdot h_1}{2} = \frac{0.15 \cdot 1.40}{2} = 0.10 \text{ м}^2$$

$$S_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot a_2 = \frac{0.15 + 0.40}{2} \cdot 2 = 0.55 \text{ м}^2$$

$$S_3 = \frac{h_2 + h_3}{2} \cdot a_3 = \frac{0.40 + 0.55}{2} \cdot 2 = 0.95 \text{ м}^2$$

$$S_4 = \frac{h_3 + h_4}{2} \cdot a_4 = \frac{0.55 + 0.77}{2} \cdot 2 = 1.32 \text{ м}^2$$

$$S_5 = \frac{h_4 + h_5}{2} \cdot a_5 = \frac{0.77 + 0.85}{2} \cdot 2 = 1.62 \text{ м}^2$$

$$S_6 = \frac{h_5 + h_6}{2} \cdot a_6 = \frac{0.85 + 0.66}{2} \cdot 2 = 1.51 \text{ м}^2$$

$$S_7 = \frac{h_6 + h_7}{2} \cdot a_7 = \frac{0.66 + 0.27}{2} \cdot 2 = 0.93 \text{ м}^2$$

$$S_8 = \frac{h_7 + a_8}{2} = \frac{0.27 + 0.80}{2} = 0.10 \text{ м}^2$$

Обозначим площадь первой фигуры — треугольника — через S_1 , площадь второй фигуры — трапеции — через S_2 , третьей — S_3 и т. д.

Вычислим площади этих фигур:



Площадь живого сечения F будет равна:

$$F = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7 + S_8 = \\ = 0,10 + 0,55 + 0,95 + 1,32 + 1,62 + 1,51 + 1,93 + 0,10 = \\ = 7,08 \text{ м}^2.$$

Для большей точности вычисления расхода воды в реке можно определить так называемую **расчетную площадь сечения реки**, которая будет представлять среднюю величину площадей живого сечения, вычисленных в створах верхнем, главном и нижнем, тогда по нижеприведенной формуле определяем расчетную площадь:

$$F = F_{\text{верхн}} + 2F_{\text{главн}} + F_{\text{нижн}} / 4,$$

где $F_{\text{верхн}}$ — площадь живого сечения верхнего створа,
 $F_{\text{главн}}$ — площадь живого сечения главного створа,
 $F_{\text{нижн}}$ — площадь живого сечения нижнего створа.

6.3.5. Определение скорости течения реки

Для определения **расхода воды в реке** нужно еще определить **среднюю скорость течения реки**.

Это можно сделать различными способами:

1. поверхностными поплавками;
2. по максимальной скорости;
3. при помощи гидрометрических шестов или вех;
4. при помощи глубинных поплавков;
5. гидрометрическими вертушками.

Определение скорости течения реки поверхностными поплавками

- Выбрав прямолинейный участок реки, устанавливаем на обоих берегах по 8 реек (вех) попарно, одну позади другой;
- Каждая пара реек должна быть поставлена перпендикулярно к направлению течения реки;
- Расстояние между рейками, составляющими пару, должно быть у всех пар одинаковое (например, по 5 м).
- Таким образом, мы устанавливаем четыре створа: I — пусковой, II — верхний, III — главный, IV — нижний по течению реки.
- Эти створы находятся на одинаковом расстоянии друг от друга, величина которого зависит от размеров реки (например, 15 м).

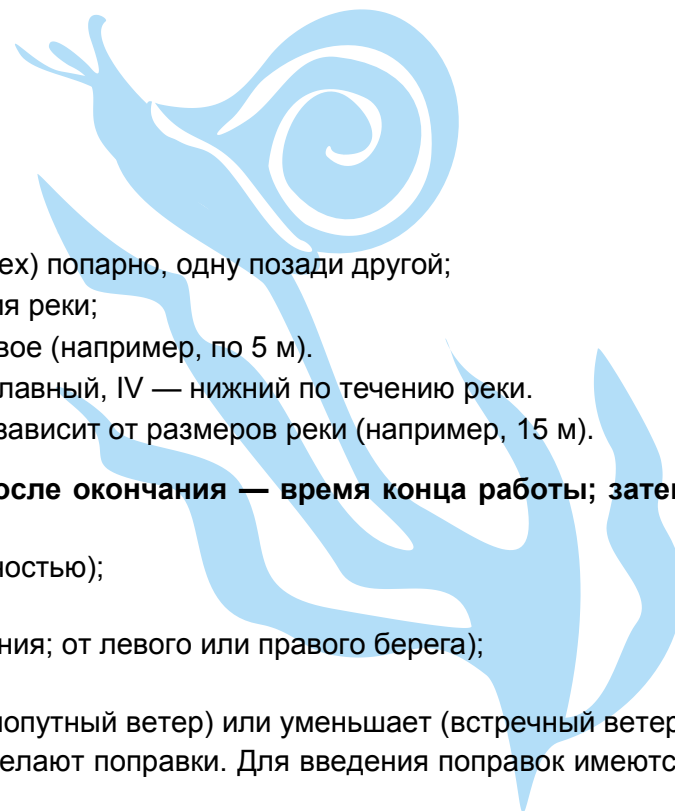
Прежде чем забрасывать поплавки, нужно записать время начала работы, а после окончания — время конца работы; затем отметить обстановку работы:

6. состояние реки на гидрометрическом створе (чистая, местами покрыта растительностью);
7. состояние погоды (ясно, пасмурно, туман, дождь);
8. характеристику ветра (штиль, слабый, средний, сильный; по течению, против течения; от левого или правого берега);
9. характеристику поверхности потока (спокойная, покрыта рябью, волнение).

Особенно сильное влияние на скорость течения реки оказывает ветер: увеличивает (попутный ветер) или уменьшает (встречный ветер) скорость потока, поэтому для большей точности определения скорости течения на него делают поправки. Для введения поправок имеются специальные таблицы.

Далее, расставив наблюдателей по створам, можно приступить к забрасыванию поплавков. Поплавки обычно применяют в виде кружков, отпиленных от сухих бревен диаметром 10—25 см и толщиной 5—6 см (или из пенопласта). Чтобы поплавок был лучше виден на реке, его окрашивают белой краской, а иногда ярко-красной. Если река небольшая, то можно ограничиться тремя—пятью поплавками.

На пусковом створе поплавки забрасываются последовательно: сначала ближе к правому берегу, потом на середину реки, затем ближе к левому берегу.



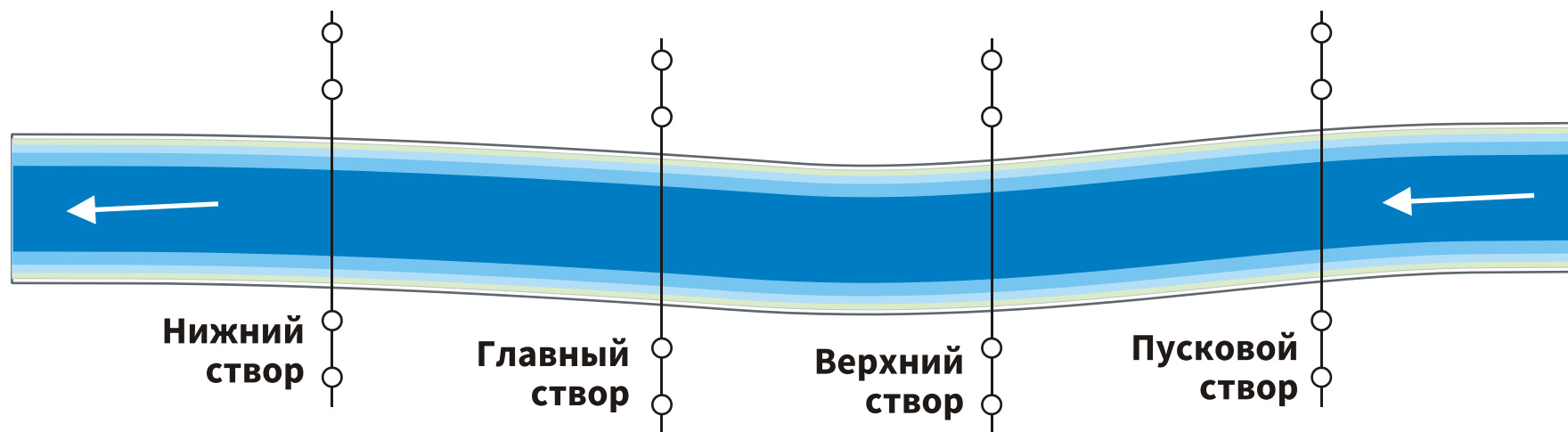


Рис. 17. Установка створов для измерения скорости течения реки

На верхнем створе подается сигнал. Когда поплавков окажется в створе, наблюдатель, стоящий у главного створа, засекает время, т. е. пускает секундомер или просто замечает время по часам с секундной стрелкой. Наблюдатель, стоящий у нижнего створа, при прохождении поплавка через створ, подает сигнал наблюдателю у главного створа, а он останавливает секундомер или замечает время по часам. Для определения скорости движения поплавков удобнее вести наблюдения по нижеприведенной таблице.

Если расстояние между створами 15 м, то расстояние между верхним и нижним створами будет равно 30 м. Бросаем с пускового створа в разных местах реки четыре поплавка поочередно (т. е. сначала первый поплавок; когда он пройдет весь свой путь, тогда забрасываем второй и т. д.) и получаем данные, которые записаны в нижеприведенной таблице.

Таблица 9. Пример: определение скорости течения с помощью 4-х поплавков

№ поплавок	1	2	3	4
Путь поплавок (м)	30	30	30	30
Продолжительность хода поплавок (сек)	55	50	46	49
Скорость течения (м/сек)	0,55	0,60	0,65	0,61
Средняя поверхностная скорость течения (м/сек)	0,60	0,60	0,60	0,60

Путь поплавок делим на время его движения и узнаем скорость поплавок, а для определения средней скорости течения складываем скорости всех поплавков и делим на их количество.

Определение средней скорости для небольших рек по максимальной поверхностной скорости

Наибольшую скорость $V_{\text{макс}}$ умножаем на поправочный коэффициент K , который зависит от степени шероховатости русла. В результате получаем среднюю скорость реки. Для горных рек с валунным дном $K = 0,55$, для рек с гравелистым дном $K = 0,65$, для рек с неровным песчаным и глинистым ложем $K = 0,85$. Например, если $K = 0,75$, тогда средняя скорость в нашем примере

$$V_{\text{ср}} = 0,75 \cdot 0,65 = 0,49 \text{ м/сек.}$$

Определение средней скорости потока при помощи гидрометрических шестов или вех

Для этого берут гидрометрический шест длиной меньше минимальной глубины на данном отрезке реки, иначе шест застрянет у мелко-водья. К шесту привязывают камень такой величины, чтобы гидрометрический шест немного выступал над водой, и определяют его скорость в разных точках реки так же, как это делают с поверхностными поплавками; узнают среднюю скорость. В данном случае средняя скорость будет не поверхностная, а по живому сечению, но для большей точности следует ввести поправку по формуле:

$$V_{\text{ср}} = \left[1 - 0,116 \left(\frac{\sqrt{H - h}}{H} - 0,1 \right) \right] \cdot V,$$

где H — средняя глубина реки от поверхности воды до дна, h — глубина погружения гидрометрического шеста, v — определенная скорость.

Определение средней скорости при помощи глубинных поплавков

Для определения скорости этим способом нужно взять две бутылки. Бутылки привязывают друг к другу шнурком, длина которого будет зависеть от глубины исследуемой реки. Одну бутылку (нижнюю) наполняют водой и закупоривают пробкой, во вторую бутылку (верхнюю) насыпают песок в таком количестве, чтобы только часть ее горлышка находилась над водой, и тоже закупоривают.

Наблюдая за верхней бутылкой, определяют среднюю скорость обеих бутылок. При помощи двух бутылок можно также определить скорость на определенной глубине, равной глубине нижней бутылки. Например, мы хотим определить скорость на определенной глубине реки на данном отрезке. Тогда, привязав нижнюю бутылку на глубину $0,2 h$ (где h — глубина реки), определяем сначала среднюю скорость двух бутылок — верхней и нижней, т.е. $V_{\text{ср}}$, а при помощи поверхностных поплавков определяем среднюю поверхностную скорость $V_{\text{ср.пов}}$

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{ср. пов}} + V_{0,2 h}}{2},$$

и находим искомую скорость по формуле: $V_{0,2 h} = 2 V_{\text{ср}} - V_{\text{ср.пов}}$

Этим способом можно определить скорость и на глубинах: 0,4 h; 0,6 h; 0,8 h; таким образом, мы можем узнать среднюю скорость по живому сечению. Для этого нужно сложить все пять скоростей, и разделить на 5:

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{ср. пов}} + V_{0.2h} + V_{0.4h} + V_{0.6h} + V_{0.8h}}{5}$$

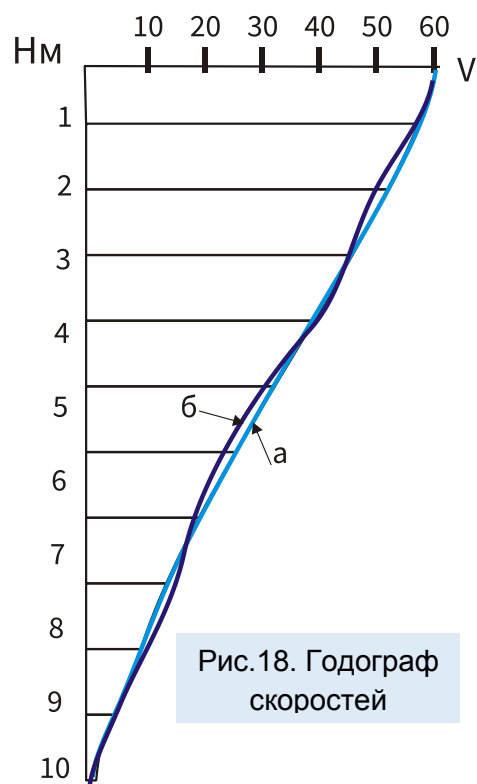


Рис.18. Годограф скоростей

Наблюдения показывают, что скорости течения распределяются по поперечному сечению рек неравномерно. Они достигают максимальной величины или на самой свободной поверхности, или на незначительной глубине от нее. По мере приближения ко дну скорость уменьшается. Картину распределения скоростей можно изобразить на графике. Для этого глубина каждой точки откладывается по вертикали (сверху вниз), а скорости течения - по горизонтали (слева направо). Соединяя концы горизонтальных линий, изображающих скорости потока, получаем кривую, называемую **годографом скоростей**.

Зная среднюю скорость течения и площадь живого сечения, можно определить расход воды в реке по формуле:

$$Q = F \cdot V_{\text{ср}}$$

Например, выше мы определили, что $F = 7,08 \text{ м}^2$, а средняя скорость $V_{\text{ср}} = 0,27 \text{ м/сек}$; следовательно, $Q = 7,08 \cdot 0,27 = 1,91 \text{ м}^3/\text{сек}$. Округленно можно считать $Q = 2 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Теперь определяем расход воды во втором нашем примере по формуле: $Q = F \cdot V_{\text{ср}}$, где $F = 7,4 \text{ м}^2$, а $V_{\text{ср}} = 0,4 \text{ м/сек}$; $Q = 7,4 \cdot 0,4 = 2,96 \text{ м}^3/\text{сек}$. Округленно можно считать $Q = 3 \text{ м}^3/\text{сек}$.

6.3.6. Определение колебания уровня воды в реке

Если есть возможность, то следует при помощи водомерной рейки проследить за колебанием уровня воды в реке в течение нескольких суток. Обычно уровень воды измеряют один раз в сутки, в 8 часов утра; если это трудно, то можно проводить наблюдения один раз в 10 дней, а ежесуточные про-

водить только во время половодья или паводков. Разность между высоким уровнем воды ($h_{\text{макс}}$) и низким ($h_{\text{мин}}$) называется **амплитудой колебания** (A) уровня воды.

Величина амплитуды имеет большое значение при проектировании различных гидротехнических сооружений.

Для наблюдения за колебанием уровня воды в реке можно принять условный уровень воды на глубине сваи, никогда не выходящей из воды в течение года. От этого условного уровня, называемого нулем графика, вычерчивают график колебания воды в реке.

Вообще за нуль графика берут горизонт воды глубже минимального уровня воды, который можно узнать на ближайшем гидропосту. При построении графика на оси абсцисс откладывают время определения глубины, а на оси ординат — возвышения над нулем графика или отметку уровня воды для каждого дня.

6.3.7. Характеристика реки. Определение стока реки, режима питания, площади бассейна реки

Для определения стока реки в зависимости от площади бассейна, высоты слоя осадков и т.д. в гидрологии применяются следующие величины:

1) сток реки, 2) модуль стока; 3) коэффициент стока.

Стоком реки называют расход воды за продолжительный период времени, например, за сутки, декаду, месяц, год.

Модулем стока называют выраженное в литрах количество воды, стекающее в среднем в 1 секунду с площади бассейна реки в 1 км²:

$$\gamma = \frac{\text{л}}{\text{сек} * \text{км}^2}$$

Коэффициентом стока называют отношение стока воды в реке к количеству выпавших осадков (М) на площадь бассейна реки за одно и то же время, выраженное в процентах:

$$\alpha = \frac{Q_{\text{г}}}{M} * 100,$$

где α — коэффициент стока в процентах, $Q_{\text{г}}$ — величина годового стока в кубических метрах, M — годовое количество выпавших осадков в миллиметрах.

Для определения годового стока воды исследуемой реки нужно расход воды умножить на число секунд в году, т. е. на 31,5-10⁶ сек.

Для **определения модуля стока** нужно знать расход воды и площадь бассейна выше створа, по которому определялся расход воды данной реки.

Площадь бассейна реки можно измерить по карте. Для этого применяют следующие способы:

- планиметрирование,
- разбивку на элементарные фигуры и вычисление их площадей;
- измерение площади посредством палетки;
- вычисление площадей по геодезическим таблицам.

Обычно учащимся легче всего использовать третий способ и производить измерение площади посредством палетки, т. е. прозрачной бумаги (кальки) с нанесенными на нее квадратами (если нет кальки, то можно промаслить бумагу).

Имея карту исследуемого района в определенном масштабе, нужно изготовить палетку с квадратиками, соответствующими масштабу карты. Предварительно следует оконтурить бассейн данной реки выше определенного створа, а затем наложить на карту палетку, на которую перенести контур бассейна. Для определения площади требуется сосчитать сначала число полных квадратиков, расположенных внутри контура, а затем сложить данные квадратика, частично покрывающие бассейн данной реки. Сложив квадратика и умножив полученное число на площадь одного квадратика, узнаем площадь бассейна реки выше данного створа.

$$\gamma = \frac{Q * 1000}{S} = \frac{\text{л}}{\text{сек} * \text{км}^2}$$

где Q — расход воды. Для перевода кубических метров в литры умножаем расход на 1000, S — площадь бассейна.

Для определения **коэффициента стока реки** нужно знать годовой сток реки и объем воды, выпавшей на площади данного бассейна реки. Объем воды, выпавшей на площади данного бассейна, легко определить. Для этого нужно площадь бассейна, выраженную в квадратных километрах, умножить на толщину слоя выпавших осадков (тоже в километрах).

Например, если осадков на данной площади выпало за год 600 мм, то толщина будет равна 0,0006 км и коэффициент стока будет равен

$$\alpha = \frac{Q_r}{M} * 100,$$

где Q_r — годовой сток реки, а M — площадь бассейна; умножаем дробь на 100 для определения коэффициента стока в процентах.

Определение питания реки

Существуют разные виды питания реки: грунтовое, дождевое, от таяния снега, озерное, болотное, смешанное. Эти данные, выраженные в процентах, лучше взять из литературных источников.

Определение режима стока реки

Для характеристики режима стока реки нужно установить:

- а) каким изменениям по сезонам подвергается уровень воды (река с постоянным уровнем, сильно мелеющая летом, пересыхающая, теряющая воду в понорах и исчезающая с поверхности);
- б) время половодья, если оно бывает;
- в) высоту воды во время половодья (если нет самостоятельных наблюдений, то по опросным сведениям);
- г) продолжительность замерзания реки, если это бывает (по личным наблюдениям или же по сведениям, полученным путем опроса).

Определение качества воды

Для простого визуального определения качества воды нужно выяснить, мутная она или прозрачная, годная для питья или нет. Прозрачность воды определяется белым диском (диск Секки) диаметром приблизительно 30 см, подведенным на размеченном лине или приделанном к размеченному шесту. Если диск опускается на лине, то внизу, под диском, прикрепляется груз, чтобы диск не сносило течением. Глубина, на которой этот диск становится невидимым, и является показателем прозрачности воды. Можно диск сделать из фанеры и окрасить его в белый цвет, но тогда груз нужно подвесить достаточно тяжелый, чтобы он вертикально опускался в воду, а сам диск сохранял горизонтальное положение; проще всего фанерный лист заменить фаянсовой тарелкой.

Определение температуры воды в реке

Температуру воды в реке определяют родниковым термометром, как на поверхности воды, так и на разных глубинах. Держать термометр в воде нужно в течение 5 минут. Родниковый термометр можно заменить обычным ванновым термометром в деревянной оправе, но, для того чтобы он опускался в воду на разные глубины, следует привязать к нему груз.

Можно определить температуру воды в реке при помощи батометров: батометра-тахиметра и бутылочного батометра. Батометр-тахиметр состоит из гибкого резинового баллона объемом около 900 см³; в него вставлена трубочка диаметром 6 мм. Батометр-тахиметр закрепляют на штанге и опускают на разные глубины для взятия воды.

Полученную воду выливают в стакан и определяют ее температуру.

Исследование на определенных участках характера русла реки

- отметить главнейшие плесы и перекаты, определить их глубины;
- при обнаружении порогов и водопадов определить высоту падения;
- зарисовать и по возможности измерить острова, отмели, осерёдки, побочные протоки;
- собрать сведения, в каких местах река размывает берега, и на местах, особенно сильно размываемых, определить характер размываемых пород;
- изучить характер дельты, если исследуется приустьевой участок реки, и нанести ее на глазомерный план; посмотреть, соответствуют ли отдельные рукава изображенным на карте.

Ознакомление с внешним видом русла реки

При изучении внешнего вида русла реки следует дать его описание и сделать зарисовки разных участков русла, лучше всего возвышенных мест.



6.4. Общая характеристика реки и ее использования

При общей характеристике реки нужно выяснить:

- в какой части река является главным образом эродирующей и в какой - аккумулярующей;
- степень меандрирования
- используется река для судоходства и сплава леса; если река несудоходная, то выяснить почему, что служит препятствием (мелководная, порожистая, есть ли водопады); есть ли на реке плотины и другие искусственные сооружения; используется ли река для полива; какие преобразования нужно сделать для лучшего использования реки в народном хозяйстве.
- Если были сделаны фотографические снимки или рисунки разных участков русла реки, следует приложить их к описанию.

Определение степени меандрирования реки: вычисляется **коэффициент извилистости**, т.е. отношение длины реки на изучаемом участке к кратчайшему расстоянию между определенными пунктами исследуемой части реки. Например, река А имеет длину 502 км, а кратчайшее расстояние между истоком и устьем всего 233 км. Следовательно, коэффициент извилистости

$$K = L/l$$

где K — коэффициент извилистости, L — длина реки, l — кратчайшее расстояние между истоком и устьем, а потому

$$K = 502 / 233 = 2,15$$

Определение полноводности реки

Оборудование: тяжелый предмет — грузило, шнур длиной сообразно с примерной глубиной реки.

1. Измерение с помощью грузила на шнуре глубины реки (m).

2. Измерение ширины реки (n).

3. Расчет значения полноводности реки по формуле: $P = mnav$, где m — глубина реки, n — ширина, v — скорость течения, а — коэффициент, значение которого 0,85.

Примеры измерений по методикам Санкт–Петербургского ГГИ лаборатории русловых процессов под руководством А. Б. Клавен

Искомые данные: скорость течения и расход воды.

Оборудование: поплавки, мерная веревка, мерный шест, секундомер.

1. Измерение скорости течения поплавковым методом ($V=S/t$).
2. Промер глубин у главного створа.
3. Вычисление полусуммы смежных глубин (смежные глубины сложить и разделить на 2).
4. Вычисление площади живого сечения реки в промерных вертикалях (полусумма смежных глубин, умноженная на промерное расстояние).
5. Вычисление общей площади живого сечения реки (складываем площадь живого сечения реки в промерных вертикалях).
6. Вычисление расхода воды: максимальную скорость течения умножить на 0,6 – для равнинных рек и на 0,5 – для горных рек и умножить на общую площадь живого сечения реки).

Таблица 10. **Пример:** промер глубин и определение площади живого сечения ручья в точке 1

№ промерных вертикалей	Расстояние промерных вертикалей, м	Расстояние между вертикалями, м	Глубина, м	Полусумма смежных глубин, м	S живого сечения между вертикалями, м ²	Примечание
Урез левого берега	0,0		0,0			Дно песчаное, Слой ила до 2 см
1	0,3	0,3	0,27	0,135	0,04	
2	0,6	0,3	0,16	0,215	0,065	
3	0,9	0,3	0,085	0,1225	0,037	
4	1,2	0,3	0,06	0,0725	0,022	
5	1,5	0,3	0,01	0,035	0,01	
Урез правого берега	0,0		0,0	0,005	0,002	

Результаты: При ширине ручья 1,8 м: общая площадь живого сечения 0,176 м²; средняя глубина 0,117 м; максимальная глубина 0,27 м; средняя скорость течения 0,04 м/с; расход воды 0,0042 м³/с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ РЕКИ

I. Общие сведения о реке

1. Название _____
2. Речная система (к какому водосбору принадлежит водный объект) _____

3. Главная река или приток (какого порядка?) _____
4. Откуда начинается река (исток) _____
5. Куда впадает (устье) _____
6. Длина реки _____
7. Протекает по территориям (районы, близлежащие населенные пункты) _____

8. Какие притоки принимает:
правые _____
левые _____
9. Есть ли плотины, запруды, где находятся _____
10. Для искусственных водотоков (каналы, канавы):
Характер водотока (копанный, бетонные берега и др.) _____
Когда он был создан? _____ Зачем он был создан? _____

II. Характеристика реки и ее долины в месте исследования

11. Описание местоположения исследуемого участка реки (в верхнем течении/ближе к истоку, среднем, нижнем/ближе к устью) _____
12. Местоположение станций отбора проб и наблюдений

13. Особенности речной долины: ширина и форма _____

14. Наличие террас, их количество, какими породами сложены _____

15. Растительность по берегам реки и на склонах речной долины _____

16. Пойма реки: ширина _____ растительность _____

слагающие породы _____

17. Родники в долине реки (количество, расположение) _____

18. Русло реки: ширина _____ глубина: максимальная _____ средняя _____

19. Наличие островов, бродов, протоков, перекатов и их расположение _____

20. Особенности грунта дна _____

Скорость течения _____ Расход воды _____

21. Оценка качества воды (можно использовать для удобства таблицы из данного пособия)

мутность _____ цвет _____

осадок _____ прозрачность _____ запах _____

_____ температура _____

III. Жизнь в реке и у реки

22. Прибрежная растительность (преобладающие и редкие виды) _____

23. Водная и донная растительность (преобладающие и редкие виды) _____

24. Степень зарастания русла (% площади)

25. Рыба: обычные виды _____

редкие виды _____

26. Раки (наличие и количество) _____

27. Донные организмы _____

28. Звери, птицы, их следы _____

29. Беспозвоночные животные на берегах реки _____

IV. Использование реки и ее долины и его экологические последствия

30. Какие населенные пункты находятся в долине реки и по берегам, на каком расстоянии от реки? _____

31. Промышленные и сельскохозяйственные предприятия, их расположение по отношению к реке _____

32. Какие сельскохозяйственные угодья (засеянные поля, луга для выпаса скота)?

Какую площадь они занимают? _____

33. Как используются река и долина для отдыха (дома отдыха, детские лагеря, пляжи и т.п.) _____

34. Используется ли река для судоходства или сплава леса? _____

35. Используется ли река для рыболовства? Какими способами ловят рыбу? _____

36. Используется ли река для водоснабжения и других хозяйственно-бытовых нужд?

V. Источники загрязнения реки и водоохранные мероприятия

37. Природные источники и причины изменения качества воды _____

38. Антропогенные источники загрязнения реки _____

39. Где находятся места сброса неочищенных вод? _____

40. Где находятся места сброса очищенных сточных вод? Какие мероприятия проводятся по их очистке?

41. Какова ширина природоохранной зоны реки _____

42. Ваши предложения по охране и рациональному использованию реки и ее долины _____

43. Каково ее состояние в настоящий момент? _____

44. Что сделано вами по очистке реки и ее берегов? _____

Кто составил паспорт (фамилия, имя, отчество, возраст, род занятий) _____

Дата заполнения, подпись

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ТИПИЧНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ ПРЕСНЫХ ВОДОЕМОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Обитатели чистых водоёмов



Личинки подёнок
Ephemeroptera gen. sp. larva

Организмы средней чувствительности



Бокоплавы (гаммарус)
Gammarus locustris

Обитатели загрязнённых водоёмов



Водяной ослик
Asellus aquaticus



Личинки веснянок
Plecoptera larvae



Рак широкопалый
Astacus astacus



Трубочник обыкновенный
Tubifex tubifex



L=20-30 mm

Личинки ручейников
Trichoptera gen. sp. larvae



L=20-35 mm

Личинки комаров-долгоножек
Tipulidae larvae



L=8-15 mm

Личинки комара-звонца (мотыль красный)
Chironomus plumosus



L=20-25 mm

Личинки вислокрылок
Sialis sp larvae



L=40-50 mm

Личинки стрекозы коромысла большого
Aeshna grandis larvae



L=40-50 mm

Малая ложноконская пиявка
Herpobdella octoculata



L=25-40 mm

Перловица обыкновенная
Unio pictorum



L=20-30 mm

Катушка роговая
Planorbis corneus



L=30-70 mm

Прудовик
Lymnaea stagnalis



L=10-12 mm

Горошинка речная
Pisidium amnicum



L=20-40 mm

Живородка
Viviparus acerosus



L=30-40 mm

Личинка ильной мухи (крыска)
Eristalis larva

Универсальные обитатели прудов различной степени загрязненности



Сем. Hydrophilidae (водолюбы)
Водолюб большой
(*Hydrophilus piceus*)



А



В

Сем. Dytiscidae (плавунцы)
Плавунец окаймленный (*Dytiscus marginalis*),
А-личинка, В- (взрослое насекомое)



Сем. Gyrinidae (вертячки)
Вертячка-поплавок
(*Gyrinus natator*)



Сем. Agelenidae, класс Паукообразных (Arachnida)
Паук-серебрянка
(*Argyroneta aquatica*)



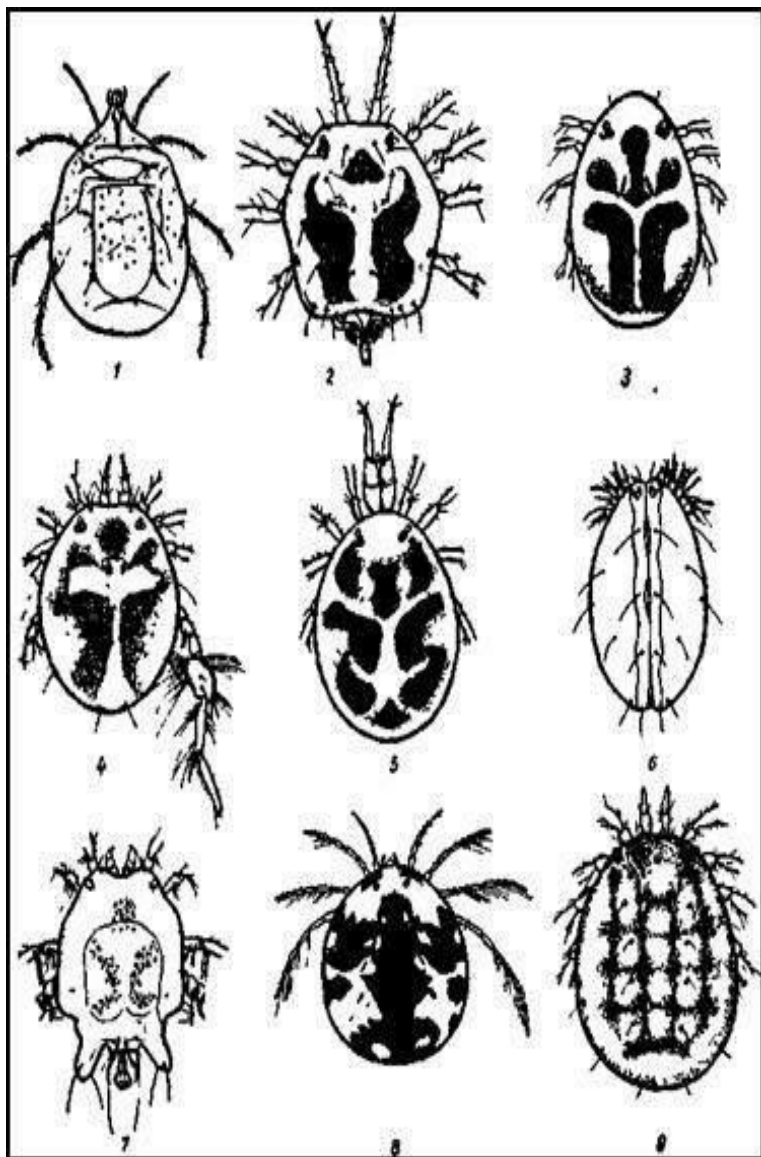
Сем. Gerridae (настоящие водомерки) подотряда Клопов (Heteroptera)
Водомерка прудовая, или обыкновенная (*Gerris lacustris*)



Сем. Nepidae (водяные скорпионы) подотряда Клопов (Heteroptera)
Водяной скорпион
(*Nepa cinerea*)



Сем. Corixidae (Гребляки) подотряда Клопов (Heteroptera)
Гребляк зубчатоногий
(*Corixa dentipes*)



Водные клещи (гидракарины)

1 — *Limnochares aquatica*, ярко-красного цвета, ведет придонный образ жизни, ползая по водным растениям, плавать не может;

2 — *Hydrochoreutes unguatus*, самец — желтоватого цвета с просвечивающей темной печенью, имеет очень длинные плавательные ноги, на рисунке не показанные, обитатель больших водоемов — озер, прудов;

3 — *Piona nodata*, красно-коричневой окраски, встречается в больших водоемах;

4 — *Acercus torris*, самец — желто-коричневого цвета, на ногах у самцов особые утолщения, играющие роль при копуляции, встречается в мелких лужах;

5 — *Limnesia undulata*, самка — желтого, изредка красного цвета с просвечивающей черной печенью, обитатель мелких вод;

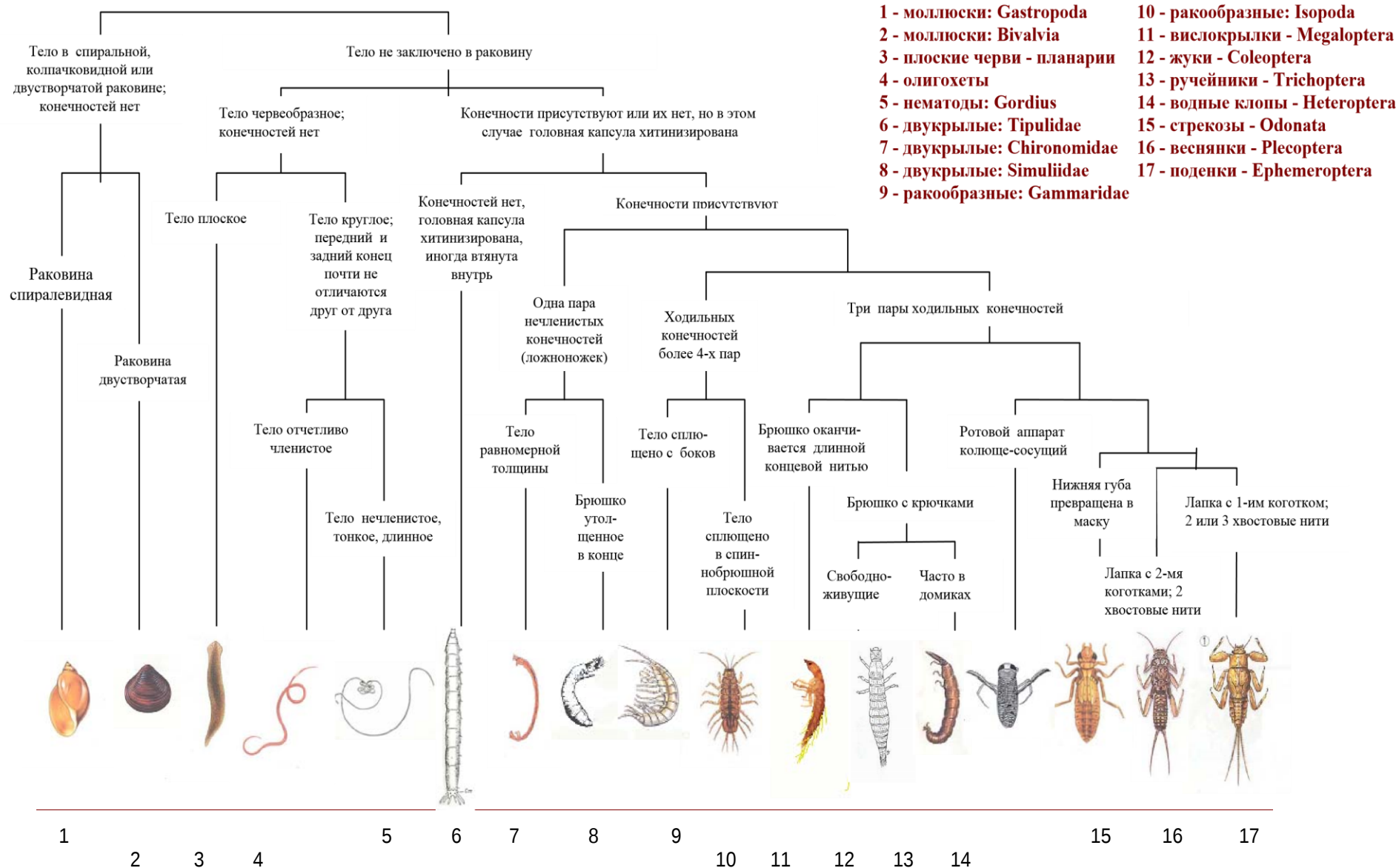
6 — *Frontipoda musculus*, самка — зеленого, реже желтого или красноватого цвета, с короткими плавательными ногами, сидящими пучком около рта, обитает в сильно заросших водоемах;

7 — *Arrhenurus neumani* — красного, редко зеленого цвета с характерным для самцов этого рода задним придатком тела;

8 — *Hydrarachna geographica* — ярко-красного цвета с черными пятнами, имеет короткие плавательные ножки, встречается в прудах и лужах, особенно весной (длина 8 мм — «королева» гидракарин);

9 — *Hydryphantes ruber*, самка — ярко-красного цвета, встречается в мелких водоемах, канавах, лужах, преимущественно весной.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ПИКТОГРАФИЧЕСКИЙ КЛЮЧ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСНОВНЫХ ГРУПП ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ



Литература

1. Абакумов В.А., Бубнова Н.П. Контроль качества поверхностных вод СССР по гидробиологическим показателям. Обнинск: Гидрометеоиздат, 1979.
2. Алимов А.Ф., Финогенова Н.П. Оценка степени загрязнения вод по составу донных животных. В кн.: Методы биологического анализа пресных вод. Л., Изд. ЗИН АН СССР, 1976.
3. Березина Н.А. Практикум по гидробиологии воды. М.: Агропромиздат, 1989.
4. Близняк Е.В. Водные исследования. - М., 1952.
5. Богословский Б.Б. Основы гидрологии суши. - Минск, 1974.
6. Бондаренко, Ю. В. Методы полевых гидрологических и метеорологических исследований. [Текст]: учеб. пособие / Ю. В. Бондаренко. – 2-е изд. доп. и исп. – Саратов.: Издательский центр «Наука», 2011. – 202 с. - ISBN 978-5-9999-0885-8.
7. Кожемяченко, И. В. Гидрометрия. [Текст]: учеб. пособие / И. В. Кожемяченко, Ю. В. Бондаренко, О. В. Гуцол, О. Н. Жихарева. - ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ»; Саратов, 2010. – 160 с. - ISBN978-5-7011-0603-9.
8. Кузнецова М. А. и др. Методы биоиндикации водных экосистем // Экологический мониторинг.
9. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. Л.: Изд. ЗИН АН СССР, 1974.
10. Матвеев Н.П., Сераев Н.А. Полевая практика. М., 1963.
11. Михайлов, В. Н. Гидрология. [Текст]: учеб. для вузов / В. Н. Михайлов, А. Д. Добровольский, С. А. Добролюбов. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 463 с. - ISBN978-5-06-005815-4.
12. Методы биомониторинга. В 2-х ч. Ч. 1. Н.Новгород: Изд. НГГУ, 1995. С. 76-141.
13. Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеоиздат, 1977 и 1981.
14. Орлова В.В. Гидрометрия. - Л., 1974.
15. Полевая практика по географическим дисциплинам. - М., 1980.
16. Сметанина Т. К. Исследовательская деятельность и экологическое образование учащихся [Текст] // Актуальные задачи педагогики: материалы Междунар. науч. конф. (г. Чита, декабрь 2011 г.). — Чита: Издательство Молодой ученый, 2011. — С. 121-124. — URL <https://moluch.ru/conf/ped/archive/20/1315/>
17. Тессман Н.Ф. Учебно-полевая практика по основам общего землеведения. М., 1975.
18. Водные беспозвоночные. <http://www.ecosystema.ru>
19. Отчет аквобиологического подразделения ЗИН РАН по проекту SE-717 «Луга-Балт» <http://www.zin.ru/projects/se-717/stations.html>

Авторы фотографий – Ю.И. Шевцова (с. 23 рис.8А, с.24, с.25 рис. 10), И.Б. Ужинова (с.4, с.23 рис.8 В,С, с.30, с.43).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Об авторе	1
От редакции	1
ВВЕДЕНИЕ	2
ГЛАВА 1. БИОИНДИКАЦИЯ	5
1.1. Общая характеристика биоиндикации	5
1.2. Оценка качества воды по биотическому индексу	7
ГЛАВА 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ. ТРОФНОСТЬ	16
ГЛАВА 3. ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИ АНТРОПОГЕННОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ	17
3.1. Что такое сапробность и токсобность	17
ГЛАВА 4. КАК И ЧЕМ ВЫПОЛНЯТЬ РАБОТЫ ПО БИОИНДИКАЦИИ	19
4.1. Подготовка к работе	19
4.2. Оборудование	19
4.3. Отбор и обработка проб	19
ГЛАВА 5. ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ - МАКРОФИТЫ. МАКРОФИТЫ КАК БИОИНДИКАТОРЫ.	27
ГЛАВА 6. ПРОВЕДЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СО ШКОЛЬНИКАМИ	30
6.1. Общее ознакомление с рекой	30
6.2. Методы изучения реки	30
6.3. План описания реки и проведения гидрологических исследований	31
6.4. Общая характеристика реки и ее использования	44
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ РЕКИ	46
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ТИПИЧНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ ПРЕСНЫХ ВОДОЕМОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	50
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ПИКТОГРАФИЧЕСКИЙ КЛЮЧ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСНОВНЫХ ГРУПП ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ	55
Литература	56



ППС 2014-2020

Россия - Юго-Восточная Финляндия

Финансируется из средств Европейского Союза, Российской Федерации и Финляндской Республики

УДК

ББК

Ю.И. Шевцова. Методы оценки экологического состояния пресных водоемов.

ОСУРСТ, Санкт-Петербург – Луга, 2020

Издание подготовлено в рамках международного проекта «Благоприятная окружающая среда и чистые водные пути в голубое Балтийское море – Луга-Балт 2» Программы приграничного сотрудничества «Россия – Юго-Восточная Финляндия 2014 – 2020»

Дизайн и компьютерная вёрстка – И. Ужинова

Выходные данные типографии

Проект KS 1031

**БЛАГОПОЛУЧНАЯ ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА
И ЧИСТЫЕ ВОДНЫЕ ПУТИ
В ГОЛУБОЕ БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ (ЛУГА-БАЛТ 2)**

**SAFE ENVIRONMENT AND CLEANER WATERWAYS
TO BLUE BALTIC SEA (LUGA-BALT 2)**

Партнеры:

1. Муниципальный фонд поддержки развития экономики и предпринимательства Лужского района (Ведущий партнер)
2. Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП), филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
3. Межрегиональная общественная организация "Общество содействия устойчивому развитию сельских территорий" (ОСУРСТ)
4. Институт природных ресурсов Финляндии (LUKE)
5. Университет прикладных наук Юго-Восточной Финляндии (ХАМК)



<https://www.facebook.com/lugabalt/community/> Instagram: @lugabalt
E-mail: sbrf.luga@yandex.ru, minin.iamfe@mail.ru, uzhinova@mail.ru