

КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЭКОЛОГИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

(Часть 1: Практическое руководство к учебно-полевой практике)

Учебно-методическое пособие

**Казань
2011**

*Печатается по решению Редакционно-издательского совета ФГАОУВПО
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»*

методической комиссии факультета географии и экологии

Протокол № 5 от 9 февраля 2011 г.

заседания кафедры прикладной экологии

Протокол № 9 от 21 января 2011 г.

Автор-составитель:

к.б.н., ассистент А.В. Яковлева

Рецензент:

д.б.н., профессор Н.Ю. Степанова

Яковлева А.В.

Экология водных экосистем (Часть 1: Практическое руководство к учебно-полевой практике): Учебно-методическое пособие / А.В. Яковлева – Казань: Казанский университет, 2011.– 30 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся на факультете географии и экологии Казанского федерального университета. В нем приведены основные требования техники безопасности и правила поведения студентов на летней полевой практике. Дается краткая характеристика водных объектов, на которых будет проводиться практика, краткое описание методов сбора материала и требования к оформлению научного отчета и рисунков.

© Казанский университет, 2011

© Яковлева А.В., 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	4
1. Правила техники безопасности	5
2. Краткая характеристика водных объектов	10
2.1. Водохранилище	10
2.2. Реки	11
2.3. Озера	12
3. Основные жизненные формы гидробионтов	14
3.1. Планктон	14
3.2. Нектон	15
3.3. Бентос и перифитон	15
3.4. Нейстон и плейстон	17
4. Методы сбора полевого материала	18
4.1. Фитопланктон	18
4.2. Зоопланктон	19
4.3. Макрозообентос	19
4.4. Макрофиты	21
4.5. Рыбы	22
5. Оформление рисунков	23
6. Оформление отчета	24
Список использованной литературы	29

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-полевая практика «Экология водных экосистем» является обязательным компонентом образовательной программы для студентов факультета географии и экологии.

Цель практики:

- ознакомление с различными типами водных объектов и их природными особенностями;
- знакомство с полевым и лабораторным оборудованием, правилами поведения на практике и техники безопасности;
- освоение методик работы с полевым оборудованием и сбора полевого материала;
- получение и закрепление знаний о местных видах гидробионтов (состав и экология отдельных представителей различных жизненных форм гидробионтов: фитопланктон, зоопланктон, фито- и зообентос, ихтиофауна);
- изучение состава и экологических особенностей охраняемых видов гидробионтов Республики Татарстан.

Полевая практика включает в себя освоение студентами основных методов сбора материала и непосредственный отбор проб, их определение с помощью определителей, составление списков обнаруженных видов и их последующую зарисовку, а также проведение самостоятельного полевого исследования.

Сбор материала для последующего исследования производится во время экскурсий.

В конце практики студенты сдают отчет, который включает:

- защиту отчета по практике в виде стенда и научного доклада;
- предоставление рисунков обнаруженных видов водных организмов;
- сдачу рефератов по охраняемым видам гидробионтов Республики Татарстан и последующую их защиту;
- описание систематического положения, видового названия, обнаруженных водных организмов на латинском и русском языках, а также их основных экологических особенностей.

1. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Правила использования транспорта

1. При проведении маршрутов «старшим по машине» является преподаватель, распоряжения которого обязательны для всех участников рейса.

2. Вставать в машине, производить посадку и высадку пассажиров, погрузку и выгрузку полевого снаряжения до полной остановки машины запрещается.

3. Без разрешения «старшего по машине» запрещается перевозить в автомашине лиц, не имеющих отношения к практике.

4. Запрещается курение в кузове автомашины или в салоне автобуса, как во время движения, так и во время стоянки.

5. Перед началом практики преподаватель, проводящий практику, знакомит студентов, а также помогающих проведению практики сотрудников с правилами внутреннего распорядка во время практик, обязательными для всех.

6. Покидать территорию лагеря возможно с разрешения руководителя группой студентов не менее 3-х человек.

7. В случае нарушения сотрудниками и студентами требований безопасности труда преподаватель на практике проводит внеплановый инструктаж.

8. Перед выходом каждой группы в маршрут преподаватель проводит специальный инструктаж о правилах передвижения, дисциплине в маршруте, порядке и методики выполнения задания, а также проверяет обеспеченность снаряжением, инструментами, картами и др. материалами, а также аптечкой первой помощи;

9. В целях предотвращения полевых и солнечных ударов при работе в ясные дни необходимо соблюдать меры защиты от солнца (иметь легкую одежду и головной убор); выходить в маршрут в неподготовленной и тесной обуви, а также босиком запрещается.

10. Необходимо постоянно помнить о том, что маршруты в одиночку категорически запрещены.

11. В затяжной дождь полевые исследования прекращаются, и студенты пережидают непогоду в безопасном месте, указанном преподавателем. При грозе нельзя: бежать, находиться вблизи одиноко стоящих деревьев, на возвышенных местах, нести металлический предмет.

12. В случае, когда маршрутная группа состоит только из двух человек, и один из них оказался неспособным двигаться, второй должен оказать пострадавшему помощь и принять меры для вызова спасательной группы. Временное оставление пострадавшего в одиночестве допускается лишь в исключительных случаях при условии, если он способен дождаться помощи в безопасности.

13. Все участники полевой практики должны уметь работать с картой, компасом, двигаться по ориентиру, т.е. надежно ориентироваться на местности.

14. Во время работы купание без специального разрешения запрещено.

15. Запрещено употреблять сырую воду во время маршрута из ручьев, рек и других водных источников, непригодных для питьевых целей; категорически запрещается сбор и употребление незнакомых ягод, грибов и других растений и корнеплодов; нельзя жевать стебли злаков на пастбищах (в организм могут попасть гельминты или возбудители инфекционные заболеваний); срывать неизвестные, особенно сильно пахнущие, растения (среди них могут оказаться ядовитые или сильные аллергены, вызывающие ожоги или воспаления слизистых оболочек).

16. Во время маршрутов запрещено купаться, разводить костры без практической необходимости, загрязнять природную среду, строго соблюдать правила охраны природы, особенно бережно относиться к охраняемым и редким видам флоры и фауны.

Правила передвижения

1. При движении по маршруту и на стоянках запрещается курить и пользоваться открытым огнем в огнеопасных местах (у стогов и скирд, на скошенных, но еще не убранных полях, в сосновом лесу, на торфяных болотах). При сильных засухах курение в маршруте запрещается полностью.

2. При перемещении в лесу нельзя ломать ветви деревьев, опускать ветки перед близко идущими людьми сзади, необходимо обходить наклоненные деревья.

3. При передвижении по болотам необходимо передвигаться с шестом и проверять устойчивость кочек на прочность сплавины с применением необходимых мер страховки.

4. При движении на крутых склонах следует двигаться только зигзагом, придерживаясь за стволы деревьев и кустарников, и за траву. Нельзя ходить по мокрым травяным склонам.

5. При движении через малые реки и ручьи (вброд) и вдоль их берегов необходимо обязательно проверять устойчивость лежащих под ногами предметов, не наступать на мокрые камни, неукрепленные бревна.

6. При переправе по висячему мосту старший группы следит за тем, чтобы на мосту находилось не более пяти человек. Раскачивать мост категорически запрещается.

7. При движении на маршруте следует обходить частные земельные владения, стараться избегать столкновений и их владельцами, а также сбор плодов и овощей.

8. При движении в пределах и вне населенного пункта необходимо неукоснительно соблюдать правила дорожного движения.

9. В течение всего периода полевых практик рекомендуется строго следить за состоянием ног и не допускать потертостей. Ходить босиком запрещено не только на маршруте, но и на территории экспедиции.

10. Лица, получившие травму, или у которых обнаружены заболевания, подлежат немедленному отстранению от работы и направлению в медпункт или в ближайшее лечебное учреждение.

11. Предельно допустимые нормы переноски тяжестей при выполнении полевых работ устанавливаются: для женщин – моложе 18 лет – 10 кг, старше 18 лет – до 15 кг, для мужчин – моложе 18 лет – 16 кг, старше 18 лет – до 50 кг. При выполнении маршрутных походов на равнине предельная нагрузка для мужчин – 25 кг, для женщин – 15 кг.

Дополнительные правила техники безопасности

1. Инструменты и оборудование для ведения полевых работ должны быть проверены перед выходом в поле.

2. Бежать с инструментами, размахивать ими, бросать запрещается, необходимо исключить возможность ранений студентов острыми концами инструментов. Необходимо также помнить о бережном отношении к инструментам и оборудованию.

3. Желательно использовать репелленты, предварительно опробованные на аллергическую реакцию, или накомарник при посещении лесов, болот,

4. При выполнении любых работ (как на берегу, так и на воде) запрещено ходить босиком. В воде для этого необходимо использовать сапоги или тапочки.

5. При проведении работ на надувных лодках запрещено:

- садиться в лодку в количестве более двух человек,

- перегружать лодку оборудованием,
- перевозить острые предметы (топоры, колья, вешки),
- сидеть на бортах,
- стоять в лодке,
- нырять в воду,
- пользоваться плохо накаченными или неисправными лодками,
- находиться в лодке без весел,
- некрепко привязываться к тросу,
- отплывать от места проведения работ.

6. Во время передвижения ножи должны быть зачехлены.

7. При работе на крутых обнаженных склонах соблюдать осторожность, учитывать опасность крупных оседаний рыхлого грунта (особенно на карьерах), сползаний осыпей и камнепада, обязательны внимательное отношение к товарищам, работающим на том же объекте, готовность при первой же необходимости прийти на помощь.

8. Любые формы полевой работы в одиночку категорически запрещены, удаление членов группы друг от друга допустимо лишь в пределах возможности голосовой связи. По возвращении, старший по группе ставит в известность преподавателя, ведущего практику в данной группе.

9. При выполнении работ не следует сосредотачиваться под отвесными и нависающими склонами, подходить близко к крутым и отвесным обрывам, рыть под ними шурфы и пытаться их обрушить.

10. Студенты, находящиеся в состоянии алкогольного или наркотического опьянения отстраняются от всех видов.

Правила техники безопасности при работе в лаборатории

1. Работать одному в лаборатории категорически запрещается, так как в ситуации несчастного случая некому будет оказать помощь пострадавшему и ликвидировать последствия аварии.

2. Во время работы в лаборатории необходимо соблюдать чистоту, тишину, порядок и правила техники безопасности, так как поспешность и небрежность часто приводят к несчастным случаям с тяжелыми последствиями.

3. Каждый работающий должен знать, где находятся в лаборатории средства противопожарной защиты и аптечка, содержащая все необходимое для оказания первой помощи.

4. Категорически запрещается в лаборатории курить, принимать пищу, пить воду.

5. Нельзя приступать к работе, пока учащиеся не усвоят всей техники ее выполнения.

6. Опыты нужно проводить только в чистой химической посуде. После окончания эксперимента посуду следует сразу же вымыть.

7. В процессе работы необходимо соблюдать чистоту и аккуратность, следить, чтобы вещества не попадали на кожу лица и рук, так как многие вещества вызывают раздражение кожи и слизистых оболочек.

8. Никакие вещества в лаборатории нельзя пробовать на вкус.

Практика может быть прервана для отдельных студентов

1. В случае болезни;

2. По семейным обстоятельствам;

3. В случае неоднократных нарушений изложенных инструкций:

- в случае пренебрежения техникой безопасности, что может повлечь за собой опасность здоровья и жизни;

- создающих ненормальную обстановку или нездоровую моральную атмосферу в полевых условиях, которая вредно сказывается на членах коллектива, а также целях и задачах выполняемых практикой.

2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Практика по курсу «Экологии водных экосистем» проходит на разных типах водных объектов: Куйбышевское водохранилище, река Казанка, озера Нижний Кабан, Лебяжье и Изумрудное (Юдинский карьер).

2.1. Водохранилище

Это крупный водоем с замедленным водообменом, уровенный режим которого искусственно изменен и постоянно регулируется в целях накопления и последующего использования запасов воды. Характерная особенность водохранилища – частые и притом значительные колебания уровня, связанные с особенностями режима запасаания воды на выработку энергии, орошение, и другие нужды.

Куйбышевское водохранилище – наиболее крупное из 11 водохранилищ Волжского каскада. По площади акватории водоем занимает первое место в Европе и второе – в мире среди всех водохранилищ (Степанова и др., 2004). Наполнение водохранилища продолжалось с 1955 по май 1957 г., до достижения горизонта воды до нормального подпорного уровня (53 м над у. м.; Куйбышевское ..., 1983, 2008). Основные параметры Куйбышевского водохранилища представлены в табл. 1.

Таблица 1. Основные показатели Куйбышевского водохранилища
(Куйбышевское..., 2008)

НПУ, м	Объем, км ³		Площадь при НПУ, км ²	Длина, км	Глубина, м		Водообмен «к»
	Полный	Полезный			сред.	мах.	
53	57.3	33.9	5900	510	9.7	41.0	4.2

Для Куйбышевского водохранилища характерна высокая амплитуда сезонного колебания уровня воды. Летом обширные прибрежные участки освобождаются от воды и высыхают, а зимой промерзают, что сопровождается гибелью очень многих обитателей побережья. В связи со значительными колебаниями уровнями и существованием осушной зоны сублитораль не выделяют (Константинов, 1986).

Для Куйбышевского водохранилища характерен 3 класс качества вод – «умеренно загрязненные». По показателям зообентоса водохранилище относится к мезосапробному типу и мезотрофной зоне загрязнения. На

открытых русловых участках вдали от крупных населенных пунктов качество воды соответствует в основном β -мезосапробной зоне загрязнения, а вблизи крупных населенных пунктов – β - α -мезосапробной. В акватории вблизи Казани и в заливах соответствует α -мезосапробной и полисапробным зонам, во второй половине лета обнаруживаются признаки эвтрофного водоема (Степанова и др., 2004).

2.2. Реки

Реки представляют собой водоемы, водная масса которых перемещается от истока к устью вследствие разницы их положения над уровнем моря, т.е. под влиянием силы тяжести. Наибольшее значение для обитателей рек среди абиотических факторов имеют уровенный и паводковый режим, скорость течения, прозрачность, температура, солевой состав воды, характер грунта для обитателей дна. *Реобионты* – гидробионты, обитающие в реках. Значительного обилия достигают планктон, бентос и нектон, слабее представлен перифитон, а нейстон и плейстон почти полностью отсутствуют (Константинов, 1986).

Река **Казанка** – левый приток Волги. Длина ее около 140 км, площадь бассейна 2600 км². Берет свое начало северо-восточнее д. Бимери на границе с Балтасинским р-ном на западных склонах Вятских Увалов и, протекая в юго-западном направлении, впадает в Волгу (Куйбышевское водохранилище) в г. Казани. Находится на стыке двух природных зон – лесной (правобережная часть водосбора) и лесостепной (левобережье). В административном отношении река расположена в Арском, Высокогорском, Атнинском и Пестречинском р-нах РТ. Казанка – типично равнинная река со смешанным типом питания. В бассейне реки имеется более 300 родников и 32 водораздельных карстовых озера (Экологические ..., 2003). С 1978 г. объявлен памятником природы регионального значения РТ (Экологические ..., 2003; <http://ru.wikipedia.org/>). Река имеет хозяйственное, познавательное и рекреационное значение. В бассейне реки расположены крупнейшие промышленные предприятия РТ («Хитон», КАПО им. Горбуново, «Оргсинтез», КМПО КОМЗ). Устье реки Казанка является одним из самых загрязненных участков поверхностных вод Среднего Поволжья. Оно несколько раз перегорожено транспортными дамбами и фактически устье сейчас – цепь искусственных заливов с почти полным отсутствием течения.

По данным за 1996–1998 гг. качество воды в р. Казанка соответствует 3 классу – «умеренно загрязненная». По комплексу показателей

фитопланктона, зоопланктона соответствует β -мезосапробной зоне (Экологические ..., 2003).

2.3. Озеро

Это различной величины и формы часть углубления поверхности суши (котловина), заполненная водой. К важным факторам абиотической среды в озерах относятся движение воды, температура, свет, растворенные в воде вещества и характер грунтов. Организмы, обитающие в озерах, называются *лимнобионтами*. По видовому составу и обилию население озер сильно варьирует в зависимости от их географического положения, происхождения, особенностей строения котловины и гидрологического режима (Константинов, 1986).

Система озер **Кабан** находится в черте города Казань. Она включает три крупные озера: Нижний, Средний и Верхний Кабаны, и соединяющие их проливы и протоки. Озерная долина длиной почти 10 км; площадь Нижнего озера составляет около 58 га, Среднего – более 112 га и Верхнего – 25 га. Из Нижнего озера вытекает протока Булак, впадающая в реку Казанка. Благодаря Булаку, весной, озеро Кабан наполняется волжскими водами, что благоприятно сказывается на формировании популяций некоторых видов промысловых рыб. Берега вдоль всех трех озер заросли камышом, а мелководья тальником (<http://www.1000kzn.ru/>). Озеро Нижний Кабан по качеству воды характеризуется как «умеренно загрязненное» и значение индекса сапробности находится в пределах β -мезосапробной зоны загрязнения (Экология ..., 2005).

Озеро **Лебяжье** расположено в лесопарковой зоне западной части города Казани (Кировский р-н). Представляет собой оно систему почти самостоятельных водоемов: Большое, Малое и Светлое, Сухое Лебяжье, соединяющихся между собой узкими протоками. Озера мелководные, средняя глубина – 1.1 м, максимальная – 3.9 м. Уникальная особенность озера заключается в том, что расположено оно выше уровня подземных вод и не имеет подпитки от них (<http://ru.wikipedia.org/>). Является ценным объектом для рекреационного использования. Его экологическое состояние оценивается как напряженное: по фитопланктону соответствует β -мезосапробной зоне загрязнения, а качество оценивается как «удовлетворительно чистое»; по зоопланктону – «умеренно загрязненное»; зообентосу – «загрязненная» (Экология ..., 2005).

Озеро **Изумрудное** (Юдинский карьер) также располагается в Кировском р-не. Средняя глубина составляет 8.3 м (максимальная – 18.0 м), объем воды – 2054 тыс. куб. Озеро имеет рекреационное значение. Его экологическое состояние оценивается как благополучное. (Экология ..., 2005).

3. ОСНОВНЫЕ ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ ГИДРОБИОНТОВ

К наиболее крупным типам биотопам относят *пелагиаль* (толща воды), *бенталь* (дно с прилегающим слоем воды) и *нейсталь* (поверхностный слой воды, граничащий с атмосферой). Соответственно выделяют и жизненные формы, обитающие в том или ином биотопе (*пелагос*, *бентос*, *нейстон*). В пелагиали представлены *планктон* и *нектон* (Константинов, 1986).

3.1. Планктон

Планктон – это гидробионты, не способные к активным движениям или обладающие ими, но не способны противостоять токам воды, которыми переносятся с места на место (фитопланктон, зоопланктон и т.д.; Константинов, 1986).

Фитопланктон один из важнейших элементов водных экосистем, участвующий в образовании органического вещества и формировании качества вод. Индикаторные свойства фитопланктона определяются не только фактором нахождения или отсутствия определенных видов, но и степенью их количественного развития (Руководство ..., 1983).

В Куйбышевском водохранилище насчитывается 1472 таксона фитопланктона, в том числе 17 классов (Cyanophyta, Chryzophyta, Dinophyta, Chlorophyta и т.д.) и 1121 вид (Куйбышевское ..., 2008). В составе фитопланктона зарегистрировано четыре вида-вселенца (диатомовые водоросли Centrophyceae).

Фитопланктон р. Казанки представлен 89 видами, относящимися к 8 отделам водорослей, из них 11 видов – синезеленые, 9 – эвгленовые, 3 – динофитовые, 34 – диатомовые, 2 – криптофитовые, 3 – золотистые и 28 – зеленые (Экологические ..., 2003). В озерах системы Кабан насчитывается 150 видов фитопланктона, а в Малом Лебяжье – 106 (Экология ..., 2005).

Зоопланктон пресных вод представлен в основном простейшими, коловратками, ракообразными (веслоногими и ветвистоусыми рачками). С помощью зоопланктона, в частности веслоногих ракообразных, возможно определение последствий разового или прерывистого загрязнения. В виду того, что для этих организмов характерен растянутый жизненный цикл, их присутствие в водоеме характеризует более продолжительный отрезок времени. Одним из методов наиболее удобным при анализе зоопланктонного сообщества, признан метод Пантле и Букка в модификации Сладечека (Руководство ..., 1983).

В Куйбышевском водохранилище зафиксировано 223 вида зоопланктона, в том числе: Rotatoria – 118, Cladocera – 74 и Cyclopoida – 19 и Calanoida – 12, из которых 24 вида-вселенца, проникших в водохранилище с севера и юга (Куйбышевское ..., 2008).

В верховье Казанки обнаружено 27 видов планктонных коловраток и ракообразных, из них 12 – Rotatoria, по 4 – Cladocera и Copepoda. В черте города Казань выявлено 73 вида, из них 41 – коловраток, 11 – ветвистоусых и 21 – веслоногих ракообразных (Экологические ..., 2003).

В озерах системы Кабан выявлено 74–84 вида зоопланктона (Верхний – 76, Средний – 84, Нижний – 74), а в озере Лебяжье – 79–101 (Малое – 101, Большое – 85, Сухое – 79) (Экология ..., 2005).

3.2. Нектон

Нектон – это крупные животные, двигательная активность которых достаточна для преодоления течения воды (рыбы, кальмары, млекопитающие; Константинов, 1986). В изучаемых водоемах нектон в основном представлен рыбами.

В Куйбышевском водохранилище насчитывается 46 видов рыб, из которых чужеродных – 9 (Куйбышевское ..., 2008).

Река Казанка не является рыбохозяйственным объектом, поэтому специального изучения не проводилось. Однако в зоне воздействия Куйбышевского водохранилища в реке отмечено 22 вида рыб (судак, сазан, щиповка, игла-рыба и т.д.) (Экологические ..., 2003).

Ихтиофауна озера Кабан включает 8 видов рыб, среди которых наиболее важные в промысловом отношении – сазан, серебряный и золотой карась (Экология ..., 2005).

3.3. Бентос и перифитон

Бентос – это организмы, обитающие на поверхности грунта и в его толще, в соответствии с чем его подразделяют на *эпи-* и *эндобентос* (*инфауна*). Растения образуют *фитобентос*, беспозвоночные – *зообентос*.

Пелагобентос – организмы, обитающие в зоне контакта толщи воды с дном, которые то плавают, то передвигаются по грунту или закапываются в него. В зависимости от размеров выделяют *некто-* (ракообразные и рыбы) и *планктобентос* (попеременно живущие в воде и грунте личинки комара

Chaoborus, многие жуки, крупные веслоногие и ветвистоусые рачки и т.д.; Константинов, 1986).

Фитобентос. Важное место в контроле качества вод занимают наблюдения за состоянием высшей водной растительности, которая чутко реагирует на изменение окружающей среды; так при загрязнении водоемов изменяется видовой состав, биомасса и продукция фитоценоза, возникают морфологические аномалии, происходит смена доминирующих форм. Значение макрофитов очень велико при рекогносцировочном гидробиологическом осмотре водных объектов для выбора пунктов контроля загрязнения (Руководство ..., 1983).

В Куйбышевском водохранилище (в черте города Казань) обнаружено 14 видов, из которых гелофитов (водно-болотные растения) – 8, гидрофитов (собственно водных) – 6 (Экология ..., 2005).

В реке Казанка (в черте города Казань) насчитывается около 13 видов макрофитов, в том числе гелофитов – 8, гидрофитов – 5 (Экология ..., 2005).

В озерах Кабан обнаружено 20 видов (гелофитов – 9, гидрофитов – 11), а Лебяжье – 27 (17 и 10 соответственно) (Экология ..., 2005).

Зообентос. Организмы зообентоса занимают в водоеме два основных биотопа: грунт (поверхность и толщу) и растительность. Подвижные организмы могут отрываться от поверхности субстрата и плавать в воде, занимая, таким образом, третий биотоп – водную толщу в пределах придонного слоя воды или водного пространства в зарослях макрофитов (Руководство ..., 1983).

В верхних плесах Куйбышевского водохранилища обнаружено 277 таксонов (212 – рангом ниже рода). Наиболее разнообразна фауна хирономид (29.3% всех таксонов), моллюсков (25.0%), олигохет (12.7%) и высших ракообразных (6.7%). В этой же части водохранилища были обнаружены 30 видов вселенцев (10.8% состава донной фауны): олигохет – 2 вида, полихет – 3, пиявок – 1, моллюсков – 5 и ракообразных 19 (Яковлева, 2010).

В реке Казанка бентосные и нектобентосные беспозвоночные представлены 159 видами и другими таксонами. В среднем течении реки обнаружен занесенный в Красную книгу РТ вид – водяной скорпион (*Nepa cinerea*) (Экологические ..., 2003).

В озерах системы Кабан обнаружено 32 вида зообентоса, в том числе водяной скорпион (*N. cinerea*). В озере Малое Лебяжье – 41, а в Изумрудном – 4 вида (в том числе вид, занесенный в Красную книгу Татарстана, – ранатра палочковидная (*Ranatra linearis*); Экология ..., 2005).

Помимо бентоса различают обрастания или *перифитон* – это организмы, обитающие на плотных субстратах за пределами придонного слоя воды (бактерии, простейшие, черви, низшие ракообразные двустворчатые моллюски и другие беспозвоночные; Константинов, 1986). Изучение перифитона при биологическом анализе имеет первостепенное значение, так как организмы, его составляющие, характеризуют условия именно этого участка, а не были занесены сюда из других мест, как это может быть с планктонными беспозвоночными (Руководство ..., 1983).

3.4. Нейстон и плейстон

Нейстон – это микроскопические или мелкие формы, обитающие на поверхности пленки (*эпинеuston* – клопы-водомерки, жуки-вертячки и т.д.) или непосредственно под ней (*гипонеuston* – бактерии, простейшие, ракообразные, моллюски, насекомые, молодь рыб и т.д.).

Плейстон – организмы крупных или средних размеров, часть тела которых находится в воде, а другая выступает над ней. Фитоплейстон (растения рода ряска, мох сальвиния) наибольшего богатства достигает в небольших стоячих водоемах, например в прудах, старицах и небольших озерах. Зооплейстон почти исключительно встречается в морях и океанах, где включает десятки различных форм сифонофор и моллюсков (Константинов, 1986).

4. МЕТОДЫ СБОРА ПОЛЕВОГО МАТЕРИАЛА

В ходе проведения практики в пробы могут попасть редкие и охраняемые гидробионты, занесенные в Красную книгу Республики Татарстан (Красная ..., 2006). Следовательно, предварительно перед экскурсией на различные водоемы необходимо ознакомиться с ними по книгам или методическим пособиям (Яковлев, 2010; Яковлева, Яковлев, 2011 и др.). При обнаружении охраняемого вида следует определить его в полевых условиях и впоследствии выпускается в тот водоем, где он был обнаружен. Для того чтобы в дальнейшем сделать рисунок данного вида, необходимо его сфотографировать.

4.1. Фитопланктон

При работе на водохранилищах, озерах, глубоководных прудах отбор проб проводят по специально разработанной гидробиологической сетке. На каждой станции отбирают батометром серию проб воды с пропуском по глубине в 1 м до глубины утроенной прозрачности по диску Секки. В глубоких водоемах при прозрачности 3 м пробы отбирают до глубины 10 м, при прозрачности 5 м – 15 м и т.д. Все отобранные на станции пробы сливают в один сосуд, тщательно перемешивают; в зависимости от степени развития фитопланктона заполняют бутылки и консервируют. На мелководье производят тотальный отбор проб от поверхности до дна. Пробы, отобранные этим методом, используют как для количественного учета, так для качественной характеристики пробы.

Каждая проба снабжают этикеткой, на которой указывают дату отбора пробы, водоем и место, № станции, орудие лова. Необходимо также вести полевой журнал, куда, помимо перечисленных данных, вносят сведения о состоянии погоды, данные о температуре и прозрачности воды, скорости течения, результаты визуальной оценки качества воды в момент отбора проб.

В лаборатории фитопланктон отфильтровывают с помощью фильтра, который потом помещают на часовое стекло и заливают водой (1 см³). Осадок осторожно счищают кисточкой, равномерно перемешивают, и вносят в счетную камеру, где фитопланктон определяют и подсчитывают. После обработки живого фитопланктона проба консервируют, в основном, формалином.

Для видовой идентификации следует пользоваться наиболее широко применяемыми определителями (Руководство ..., 1983).

4.2. Зоопланктон

В зависимости от размерных групп планктонных организмов требуется применение различных методов их сбора: крупные – планктонными сетками, мелкие – с помощью отстойного метода.

Наиболее простым и доступным способом, не требующим сложного оборудования, является способ отбора проб путем процеживания 50–100 л воды, взятой ведром или другим способом, через качественную сеть Апштейна (рис. 1).



Рис. 1. Качественная сеть Апштейна (Руководство ..., 1983)

Отобранную воду переливают из стаканчика в обычные стеклянные банки, бутылки, которые затем тщательно закрывают. Каждая проба зоопланктона также должна быть тщательно этикетирована и записана в специальный полевой журнал или дневник. На банке или ее пробке пишут номер пробы, который должен совпадать с номером в журнале.

Затем, если проба не обрабатывается в живом состоянии, должна быть зафиксирована, обычно 40%-ным формалином, так чтобы в пробе он стал 4%-ным. Фиксировать также можно и спиртом. Для этого количество воды в пробе доводят до минимума и наливают 96-градусный этиловый спирт (Руководство ..., 1983).

4.3. Макрозообентос

Основное орудие сбора для количественного анализа донных беспозвоночных – обитателей поверхностного слоя и толщи грунта – дночерпатель. На мягких илистых грунтах применяют коробочный

дночерпатель Экмана-Берджа на тросе или облегченный вариант ковшевого дночерпателя Петерсена (рис. 2).

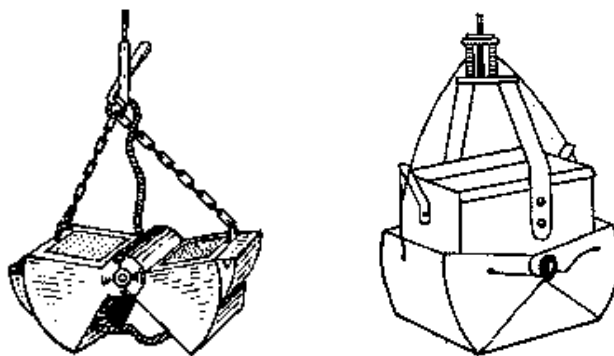


Рис. 2. Дночерпатели Петерсена (слева) и Экмана-Берджа (справа)

Опускают дночерпатель Экмана-Берджа с лодки или катера очень медленно, контролируя по натяжению троса достижения дна. В реках на песчаных грунтах отбор осуществляют дночерпателем Петерсена с малой площадью захвата. На плотных и особенно на задернованных грунтах следует использовать утяжеленную модель дночерпателя Петерсена..

Для сбора на мелководье крупных организмов, таких как двустворчатые моллюски, можно применять раму, ограничивающую участок дна, площадью 1 м². Сбор производят вручную, и полученный материал просчитывают на месте, а несколько экземпляров фиксируют формалином для уточнения видового состава.

Отбор проб для качественного анализа лучше всего использовать только дночерпатели, сачки и скребки, так как драги и тралы наносят существенный вред биоценозам донных беспозвоночных.

Во время отбора проб измеряют глубину и характер грунта. Непосредственно на водоеме можно приблизительно определяют тип донных отложений по следующей шкале: каменистый – дно покрывают преимущественно камни; каменисто-песчаный – среди отдельных камней есть участки открытого песчаного грунта; песчаный – преобладает песок, изредка встречаются камни; песчано-илистый – песок частично или полностью покрыт илом; илисто-песчаный – ил является преобладающей фракцией, при растирании ила ощущается наличие песка; илистый (ил) – при растирании ила не ощущается наличие песка; глинистый – при растирании ощущается пластичность; задернованные почвы – в искусственных водоемах.

Промывку добытого дночерпателем грунта производят на воде сразу после отбора пробы, используя сачки-промывалки. Затем организмы собирают, как с промывных сит, так и с различных предметов, попавших в

пробу. Отобранные пробы фиксируют формалином (4%). При наличии в пробе значительного количества двусторчатых моллюсков применяют 10% раствор формалина, так как вода из мантийной полости разбавляет фиксирующую жидкость. Для хранения проб зообентоса используют стеклянные или полиэтиленовые банки в основном объемом 100, 250 и 500 мм с завинчивающимися крышками. В каждую пробу кладут этикетку, в которой записывают информацию о станции и условиях отбора (рис. 3; Руководство ..., 1983).

Форма этикетки на бентосной пробе	
Водоем	_____
№ станции	_____
Местонахождение станции	_____
Глубина	_____
Биотоп	_____
Орудие лова	_____
Дата отбора пробы	_____

Рис. 3. Пример формы этикетки

4.4. Макрофиты

Для доставания растений со дна при глубине воды менее 2–3 м используют водяные грабельки трех- и шестизубовые. Они удобны для добывания некоторых видов возвышающихся над водой и всех погруженных в воду растений, а также растений с плавающими листьями. Для добывания донной растительности с глубин, превышающих 2.5–3 м, применяют инструменты – якорьки-кошки, двусторонние водяные грабли. А если добывания растений происходит на больших глубин, можно также использовать драги (Раменского, четырехугольную с зубцами и др.).

Для подсчета количества стеблей, определения проективного покрытия и взятия укосов всех групп растений лучше использовать различного типа рамы в 1, 0.5 и 0.25 м². Их изготавливают из дерева, легких металлических (алюминиевых) и синтетических труб и других материалов с расчетом на их плавучесть. Все виды работ с рамами можно проводить до глубины менее 2 м. На больших глубинах учет растительности с помощью рамы ненадежен.

Для отбора проб на фитомассу также используют:

– косу, которая предназначена для срезания растений при определении фитомассы методом площадок до глубины 1.5–2.5 м (на больших глубинах это делать сложно; однако это самый простой и надежный прибор для срезания растений);

– зарослечерпатели для вырезания определенных площадей и объемов в растительных сообществах (для количественного учета макрофауны).

Описание сообществ растительности производится на пробных площадках размером около 100 м² обычно в форме квадрата со сторонами 10x10 м. Их выбирают в наиболее характерных местах выделенного растительного сообщества с более или менее однородными условиями. Заросли небольшой площади описывают целиком.

Для определения флористического состава составляют полный список растений, образующих фитоценоз. Выявление видов растений с последующей записью их в бланк лучше делать по ярусам, начиная с верхнего – надводного, что делает учет быстрее и проще (Руководство ..., 1983).

4.5. Рыбы

Отбор проб рыб из природных водоемов допускается лишь при наличии разрешения природоохранных служб в установленном порядке.

Сбор материала производят активными орудиями лова. Личинок пелагических рыб отлавливают сеткой Кори и пелагическим тралом, в рыб, обитающих в прибрежье, в зарослях – сачком. Мальков длиной 40–50 мм ловят малым бреднем (до 10 м), подросших сеголеток – мальковым неводом (25–50 м). Двух- и трехлеток крупных видов рыб, а также мелочь третьей группы (окунь, ерш, плотва, густера и т.д.) отлавливают 100-метровым неводом. Для отлова взрослых рыб используют невод длиной 100–300 м и более, а также ставные сети.

Затем отобранный материал фиксируют формалином и производят этикетирование, где содержится вся необходимая информация. В лаборатории определяют видовую принадлежность с использованием общепринятых определителей. Рассчитывают численность и размерно-весовые параметры рыб (Салазкин, Огородникова, 1984).

5. ОФОРМЛЕНИЕ РИСУНКОВ

Для закрепления полученных знаний по фауне гидробионтов студенты выполняют зарисовку обнаруженных видов с подписями их систематического положения. Зарисовку организмов производят простыми или цветными карандашами с натуры, в редких случаях с определителей или атласов. На рисунке необходимо указывать систематическое положение данного организма на латинском и русском языках. Сначала указывают, к какому типу относится данный гидробионт, затем класс, отряд, семейство, род и вид (рис. 4).

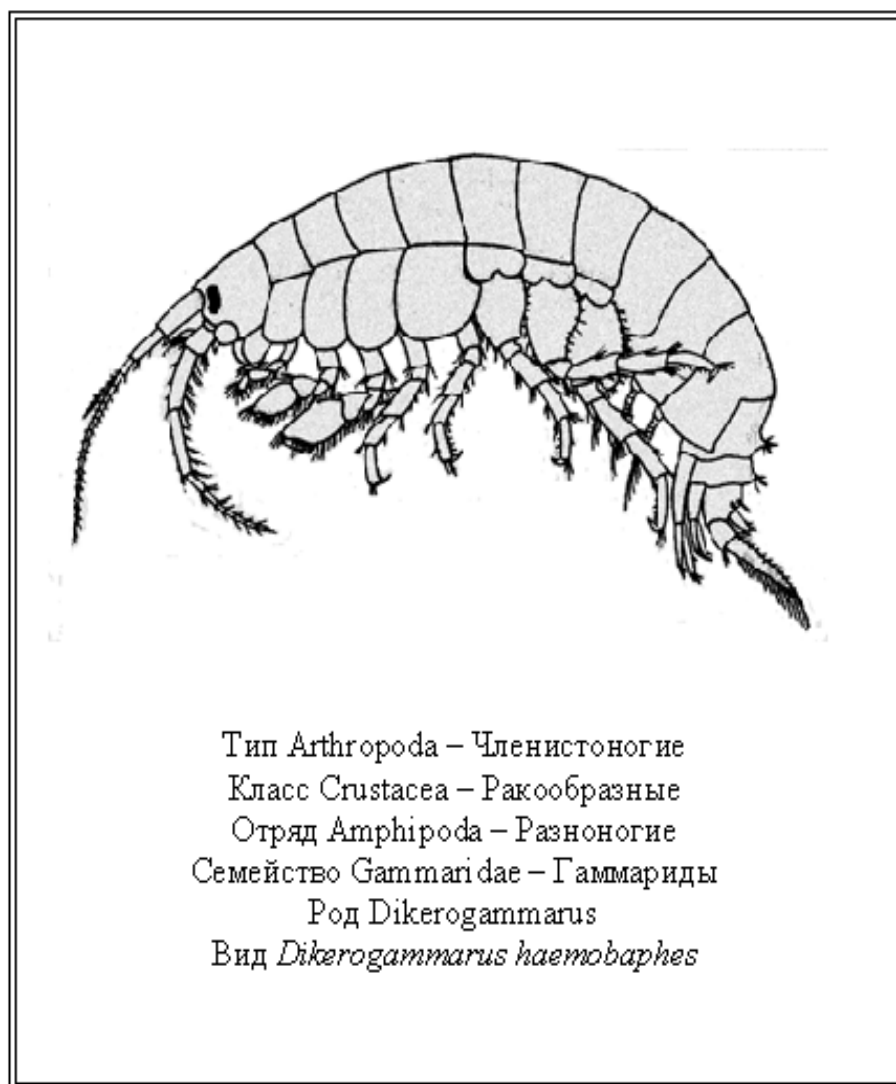


Рис. 4. Пример оформления рисунка

6. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Студенты в составе отдельных групп выполняют научную работу по различным водоемам и экологическим группам по выбору. Они готовят научный отчет, содержащий следующие разделы:

- Титульный лист.
- «Введение».
- «Материал и методика».
- «Результаты исследования и их обсуждение».
- «Заключение» или «Выводы».
- «Список использованной литературы».

Отчет подлежит защите на итоговом занятии.

Во «Введение» обосновывают актуальность, степень изученности и формулируют цель и задачи исследования.

В разделе «Материал и методика» описывают водоем, место отбора проб. Дают описание полученного материала исследования, где он был собран, условия, орудие и методы его сбора. Описывают методы камеральной обработки материала в лаборатории, а также указывают, какие определители были использованы.

В «Результатах исследования» приводят таблицу обнаруженных видов (таксонов), их количественные показатели (как абсолютные, так и относительные значения). Затем определяют сапробность и класс качества воды изучаемого участка водоема, где был собран материал. Для определения сапробности используется индекс Пантле и Букка (в модификации Сладечека, *S*), оценки качества воды – индекс Вудивисса.

Индекс сапробности (от греческого *sapros* – гнилой) по Р. Пантле и Г. Букку (в модификации Сладечека) один из наиболее популярных индексов в гидробиологии. Он основан на учете комплекса физиологических свойств данного организма, обуславливающих его способность жить в воде с тем или иным содержанием органических веществ, с той или иной степенью загрязненности. Первоначально Р. Кольквитц и М. Марссон (1902) выделяли 4 основные зоны сапробности:

- *олигосапробная зона* представлена, например, практически чистыми водами больших озер; где цветения не бывает, содержание кислорода и углекислоты постоянно. На дне их мало детрита, автотрофных организмов и бентосных животных (червей, моллюсков, личинок хирономид). Встречаются некоторые виды водорослей, коловратка *Notholca*

longispina, ветвистоусые рачки *Daphnia longispina* и *Bythotrephes longimanus*, личинки поденок, веснянок и рыбы (гольян и форель).

- *β-мезосапробная зона* – процессы самоочищения протекают менее интенсивно, чем в *α-мезосапробных*. В них доминируют окислительные процессы, нередко наблюдается перенасыщенные кислородом, преобладают такие продукты минерализации белков, как аммонийные соединения, нитраты и нитриты. В этих водах разнообразно представлены животные и растительные организмы (диатомовые, сине-зеленые и зеленые). Наблюдается цветение воды, так как сильно развит фитопланктон. Встречаются роголистник *Ceratophyllum demersum*, диатомовые, зеленые водоросли (*Cosmarium*, *Spirogira crassa*, *Cladophora*) ракообразные и рыбы. Много корненожек, солнечников, червей, моллюсков, личинок хирономид, появляются мшанки.

- *α-мезосапробная зона* – активно протекают окислительно-восстановительные процессы, происходит аэробный распад органических веществ, образуется аммиак, углекислота. Кислорода мало, но сероводорода и метана нет. Железо находится в окисной и закисной формах. Ил серого цвета и в нем содержатся организмы, приспособленные к недостатку кислорода и высокому содержанию углекислоты. Отдельные организмы развиваются в массе: бактериальные зооглеи, нитчатые бактерии, грибы, водоросли (осциллятории, стигеоклониум, хламидомонас, эвглена). Встречаются в массе сидячие инфузории, жгутиковые, коловратки (*Brachionus*). В илах много малощетинковых червей тубифицид и личинок хирономид.

- *полисапробная зона* – наблюдается дефицит кислорода: он поступает в поверхностный слой только за счет атмосферной аэрации и полностью расходуется на окисление. В воде содержится значительное количество нестойких органических веществ и продуктов их анаэробного распада, в основном, белкового происхождения, а также сероводород и метан. Процессы фотосинтеза угнетены. На дне кислорода нет, много детрита и идут восстановительные процессы, железо присутствует в форме FeS, ил черный с запахом сероводорода. Очень много сапрофитной микрофлоры; гетеротрофных организмов: нитчатые, серные бактерии, бактериальные зооглеи (*Zoogloea ramigera*), инфузории (*Paramecium putrinum*, *Vorticella putrina*), бесцветных жгутиковых, олигохет *Tubifex tubifex* (Шитиков и др., 2003).

Оценка сапробности. Для количественной оценки способности гидробионта обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ было введено некоторое условное численное значение – *индикаторная значимость* s_i . Для каждой гидробиологической пробы вычисляют средневзвешенный индекс сапробности по всем видам по формуле:

$$S = \sum(s_i h) / \sum h,$$

где s_i – индикаторная значимость вида i , h_i – его относительная численность (<http://www.cnshb.ru/>).

Значения s_i берутся из книги R. Wegl (1983), или из других источников. Баллы (h) вычисляют по табл. 2, по значению относительного обилия (h_i , %).

Таблица 2. Соотношение значений относительного обилия и частоты встречаемости

Встречаемость	h_i , %	h , баллы
Очень редко	< 1	1
Редко	2–3	2
Нередко	4–10	3
Часто	10–20	5
Очень часто	20–40	7
масса	40–100	9

Для статистической достоверности результатов исследований необходимо, чтобы в пробе содержалось не менее 12 индикаторных видов с общей суммой частоты встречаемости (h), равной 30.

Индекс сапробности (S) вычисляют с точностью до одной сотой. Для олигосапробной зоны он находится в пределах 0.51–1.50; β-мезосапробной – 1.51–2.50; α-мезосапробной – 2.51–3.50; полисапробной – 3.51–4.00 (Руководство ..., 1983).

Биотический индекс Вудивисса (индекс реки Трент) был разработан в 1977 г. для р. Трент (Англия). Он один из наиболее надежных и широко используемых в мире методов биологической оценки качества воды. Однако этот метод оценки пригоден лишь для рек умеренного пояса и для мелководных участков стоячих водоемов. Пробы, собранные с помощью дночерпателей с глубоких частей озер и водохранилищ, не пригодны для оценки этим методом. Относительная трудоемкость и сложность работы с его помощью окупается высокой достоверностью получаемых результатов. Индекс учитывает сразу два параметра бентосного сообщества: общее

разнообразие беспозвоночных и наличие в водоеме организмов, принадлежащих к «индикаторным» группам. В эти группы объединены животные, характеризующиеся определенной степенью сапробности (табл. 3).

Таблица 3. Биотический индекс Вудивисса

Показательные организмы	Видовое разнообразие	Число «групп» в пробе				
		0–1	2–5	6–10	11–15	16 и более
Личинки веснянок	Более 1 вида	–	7	8	9	10
	Только 1 вид	–	6	7	8	9
Личинки поденок	Более 1 вида*	–	6	7	8	9
	Только 1 вид*	–	5	6	7	8
Личинки ручейников	Более 1 вида**	–	5	6	7	8
	Только 1 вид**	–	4	5	6	7
Гаммарусы		3	4	5	6	7
<i>Asellus aquaticus</i>		2	3	4	5	6
<i>Tubificidae</i> и личинки <i>Chironomus</i>		1	2	3	4	–
Все вышеназванные группы отсутствуют		0	1	2	–	–

* – кроме вида *Baetis rhodani*; ** – включая *Baetis rhodani*

Чтобы оценить состояние водоема по индексу Вудивисса, следует:

1. Выяснить, какие индикаторные (показательные) группы имеются в исследуемом водоеме. Поиск начинают с наиболее чувствительных к загрязнению индикаторных групп: веснянок, затем поденок, ручейников и т.д. Если в исследуемом водоеме имеются нимфы веснянок (Plecoptera) – самые «чуткие» организмы, то дальнейшая работа ведется по первой или второй строке таблицы. По первой – если найдено несколько видов веснянок, и по второй – если найден только один. Если нимф веснянок в пробах нет, то ищут нимф поденок (Ephemeroptera) – это следующая по чувствительности индикаторная группа. Если они найдены, переходят к третьей или четвертой строкам таблицы (опять же по количеству найденных видов) и т.д.

2. Затем необходимо оценить общее разнообразие бентосных организмов. Методика не требует определения всех пойманных животных с точностью до вида (это бывает трудно сделать даже профессионалу). Достаточно определить количество обнаруженных в пробах «групп» бентосных организмов. За «группу» в данном случае принимается любой вид. Определив

количество обнаруженных в пробе групп, находим соответствующий столбец в таблице.

3. На пересечении строки и столбца по специальной таблице находят значение индекса. Состояние водоема определяется так: 0–2 балла – очень сильное загрязнение (5–7 класс качества), водное сообщество находится в сильно угнетенном состоянии; 3–5 баллов – значительное загрязнение (4–5 класс качества); 6–7 баллов – незначительное загрязнение водоема (3 класс качества); 8–10 баллов и выше – чистые реки (1–2 класс качества).

Согласно биотическому индексу Вудивисса, по мере повышения уровня загрязненности вод происходит изменение видовой структуры бентосных организмов. Вследствие, чего происходит гибель индикаторных организмов, выше предела их толерантности (Руководство ..., 1983; <http://www.abitu.ru/>; <http://www.rae.ru/>).

В разделе «Заключение» или «Выводы» дают оценку качества вод. *Качество вод* – степень соответствия показателей качества вод потребностям людей и/или технологическим требованиям (Реймерс, 1990). Класс определяется с помощью классификатора качества вод Росгидромета на основе полученных индексов для разных групп гидробионтов, суммируя оценки по 6–бальной шкале, которая приведена в табл. 4 (Руководство ..., 1983).

Таблица 4. Классификация качества вод по гидробиологическим показателям

Класс качества воды	Степень загрязненности вод	Индекс сапробности по Пантле и Букку (в модификации Сладечека)	Биотический индекс по Вудивиссу
1	Очень чистые	< 1.00	10
2	Чистые	1.00–1.50	7–9
3	Умеренно загрязненные	1.51–2.50	5–6
4	Загрязненные	2.51–3.50	4
5	Грязные	3.51–4.00	2–3
6	Очень грязные	> 4.00	0–1

В разделе «Список использованной литературы» приводят все использованные в данной работе книги и определители в алфавитном порядке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Константинов А.С. Общая гидробиология: Учеб. для студентов биол. спец. Вузов. – 4-е изд., перепаб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 472 с.: ил.

Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). Издание второе. – Казань: Изд-во «Идель-Пресс», 2006. – 832 с.

Куйбышевское водохранилище. Л.: Наука, 1983. – 214 с.

Куйбышевское водохранилище: научно-информационный справочник // Под ред. Г.С. Розенберга, Л.А. Выхристюк. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2008. – 123 с.

Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. – Л.: Госкомгидромет, 1983. – 239 с.

Салазкин А.А., Огородникова В.А. Методические рекомендации по сбору обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. – Л.: Промрыбвод, 1984. – 20 с.

Степанова Н.Ю., Латыпова В.З., Яковлев В.А. Экология Куйбышевского водохранилища: донные отложения, бентос и бентосоядные рыбы. – Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2004. – 228 с.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

Экологические проблемы малых рек Республики Татарстан (на примере Меши, Казанки и Свияги). – Казань: Изд-во «Фэн», 2003. – 289 с.

Экология города Казани. – Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2005. – 576 с.

Яковлев В.А. Охраняемые водные беспозвоночные Республики Татарстан. – Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2010. – 140 с.

Яковлева А.В. Фауна и экология инвазионных видов в донных сообществах верхних плесов Куйбышевского водохранилища: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2010. – 24 с.

Яковлева А.В., Яковлев В.А. Экология водных экосистем (Часть 2: Охраняемые виды водных организмов Республики Татарстан): Учебно-методическое пособие к летней учебно-полевой практике / Яковлева А.В., Яковлев В.А. – Казань: Казанский университет, 2011. – 34 с.

Wegl R. Index fur Limnosaprobitat // J. Wasser und Abwasser. 1983. Vol. 26. – 175 s.