

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»

**О. В. Ковалева**

# **ГИДРОЭКОЛОГИЯ**

## **Структура и функционирование гидроэкосистем**

Практическое пособие  
для студентов специальности  
1–33 01 02 «Геоэкология»

Гомель  
ГГУ им. Ф. Скорины  
2017

УДК 574.5:502.51(076)  
ББК 28.082я73  
К56

Рецензенты:  
кандидат технических наук В. Л. Грузинова;  
кандидат биологических наук Т. А. Тимофеева

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
учреждения образования «Гомельский государственный  
университет имени Франциска Скорины»

**Ковалева, О. В.**

К56 Гидроэкология. Структура и функционирование гидро-  
экосистем : практическое пособие / О. В. Ковалева ; М-во  
образования Республики Беларусь, Гомельский гос. ун-т  
им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. – 44 с.  
ISBN 978-985-577-264-5

В практическом пособии представлен материал для проведения  
практических занятий по дисциплине «Гидроэкология». Практическое пособие  
включает задания по основным разделам современной гидроэкологии. В нем  
приведены различные задания, в том числе в виде таблиц, схем, задач.

Издание предназначено для студентов специальности 1–33 01 02  
«Геоэкология».

**УДК 574.5:502.51(076)**  
**ББК 28.082я73**

**ISBN 978-985-577-264-5**

© Ковалева О. В., 2017  
© Учреждение образования «Гомельский  
государственный университет  
имени Франциска Скорины, 2017

# Оглавление

Предисловие .....	4
<i>Занятие 1.</i> Экологические группы гидробионтов: планктон .....	5
<i>Занятие 2.</i> Экологические группы гидробионтов: нектон .....	10
<i>Занятие 3.</i> Экологические группы гидробионтов: плейстон и нейстон .....	13
<i>Занятие 4.</i> Экологические группы гидробионтов: бентос и перифитон .....	20
<i>Занятие 5.</i> Водоросли фитопланктона, знакомство с представителями .....	27
<i>Занятие 6.</i> Знакомство с представителями зоопланктона.....	33
<i>Занятие 7.</i> Структура гидробиоценозов .....	35
<i>Занятие 8.</i> Антропогенное воздействие на гидросферу.....	39
<i>Занятие 9.</i> Оценка качества воды водоема по гидробиологическим показателям .....	48
Литература .....	44

## Предисловие

Начало 21 века характеризуется всевозрастающим антропогенным воздействием на окружающую среду, обусловленным ростом численности населения, интенсификацией сельского хозяйства и промышленности. Водные ресурсы планеты в результате такого воздействия претерпевают глубокие и зачастую необратимые изменения.

Изучением водных экосистем, их структуры и закономерностей функционирования, включая взаимодействие между водной средой и обитающими в ней организмами, занимается раздел экологии, который называется гидроэкологией.

Познание механизмов функционирования водных экосистем служит основой для решения многих практических задач, связанных с повышением продуктивности водоемов, улучшением качества воды, проведением водоохраных мероприятий, так как вода является одним из факторов, определяющих состояние окружающей среды, социальную сферу и экономику.

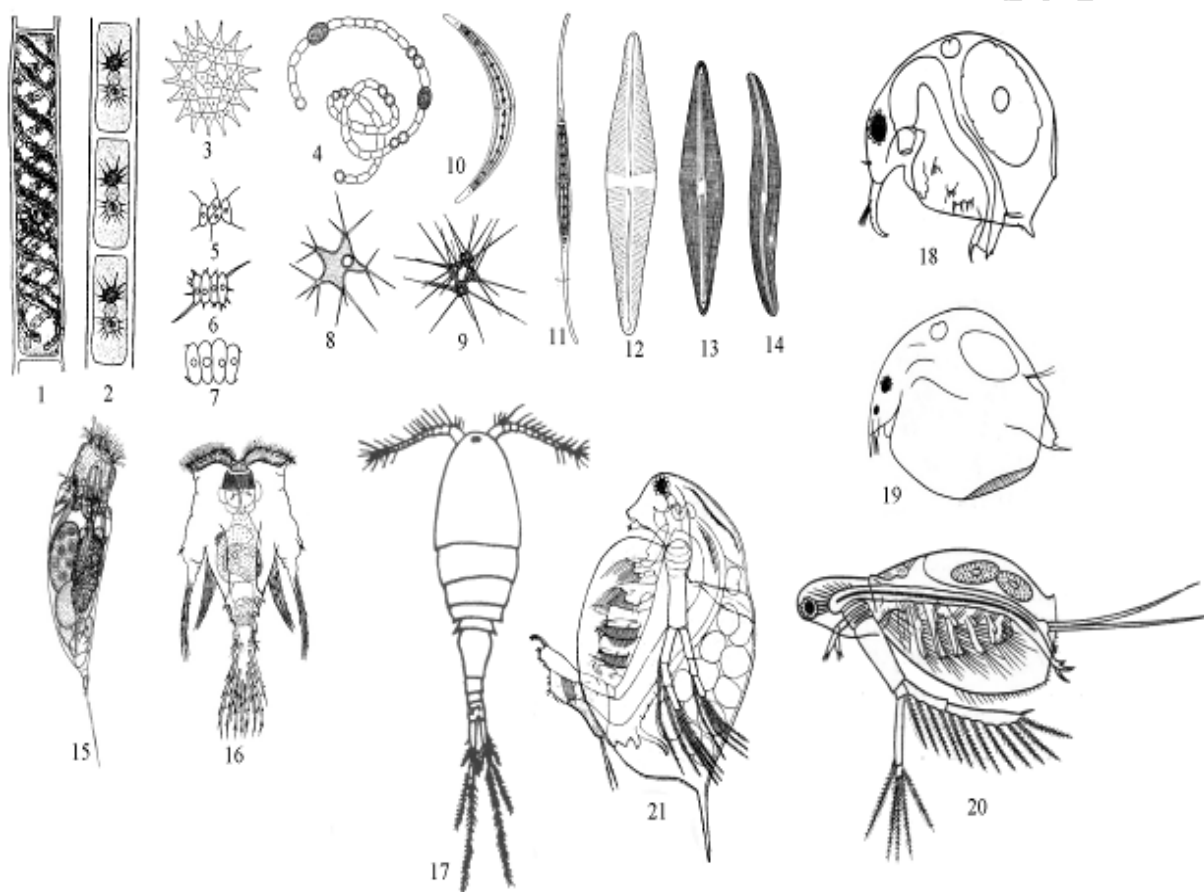
Гидроэкология является молодой и современной экологической дисциплиной, что обуславливает необходимость издания различных учебных пособий, руководств, которые способствовали бы доведению до студентов современных экологических знаний. Однако учебных пособий по водной экологии, или гидроэкологии, в Беларуси недостаточно.

Данное пособие включает задания для практических занятий, которые разработаны с учетом детального изучения студентами основных групп водных растений и животных, их роли в экосистемах. С целью более глубокого усвоения материала к каждому практическому занятию приводятся тематика рефератов и вопросы для самоконтроля.

Издание адресовано студентам специальности 1–33 01 02 «Геоэкология».

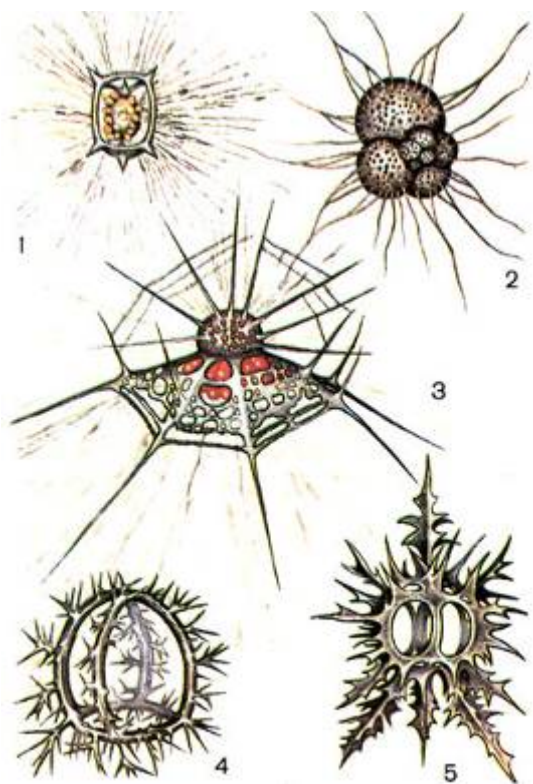
# Занятие 1. Экологические группы гидробионтов: ПЛАНКТОН

**Задание 1.1.** По предлагаемой учебной литературе и рисункам 1–2 ознакомьтесь с представителями планктона. Разберите понятия: фитопланктон, зоопланктон, бактериопланктон, ультрапланктон, наннопланктон, микропланктон, мезопланктон, макропланктон, мегалопланктон, пассивное движение.



- 1 – *Spirogyra* sp.; 2 – *Zygnema* sp.; 3 – *Pediastrum clathratum*;  
4 – *Anabaenopsis elenkinii*; 5 – *Scenedesmus intermedius*; 6 – *S. gutwinskii*;  
7 – *S. microspina*; 8 – *Micractinium pusillum*; 9 – *Polyedroloopsis spinulosa*;  
10 – *Closterium archerianum*; 11 – *Cl. kützingii*; 12 – *Stauroneis phoenicentron*;  
13 – *Frustulia rhomboides*; 14 – *Gyrosigma acuminatum*;  
15 – *Trichocerca capucina*; 16 – *Hexarthra mira*; 17 – *Macrocyclus* sp.;  
18 – *Bosmina longirostris*; 19 – *Chydorus sphaericus*;  
20 – *Diaphanosoma brachyurum*; 21 – *Daphnia magna*.

Рисунок 1 – Представители озеро-прудового планктона



А



Б



В

А – микропланктон: 1 – радиолярия с симбиотическими водорослями;  
 2 – фораминифера; 3 – радиолярия; 4, 5 – скелеты радиолярий;  
 Б – макропланктон; В – мегалопланктон

Рисунок 2 – Размерные группы планктона

**Задание 1.2.** Заполните предлагаемые таблицы 1–2.

Таблица 1 – Приспособления планктонных организмов к обитанию в толще воды

Приспособления	Примеры
Обводнение тела	
Редукция скелетных образований	
Жировые включения	
Газовые включения	
Увеличение сопротивления формы, в том числе:	
– удлинение одной оси	
– удлинение двух осей	
– образование выростов	

Таблица 2 – Приуроченность планктонных организмов к различным местообитаниям

Группы планктона	Примеры
Океанический	
Морской	
Озерный	
Речной	
Прудовой	
Планктон болот	
Планктон луж	
Пелагический	
Придонный	

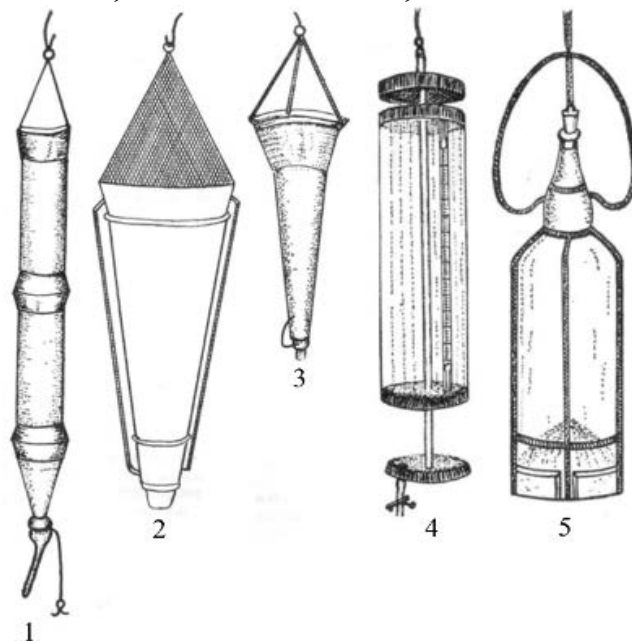
**Задание 1.3.** По учебной литературе и рисунку 2 ознакомьтесь с методами и приборами сбора планктона. Заполните предлагаемую таблицу 3.

Таблица 3 – Приборы сбора планктона

Метод	Приборы
<i>Сетью</i> , в том числе:	
– с помощью качественных сетей	
– с помощью количественных сетей	
– вертикальный лов	
<i>Зачерпывания воды</i>	

**Задание 1.4.** Объясните следующие термины: пелагиаль, пелагические организмы, голопланктон, меропланктон, талассопланктон, лимно-

планктон, гелеопланктон, потамопланктон, ихтиопланктон, криопланктон.



1 – цилиндрическая сеть «цеппелин»; 2 – сеть Берджа; 3 – сеть Апштейна; 4 – батометр Рутнера; 5 – сосуд Мейера (опускается в воду в закрытом виде)

Рисунок 2 – Приборы для взятия планктонных проб

## Тематика рефератов

- 1 Планктон озер.
- 2 Планктон рек.
- 3 Планктон морей.
- 4 Методы сбора планктона.
- 5 Методы определения планктона.

## Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризуйте размерные группы планктона.
- 2 Назовите основные приспособления планктонных организмов к парению в воде.
- 3 Какие группы планктона являются конвергентными?
- 4 Перечислите адаптации к снижению остаточного веса у организмов планктона.
- 5 Перечислите адаптации к повышению трения о воду у организмов планктона.



6 Назовите различия в конструкции качественных и количественных планктонных сетей.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

## Занятие 2. Экологические группы гидробионтов: нектон

**Задание 2.1.** По предлагаемой учебной литературе и рисунку 3 ознакомьтесь с представителями нектона. Разберите понятия: положительная плавучесть, отрицательная плавучесть, активное движение, миграции.



А



Б



В

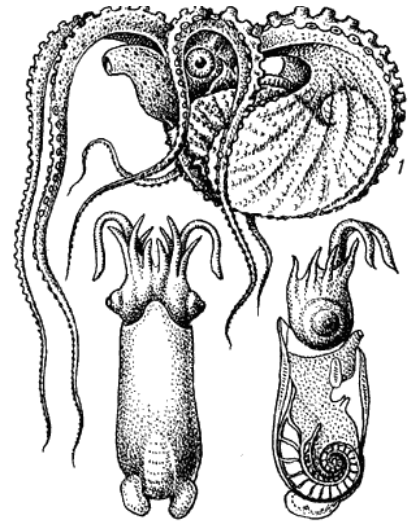
Рисунок 3 (начало) – Представители nekтона

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ



Г

Рисунок 3 (продолжение)



Д

Е

А – акулы; Б – горбатый кит; В – касатка;  
 Г – ластоногие: 1 – морской заяц; 2 – тевяк; 3 – обыкновенный тюлень;  
 4 – кольчатая нерпа; 5 – белобрюхий тюлень; 6 – крылатка;  
 7 – хохляч (самец); 8 – хохляч (самка); 9 – тюлень Уэдделла;  
 10 – тюлень-крабоед; 11 – морской леопард; 12 – южный сивуч;  
 13 – морской лев; 14 – морж; 15 – морской слон;  
 Д – дельфины; Е – головоногие моллюски: 1 – аргонавт; 2 – спирула;

Рисунок 3 (окончание)

**Задание 2.2.** Заполните предлагаемую таблицу 4.

Таблица 4 – Приспособления nekтонных организмов к обитанию в толще воды

Приспособления	Примеры организмов
Обтекаемая форма тела	
Выделение слизи	
Окраска тела	
Развитые двигательные органы	
Приспособления для повышения плавучести, в том числе:	
– плавательный пузырь	
– скопления жира в тканях	
Способы передвижения, в том числе:	
– с помощью плавников	
– изгибание тела	

**Задание 2.3.** Объясните следующие термины: вертикальные, горизонтальные, анадромные, катадромные, кормовые, нерестовые, зимовальные миграции, реореакция.

## Тематика рефератов

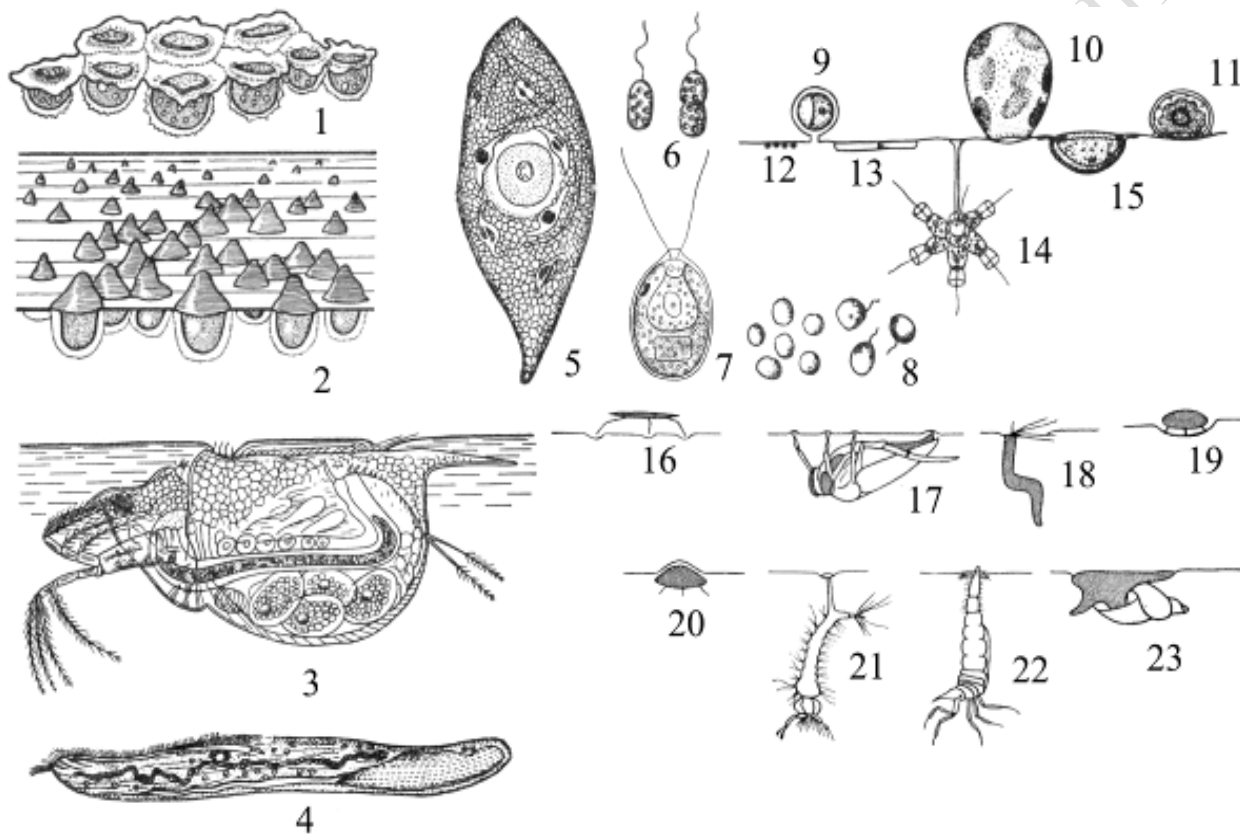
- 1 Нектон озер.
- 2 Нектон рек.
- 3 Нектон морей.
- 4 Нектон водохранилищ.

## Вопросы для самоконтроля

- 1 Что понимается под термином «плавучесть»?
- 2 Назовите приспособления организмов нектона с отрицательной плавучестью.
- 3 Назовите приспособления организмов нектона с положительной плавучестью.
- 4 Какое биологическое значение имеют вертикальные миграции?
- 5 В каких водах, по вашему мнению, резче выражены вертикальные миграции – в арктических или субарктических? Ответ поясните.
- 6 Какие формы – пигментированные или прозрачные – наиболее часто мигрируют? Ответ поясните.
- 7 В какой форме чаще всего проявляется активное движение у нектонных организмов? Какие еще формы активного движения присутствуют у них?

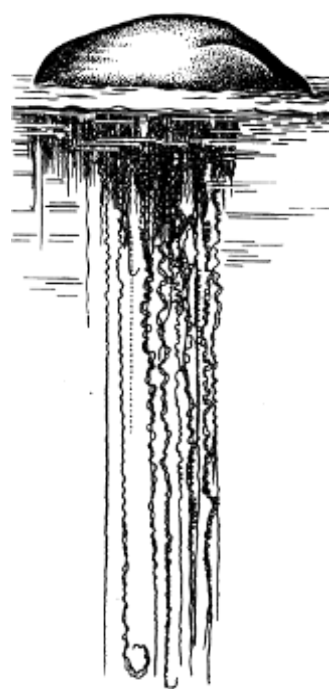
## Занятие 3. Экологические группы гидробионтов: плейстон и нейстон

**Задание 3.1.** По предлагаемой учебной литературе и рисункам 4–6 ознакомьтесь с представителями нейстона и плейстона. Разберите понятия: нейсталь, эпинейстон, гипонейстон, пленка натяжения, удельный вес, плейстонты, фитоплейстон, зооплейстон.

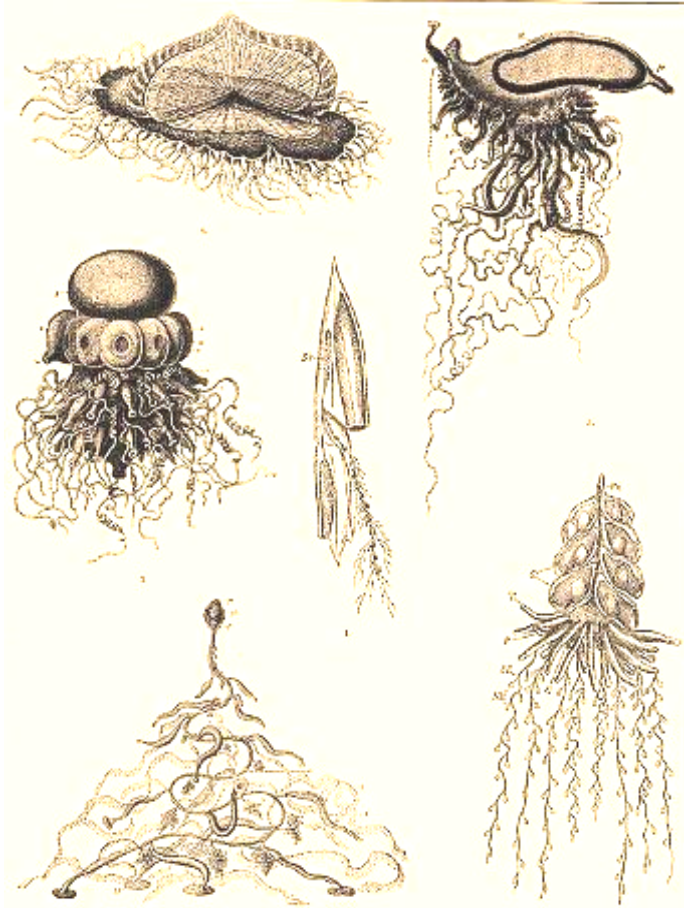


- 1 – парашюты *Kremastochrysis pendens* с висящими под ними водорослями;  
 2 – парашюты *Kremastochloris* sp.; 3 – *Scapholeberis mucronata*;  
 4 – *Spirostomum ambiguum*; 5 – *Euglena sanguinea*; 6 – *Chromatium* sp.;  
 7 – *Chlamydomonas* sp.; 8 – *Chromulina rosanoffi*; 9 – *Chromulina*  
 (хризомонады); 10 – *Botrydiopsis* (разножгутиковые); 11 – *Nautococcus*  
 (протококковые); 12 – *Lampropedia* (бактерии); 13 – *Navicula* (диатомеи);  
 14 – *Codonosiga* (жгутиковые); 15 – *Arcella* (корненожки);  
 16 – *Hydrometra*; 17 – *Notonecta*; 18 – личинка *Stratiomis*; 19 – *Gyrinus*;  
 20 – *Hydrophilidae*; 21 – личинка *Culex*; 22 – личинка *Dytiscus*; 23 – *Limnea*

Рисунок 4 – Представители нейстона и плейстона



1



2



3

1 – физалия; 2 – сифонофоры; 3 – саргассовые водоросли

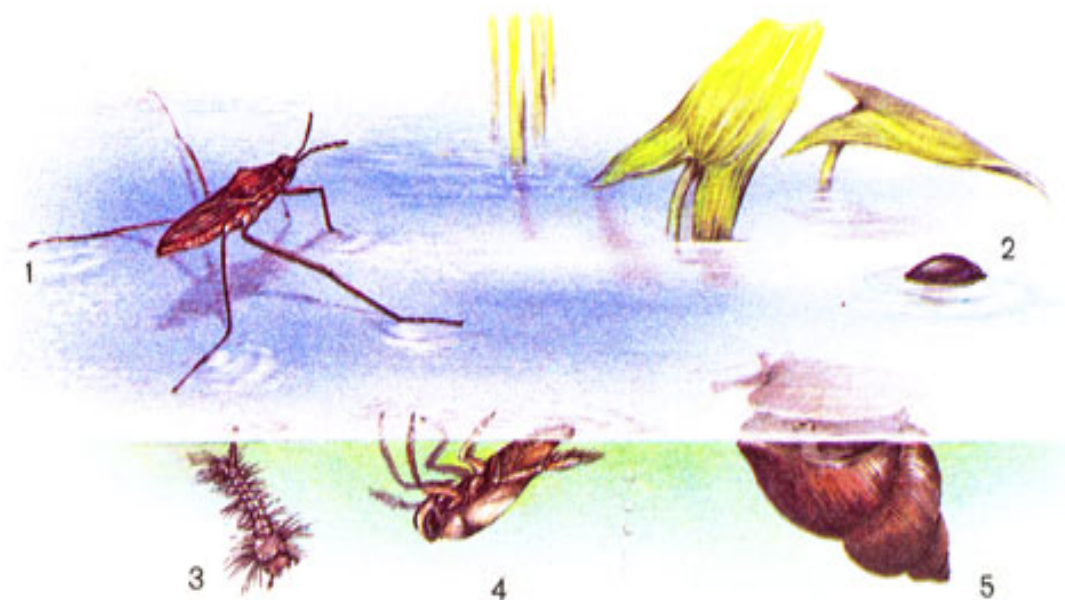
Рисунок 5 – Представители плейстона



РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ



А



Б

А – фото клопа-водомерки;  
Б – рисунки: 1 – клоп-водомерка; 2 – жук-вертячка; 3 – личинка комара;  
4 – клоп-гладыш; 5 – прудовик

Рисунок 6 – Представители нейстона

**Задание 3.2.** Заполните предлагаемую таблицу 5.

Таблица 5 – Приспособления организмов плейстона и нейстона

Приспособления	Примеры организмов
Газовые камеры	
Выделение пенистых поплавок	
Опора на поверхностную пленку воды	
Прозрачность покровов	
Несмачиваемость покровов	
Защитная окраска	
Способность добывать пищу из воды и воздуха	

**Задание 3.3.** Объясните следующие термины: эвгипонейстонные, мерогипонейстонные и тихогипонейстонные формы, ихтионейстон.

### Тематика рефератов

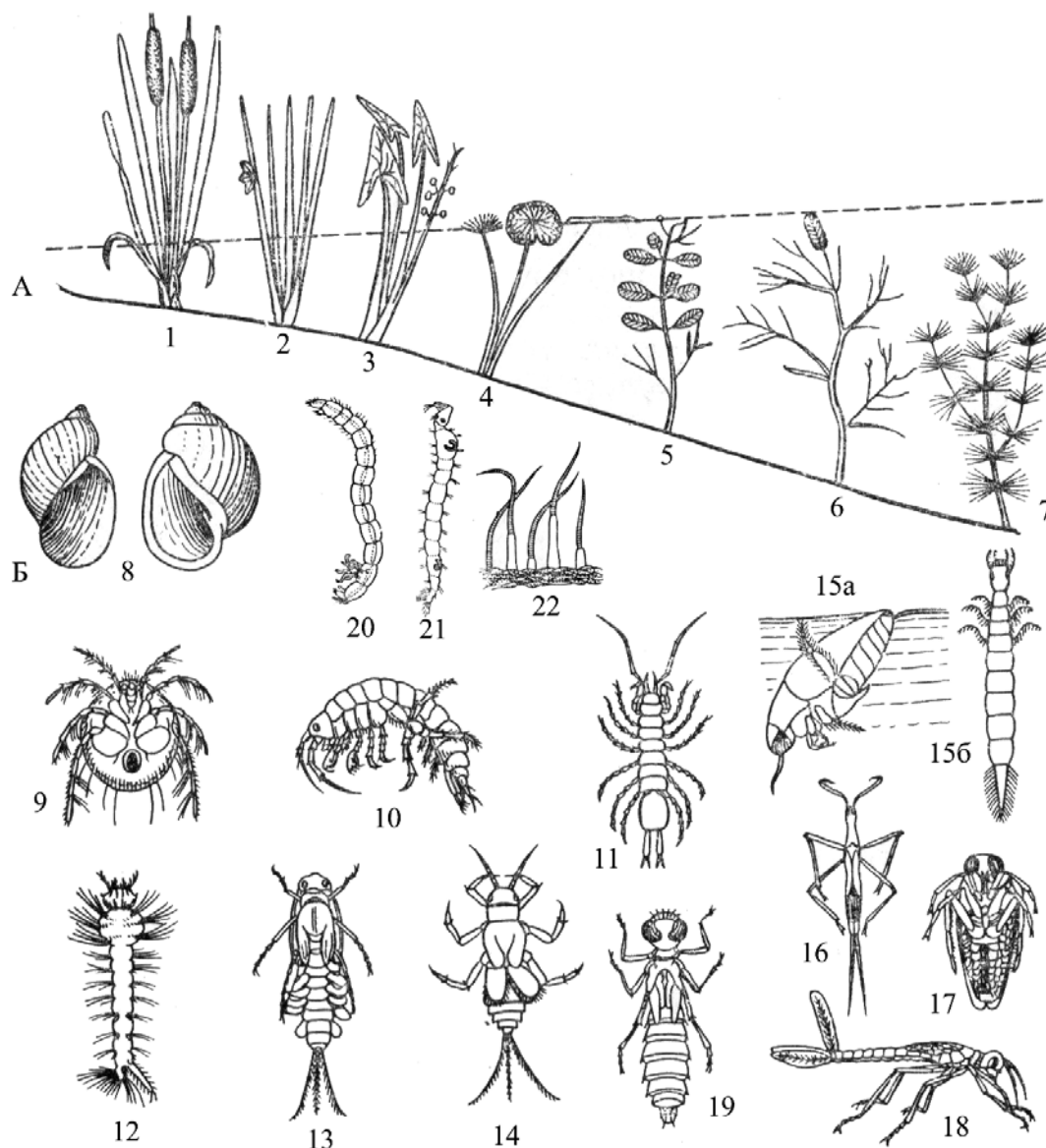
- 1 Плейстон морей.
- 2 Нейстон морей.
- 3 Гипонейстон континентальных водоемов.
- 4 Эпинейстон континентальных водоемов.

### Вопросы для самоконтроля

- 1 Назовите черты сходства организмов плейстона и нейстона.
- 2 Назовите черты различия организмов плейстона и нейстона.
- 3 Может ли ряска быть отнесена к плейстону? Ответ поясните.
- 4 Можно ли сказать, что нейстон представляет собой разновидность планктона? Ответ поясните.
- 5 В гипонейстоне преобладают автотрофные или гетеротрофные организмы? Ответ поясните.
- 6 Двойственность адаптаций характерна для организмов плейстона или нейстона. Ответ поясните.

## Занятие 4. Экологические группы гидробионтов: бентос и перифитон

**Задание 4.1.** По предлагаемой учебной литературе и рисункам 7–8 ознакомьтесь с представителями бентоса. Разберите понятия: бенталь, фитобентос, зообентос, макробентос, мезобентос, микробентос.



А – фитобентос; Б – зообентос: 1 – *Typha*, 2 – *Scirpus*, 3 – *Sagittaria*,  
4 – *Nimphaea*, 5,6 – *Potamogeton*, 7 – *Chara*, 8 – *Limnaea*, *Physa*,  
9 – *Hydracarina*, 10 – *Gammarus*, 11 – *Asellus*, 12 – *Culex pipiens*,  
13 – *Cloëon*, 14 – *Caenis*, 15 – *Dytiscus* (а – имаго, б – личинка),  
16 – *Ranatra*, 17 – *Notonecta*, 18 – *Lestes*, 19 – *Aeschna*,  
20 – *Chironomus*, 21 – *Chaoborus*. 22 – *Tubifex*

Рисунок 7 – Представители озерно-прудового бентоса

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ



- 1 – строящие рифы; 2 – краб *Carcinus*; 3 – морская звезда *Asterias*;  
 4 – скат; 5 – камбала; 6 – хитон (*Chiton*); 7 – морской желудь (*Balanus*);  
 8 – устрицы; 9 – морской гребешок (*Pecten*); 10 – асцидия *Phallusia*;  
 11 – морское блюдечко (*Patella*); 12 – моллюск *Pholas*;  
 13 – стеклянная губка *Euplectella*; 14 – трубчатый червь *Spirografis*;  
 15 – ланцетник; 16 – моллюск *Mya*; 17 – гидроид *Tabularia*;  
 18 – морская лилия

Рисунок 8 – Представители морского бентоса

**Задание 4.2.** Заполните предлагаемые таблицы 6–9.

Таблица 6 – Приспособления организмов к донному образу жизни

Приспособления	Примеры
Защита от засыпания	
Защита от перемещений грунта и ударов волн	
Временный переход к планктонному образу жизни	
Противостояние сносу, в том числе:	
– повышение удельного веса	
– прикрепление к субстрату	
– заглубление в субстрат	
– уплощение тела	
– образование выростов	
– построение домиков	

Таблица 7 – Группы бентосных организмов

Группы организмов	Примеры
Прикрепленные	
Сверлящие	
Закапывающиеся в грунт	
Лежачие	
Свободно передвигающиеся по дну	
Медленно передвигающиеся	
Роющиеся в грунте	

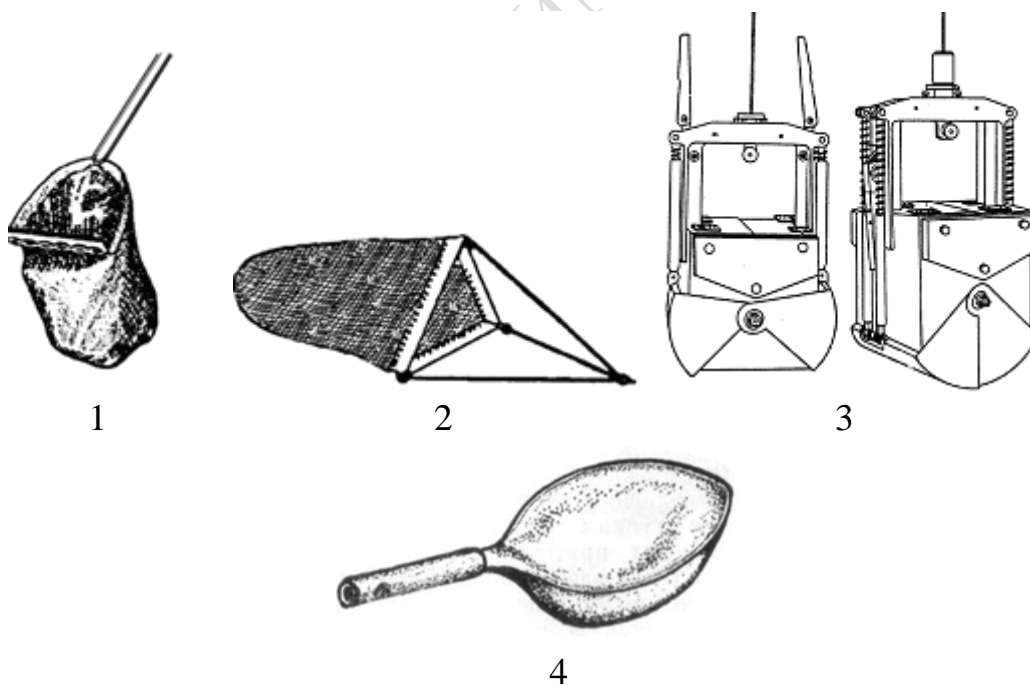
Таблица 8 – Приуроченность бентосных организмов к различным типам грунта

Группы организмов	Примеры
Пелофильные	
Псаммофильные	
Литофильные	
Аргиллофильные	
Фитофильные	

Таблица 9 – Классификация организмов бентоса по различным признакам

Классификация		Представители
По систематическому положению	Фитобентос	
	Зообентос	
По образу жизни	Подвижные	
	Мало подвижные	
	Неподвижные	
По способу питания	Фотосинтезирующие	
	Растительоядные	
	Плотоядные	
	Детритоядные	
По размерам	Макробентос	
	Мезобентос	
	Микробентос	

**Задание 4.3.** По учебной литературе и рисунку 9 изучите методы и приборы сбора бентоса планктона. Заполните предлагаемую таблицу 10.



1 – скребок; 2 – закидная треугольная драга;  
 3 – дночерпатель Экмана-Берджа в раскрытом и закрытом виде;  
 4 – ложка

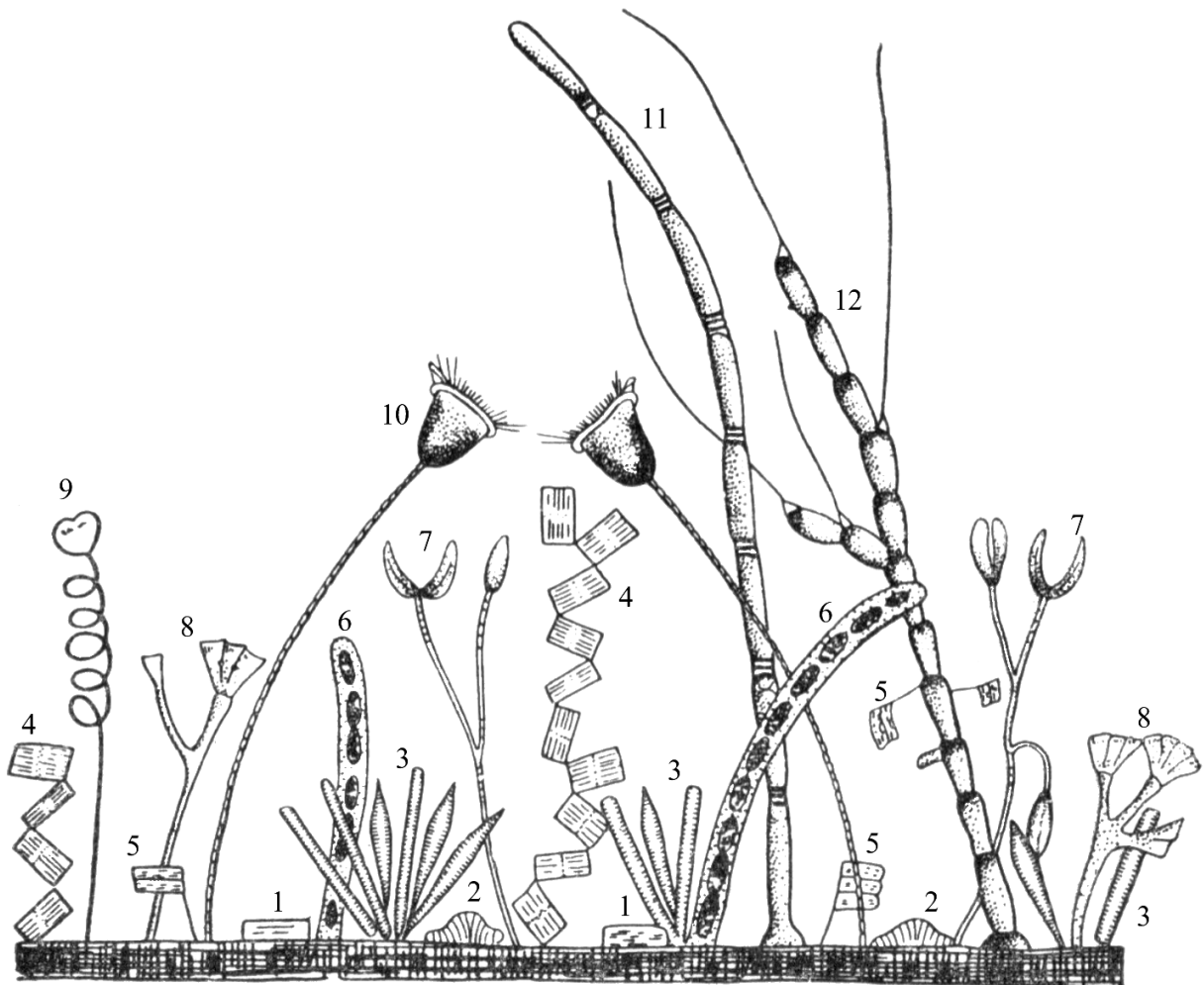
Рисунок 9 – Приборы для сбора организмов бентоса



Таблица 10 – Приборы для сбора бентоса

Метод	Приборы
Качественный сбор	
Количественный сбор, в том числе:	
– фитобентоса	
– зообентоса	

**Задание 4.4.** По предлагаемой учебной литературе и рисунку 10 ознакомьтесь с представителями перифитона. Разберите понятия: перифитонты, обрастания, губки, мшанки.



Диатомовые: 1 – *Cocconeis*, 2 – *Epithemia*, 3 – *Synedra*, 4 – *Tabellaria*, 5 – *Achnanthes*, 6–7 – *Symbella*, в слизистой трубке и на ножке, 8 – *Gomphonema*, колония. Инфузории: 9–10 – *Vorticella*, сократившиеся и расправленные; улотриковые: 11 – *Oedogonium*; 12 – *Bulbochaete*

Рисунок 10 – Представители перифитона (на листе урути)

**Задание 4.5.** Объясните следующие термины: псаммон, вагильные, сессильные и седентарные формы, пелагобентос, сачок, скребок, драга, трал, дночерпатель, макрофиты, пробные площадки, учетные площадки.

## **Тематика рефератов**

- 1 Бентос озер.
- 2 Бентос рек.
- 3 Бентос болот.
- 4 Бентос прудов.
- 5 Бентос водохранилищ.
- 6 Бентос морей.
- 7 Промысловые беспозвоночные бентоса.

## **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Охарактеризуйте условия жизни в супралиторали.
- 2 Охарактеризуйте условия жизни в литорали.
- 3 Охарактеризуйте условия жизни в сублиторали.
- 4 Назовите приспособления донных беспозвоночных к обитанию при сильном течении.
- 5 Назовите характерных представителей бентоса озер.
- 6 Назовите характерных представителей бентоса рек.
- 7 Назовите характерных представителей бентоса прудов.
- 8 Назовите характерных представителей бентоса водохранилищ.
- 9 Назовите характерных представителей бентоса морей.
- 10 Назовите приборы для качественных сборов бентоса.
- 11 Назовите приборы для количественных сборов фитобентоса.
- 12 Назовите приборы для количественных сборов зообентоса.

## Занятие 5. Водоросли фитопланктона, знакомство с представителями

Водоросли представляют собой сборную группу низших, преимущественно водных растений. Общим для водорослей является их способность к автотрофному типу питания благодаря наличию фотосинтезирующего аппарата. Известно более 40 000 видов водорослей, которые объединяются в отделы: диатомовые, зеленые, синезеленые, эвгленовые, пирифитовые, желтозеленые, золотистые, харовые, красные, бурые.

Способность водорослей адаптироваться к разнообразным внешним условиям, неприхотливость и высокая физиологическая пластичность способствовали их расселению по всему земному шару. Водоросли встречаются в реках, озерах, прудах, водохранилищах, морях, на поверхности почвы и в ее толще, на деревьях, различных постройках, скалах, в снегу и горячих источниках. Однако основной средой жизни для водорослей является вода. В зависимости от экологических условий водоросли образуют различные группировки: планктонные (фитопланктон), нейстонные (фитонейстон), бентосные (фитобентос) и др.

**Фитопланктон** – совокупность преимущественно микроскопических растений, обитающих в толще воды и пассивно передвигающихся под влиянием водных течений. В озерах, реках, прудах Беларуси отмечено значительное количество видов планктонных водорослей. Среди них: **зеленые** (вольвокс, пандорина, педиаструм, сценедесмус и др.); **диатомовые** (мелозира, циклотелла и др.); **синезеленые** (анабена, микроцистис и др.); **пирифитовые** (цератиум); **эвгленовые** (эвглена).

Перечисленные и другие виды фитопланктона приведены на рисунке 11.

### Жгутиковые (*Flagellatae*)



1



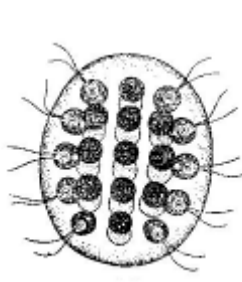
2



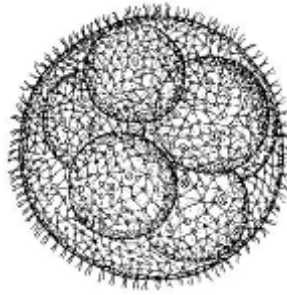
3

Рисунок 11 (начало) – Виды планктонных водорослей,

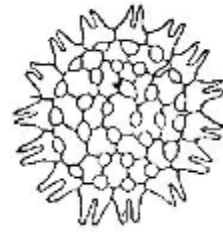
распространенных в различных водоемах  
**Зеленые водоросли (*Chlorophyceae*)**



4



5



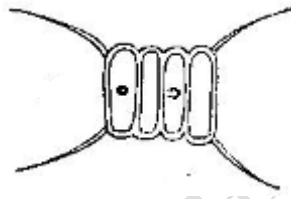
6



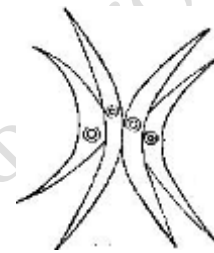
7



8



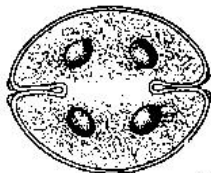
9



10



11



12



13



14



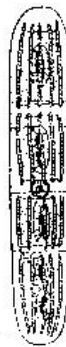
15



16



17



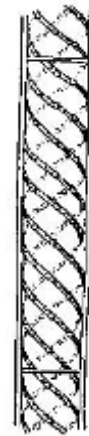
18



19

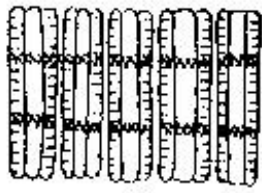


20



21

Рисунок 11 (продолжение)  
Диатомовые водоросли (*Diatomae*)



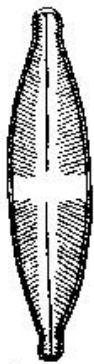
22



23



24



25



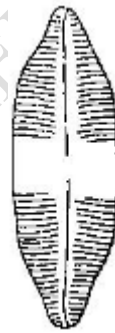
26



27



28



29



30

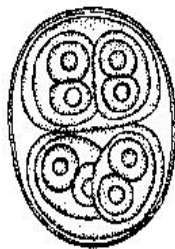


31

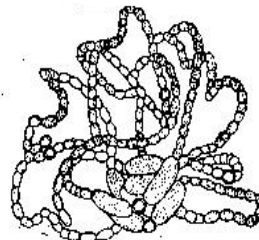
Синезеленые, или циановые, водоросли (*Cyanophyceae*)



32

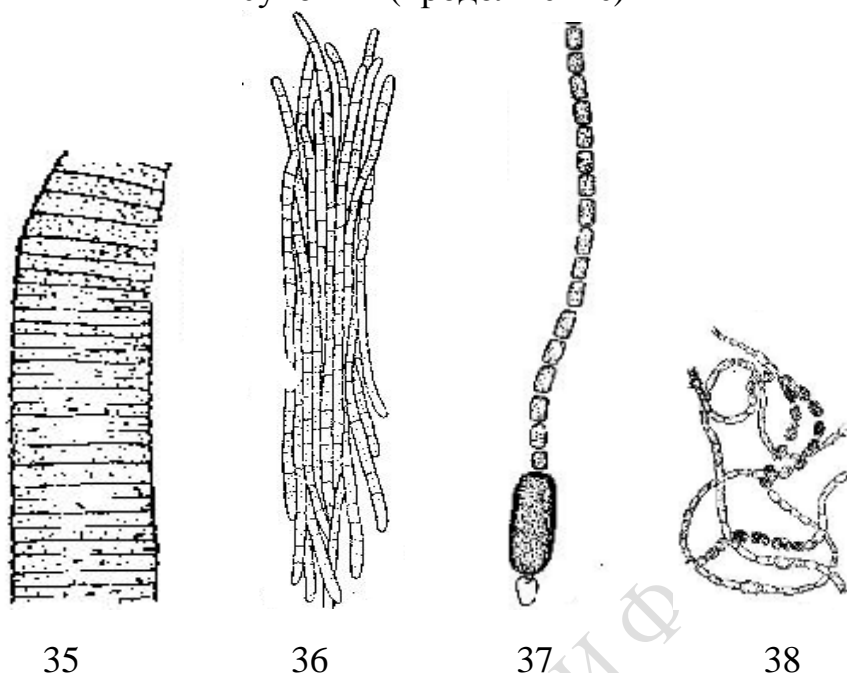


33



34

Рисунок 11 (продолжение)



- 1 – *Dinobryon utriculus*; 2 – *D. sertularia*; 3 – *Euglena intermedia*;  
4 – *Eudorina elegans*; 5 – *Volvox globator*; 6 – *Pediastrum duplex*;  
7 – *Tetraëdron lunula*; 8 – *T. longispinum*; 9 – *Scenedesmus quadricauda*;  
10 – *S. acuminatus*; 11 – *Dictyosphaerium pulchellum*; 12 – *Cosmarium  
obsoletum*; 13 – *C. connatum*; 14 – *Arthrodesmus convergens*;  
15 – *Microspora amoena*; 16 – *Ulothrix zonata*; 17 – *Mesogerron fluitans*;  
18 – *Penium margaritaceum*; 19 – *Closterium lunula*; 20 – *Cl. acerosum*;  
21 – *Spirogyra fluviatilis*; 22 – *Fragilaria construens*; 23 – *Diatoma vulgare*;  
24 – *Asterionella formosa*; 25 – *Stauroneis anceps*; 26, 27 – виды  
рода *Navicula*; 28, 29 – виды рода *Pinnularia*; 30 – *P. major*;  
31 – *Nitzschia kützingiana*; 32 – *Microcystis aeruginosa*; 33 – *Gloeocapsa  
alpina*; 34 – *Anabaena lemmermannii*; 35 – *Oscillatoria princeps*;  
36 – колония *Aphanizomenon flos-aquae*; 37 – *Cylindrospermum stagnale*;  
38 – *Nostoc linckia*

Рисунок 11 (окончание)

**Задание 5.1.** Ознакомьтесь с устройством микроскопа. Ознакомьтесь с основными определителями по водорослям фитопланктона. Начните камеральную обработку проб по фитопланктону. Определите виды водорослей, выявите их отличительные особенности.

**Задание 5.2.** Заполните таблицу 11 для всех обнаруженных видов фитопланктона (схематичный рисунок, название вида, описание, краткая характеристика, распространение, индикатором каких вод является – чистых, загрязненных, предпочитает холодные воды, соленые воды и т. д.).

Таблица 11 – Виды фитопланктона, обнаруженные в водоеме (водотоке)

	Краткая характеристика _____
	_____
	Индикатор _____ вод
Вид _____	Обитает _____

## Тематика рефератов

- 1 Распространение, экология и отличительные особенности жгутиковых водорослей.
- 2 Распространение, экология и отличительные особенности зеленых водорослей.
- 3 Распространение, экология и отличительные особенности диатомовых водорослей.
- 4 Распространение, экология и отличительные особенности сине-зеленых водорослей.
- 5 Распространение, экология и отличительные особенности пиррофитовых водорослей.
- 6 Распространение, экология и отличительные особенности эвгленовых водорослей.

## Вопросы для самоконтроля

- 1 Какие растения включает фитопланктон?
- 2 Какие отделы водорослей вам известны?
- 3 Сколько видов насчитывают водоросли?
- 4 Какие факторы способствуют расселению водорослей по всей планете?
- 5 Какие виды фитопланктона являются массовыми в различных

водоемах и водотоках Беларуси?

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ



## Занятие 6. Знакомство с представителями зоопланктона

Среди групп зоопланктона наибольшее значение в континентальных водоемах принадлежит простейшим, коловраткам, ракообразным.

**Коловратки** (*Rotifera*) – первичнополостные черви, принадлежат к микроскопическим организмам (длина тела чаще всего 100–300 мкм, у некоторых видов может достигать 2 000 мкм), населяющим всевозможные водные экосистемы. К коловраткам относится около 2 000 видов водных и полуводных беспозвоночных животных. Наиболее распространенные из них приведены на рисунке 12.

Планктонные ракообразные в водоемах представлены двумя основными группами (рисунок 13):

- ветвистоусые ракообразные (*Cladocera*);
- веслоногие ракообразные (*Copepoda*);
- циклопы (*Cyclopoida*);
- каляноиды (*Calanoida*);
- *Harpacticoida*.

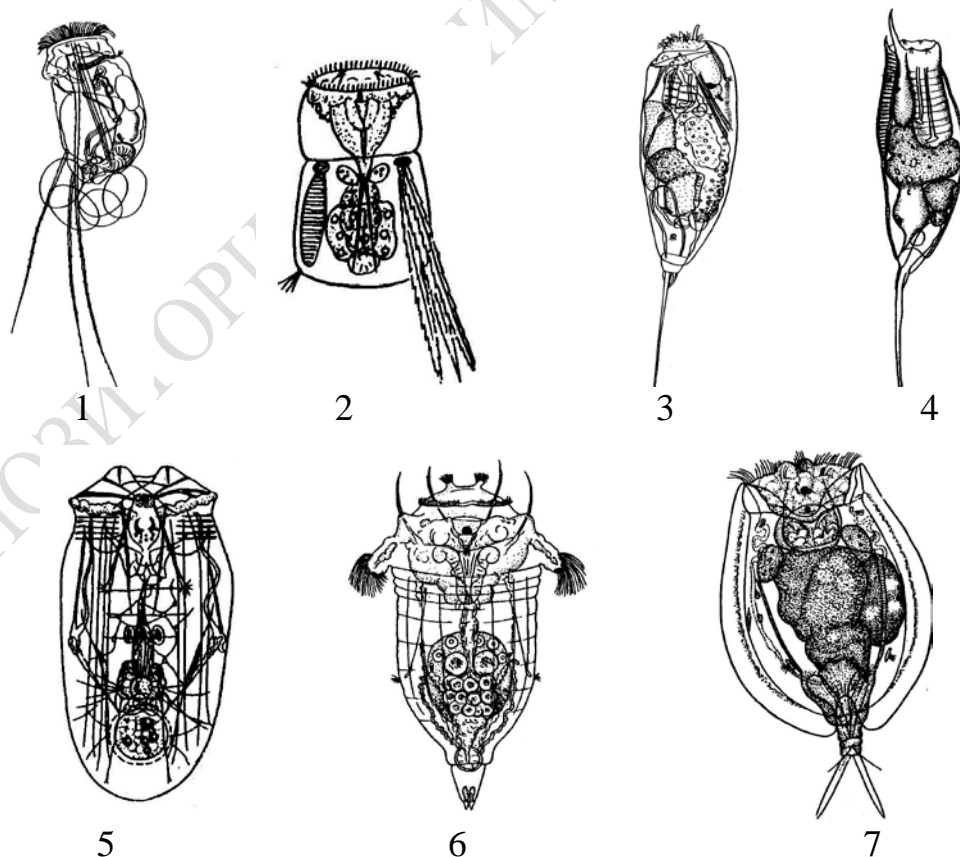
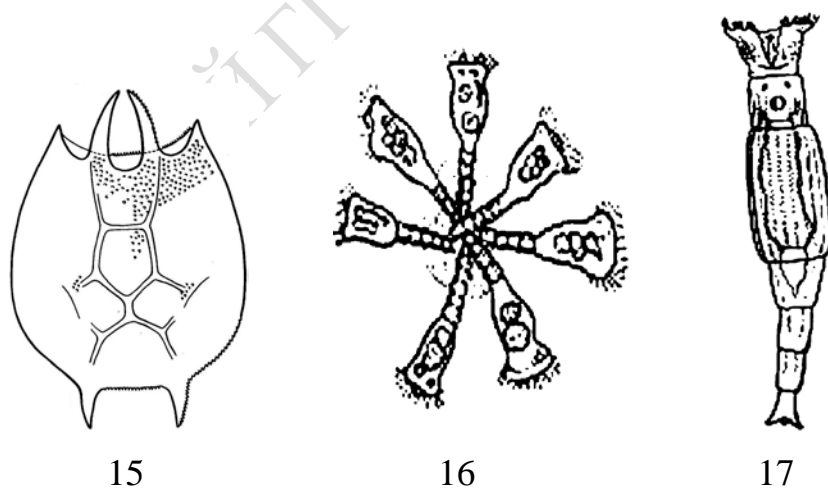
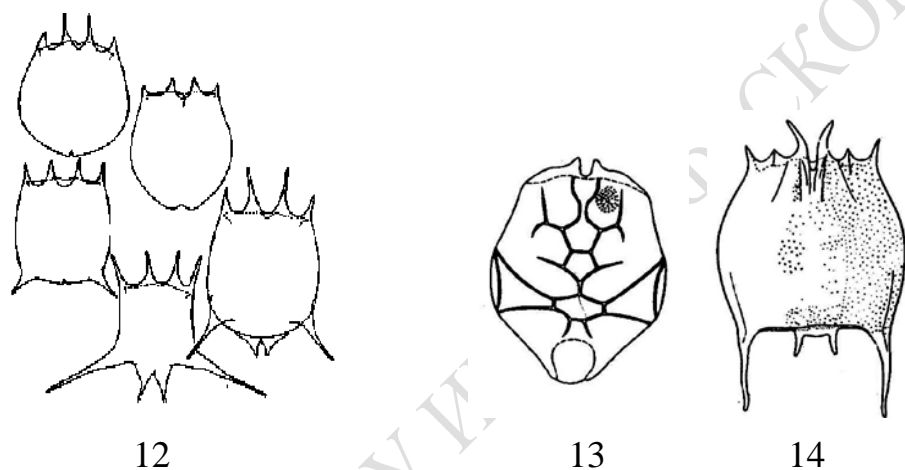
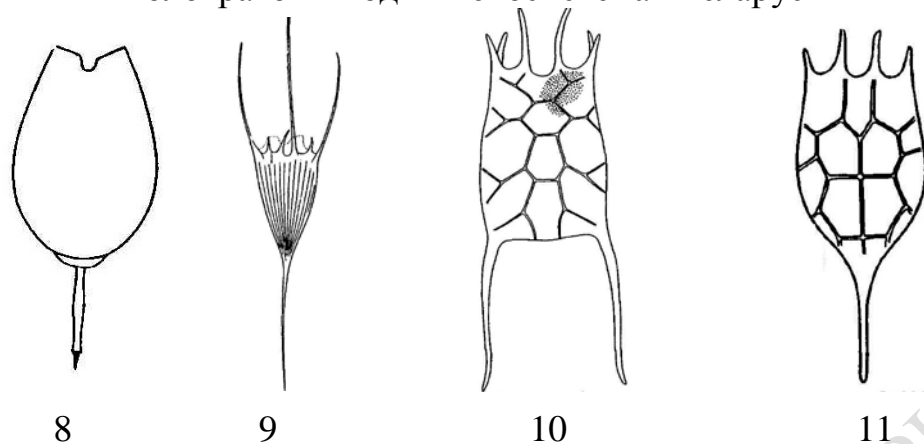


Рисунок 12 (начало) – Наиболее распространенные виды

коловраток в водных экосистемах Беларуси



- 1 – *Filinia longiseta*; 2 – *Polyarthra dolichoptera*; 3 – *Trichocerca elongata*;  
 4 – *Tr. longiseta*; 5 – *Asplanchna priodonta*; 6 – *Synchaeta pectinata*;  
 7 – *Euchlanis dilatata*; 8 – *Lecane (M.) bulla*; 9 – *Kellicottia longispina*;  
 10 – *Keratella quadrata*; 11 – *K. cochlearis*; 12 – различные варианты  
*Brachionus calyciflorus*; 13 – *Br. angularis*; 14 – *Br. quadridentatus*;  
 15 – *Platygaster quadricornis*; 16 – *Conochilus unicornis*; 17 – *Philodina roseola*

Рисунок 12 (окончание)  
Ветвистоусые ракообразные (*Cladocera*)

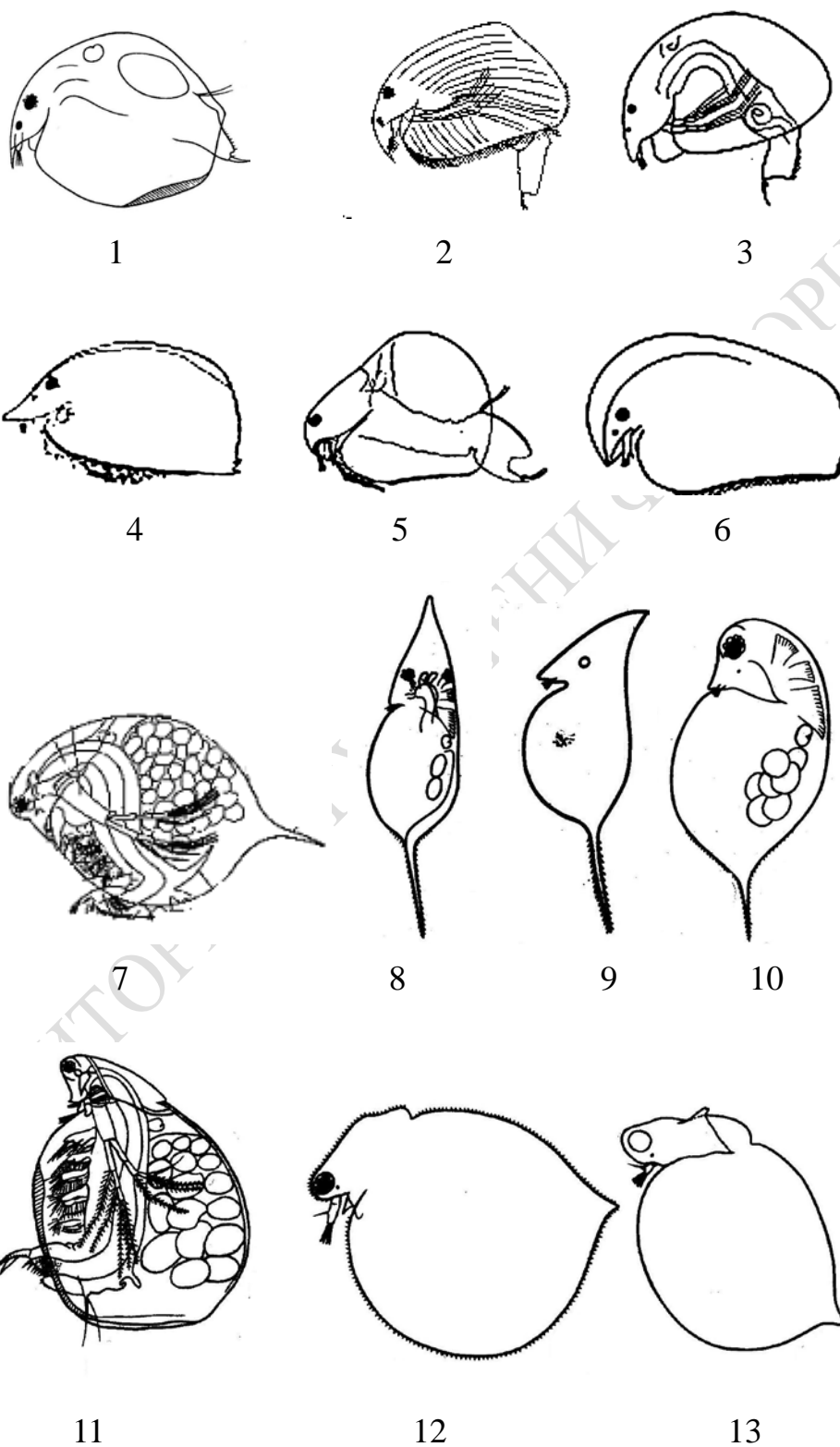
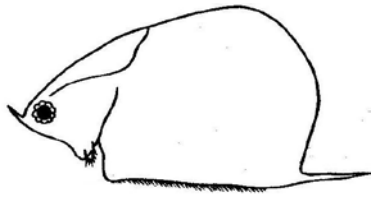
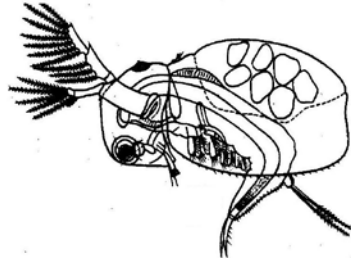


Рисунок 13 (начало) – Наиболее распространенные

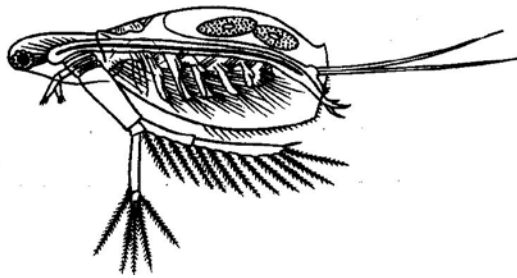
ВИДЫ ПЛАНКТОННЫХ РАКООБРАЗНЫХ ВОДОЕМОВ И ВОДОТОКОВ БЕЛАРУСИ



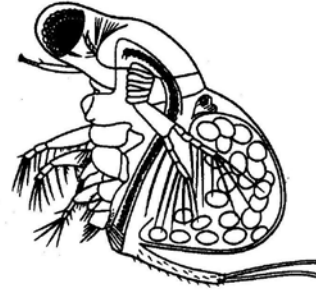
14



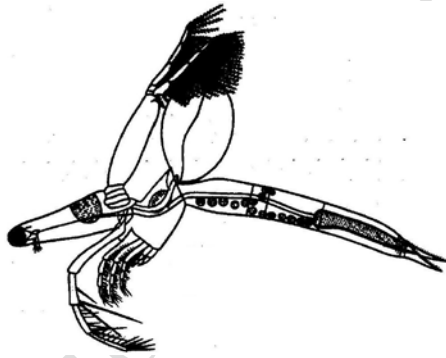
15



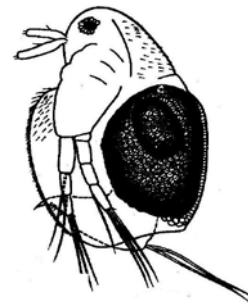
16



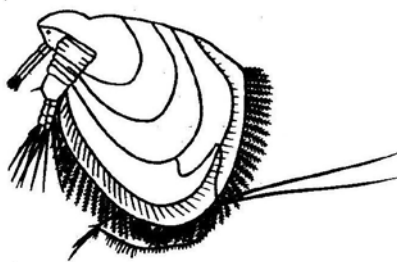
17



18



19



20

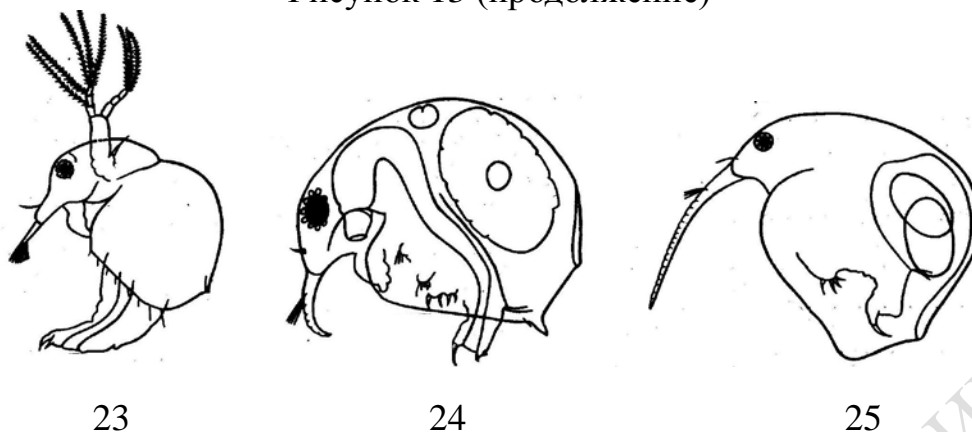


21

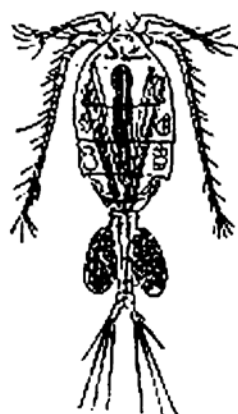


22

Рисунок 13 (продолжение)



**Веслоногие ракообразные (*Copepoda*)**



- 1 – *Chydorus sphaericus*; 2 – *Pleuroxus truncatus*; 3 – *Alona quadrangularis*;  
4 – *Graptoleberis testudinaria*; 5 – *Eurycercus lamellatus*; 6 – *Acroperus harpae*;  
7 – *Daphnia pulex*; 8 – *Dp. cucullata*; 9 – *Dp. cristata*; 10 – *Dp. longispina*;  
11 – *Simocephalus vetulus*; 12 – *Ceriodaphnia setosa*; 13 – *Cr. reticulata*;  
14 – *Scapholeberis mucronata*; 15 – *Sida crystallina*;  
16 – *Diaphanosoma brachyurum*; 17 – *Polyphemus pediculus*; 18 – *Leptodora kindti*;  
19 – *Moina macrocopa*; 20 – *Ilyocryptus sordidus*; 21 – *Macrothrix laticornis*;  
22 – *Mr. hiscuticornis*; 23 – *Bosminopsis deitersi zernovi*;  
24 – *Bosmina longirostris*; 25 – *B. coregoni*; 26 – *Cyclopoida*

Рисунок 13 (окончание)

Коловратки играют огромную роль в самоочищении водоемов, поскольку большинство из них питаются бактериями, частицами детрита и мелкими водорослями. Они обладают самой высокой скоростью вос-

произведения среди всех многоклеточных животных; способны очень быстро осваивать свободные экологические ниши.

Многие из коловраток мало устойчивы к определенным условиям среды и могут служить индикаторами солености, кислотности, сапробности и т. д. Среди коловраток имеются виды, весьма чувствительные к евтрофированию, что можно использовать при установлении степени загрязненности воды. Абсолютное большинство видов коловраток обитают в пресных водах, около 50 видов – исключительно морские.

К настоящему времени в водоемах и водотоках Беларуси обнаружено более 460 видов и вариететов коловраток.

**Ветвистоусые ракообразные** могут быть распознаны по наличию 4–7 пар ног и двуветвистых антенн. У большинства видов имеются непарные глаза и глазок. Размеры тела ветвистоусых ракообразных 0,2–10 мм.

**Веслоногие ракообразные** встречаются во всех озерах, прудах, часто в лужах и болотах. Их можно заметить в воде невооруженным глазом. Многие из них являются индикаторами качества воды. Например, большинство калянид предпочитает чистые воды, и ни один из их видов не способен развиваться в условиях сильного загрязнения. Циклопы более выносливы к загрязнению, они часто встречаются в умеренно загрязненных водах, сильного загрязнения также не выносят. Некоторые виды веслоногих ракообразных представляют опасность в паразитологическом отношении как промежуточные хозяева некоторых гельминтов, вызывающих заболевания птиц, млекопитающих и человека. Например, *Thermocyclops crassus* известен как промежуточный хозяин ришты, *Megacyclops viridis* – лентеца широкого. Наиболее распространенные в водных экосистемах Беларуси планктонные ракообразные изображены на рисунке 2.

Рачковый зоопланктон играет огромную роль в водоемах: участвует в процессах самоочищения (большинство ветвистоусых ракообразных – фильтраторы воды), является кормовой базой рыб. Многие виды планктонных ракообразных – индикаторы качества и загрязнения воды, некоторые из них (дафнии) являются тест-объектами в водной токсикологии.

**Задание 6.1.** По предлагаемой учебной литературе и рисунку 1 ознакомьтесь с представителями зоопланктона. Найдите указанные виды в предлагаемой пробе воды. Зарисуйте.

**Задание 6.2.** Установите, индикаторами каких вод являются обнаруженные виды. Результаты занесите в таблицу 12.

**Задание 6.3.** Заполните таблицу 12 для всех обнаруженных видов зоопланктона (схематичный рисунок, название вида, описание, краткая характеристика, распространение, индикатором каких вод является – чистых, грязных, предпочитает холодные воды, соленые воды и т. д.).

Таблица 12 – Виды зоопланктона, обнаруженные в водоеме (водотоке)

Вид	Краткая характеристика _____
	_____
	_____
	Индикатор вод _____
	_____
	Обитает _____
	_____

**Задание 6.4.** Разберите понятия: зоопланктон, рачковый зоопланктон, коловратки, ветвистоусые ракообразные, веслоногие ракообразные.

## Тематика рефератов

- 1 Зоопланктон морей.
- 2 Зоопланктон рек.
- 3 Зоопланктон озер.
- 4 Приспособления организмов зоопланктона к взвешенному состоянию.

## Вопросы для самоконтроля

- 1 Какие организмы относятся к зоопланктону?
- 2 Какие животные относятся к коловраткам?
- 3 Какую роль выполняют коловратки в водоемах?
- 4 Какие виды планктонных коловраток являются массовыми в различных водоемах Беларуси?
- 5 Какие животные относятся к рачковому зоопланктону?
- 6 На какие группы подразделяются планктонные рачки?
- 7 Каковы отличительные особенности планктонных ракообразных?
- 8 Какую роль играют планктонные ракообразные в водоемах?

9 Почему коловраток часто используют для оценки качества воды водоемов?

10 Какие виды планктонных ракообразных являются распространенными в различных водоемах Беларуси?

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ



## Занятие 7. Структура гидробиоценозов

**Задание 7.1.** Решите задачу.

Используя правило пирамиды энергий, определите площадь (в га) биогеоценоза, которая может прокормить одну особь последнего звена массой 3 кг в цепи питания: планктон – нехищная рыба – щука, учитывая, что 77 % от массы щуки составляет вода. Продуктивность планктона – 600 г/м<sup>2</sup>.

**Задание 7.2.** Решите задачу.

Определите максимально возможную численность популяции зубатки (консумент второго порядка), которая может прокормиться за сутки в экосистеме лагуны площадью 1 000 м<sup>2</sup>. Суточный прирост одной особи зубатки – 180 ккал, среднесуточная первичная продукция фитопланктона – 360 ккал/м<sup>2</sup>. (Процесс трансформации энергии протекает в соответствии с правилом Линдемана).

**Задание 7.3.** В таблице 13 приведены данные о соотношении основных компонентов в рационе питания восьми видов улиток рода *Conus*, обитающих на сублиторальных рифах Гавайских островов.

Таблица 13 – Рацион питания улиток рода *Conus*

Виды улиток рода <i>Conus</i>	Пищевые объекты улиток рода <i>Conus</i>					
	Брюхо- ногие	Кишечно- дышащие	Нереиды	Кораллы	Терибел- лиды	Другие полихеты
<i>C. flavidus</i>		4			64	32
<i>C. lividus</i>		61		12	14	13
<i>C. pennaceus</i>	100					
<i>C. abbreviatus</i>				100		
<i>C. ebraeus</i>			15	82		3
<i>C. sponsalis</i>			46	50		4
<i>C. rattus</i>			23	77		
<i>C. imperialis</i>				27		73

Ответьте на вопросы:

1 Какой тип биоценологических взаимоотношений доминирует меж-

ду видами рода *Conus*?

2 Какие пищевые объекты являются предпочитаемыми наибольшим количеством видов конусов?

3 Какие виды в питании являются узкими специалистами, а какие – широкими универсалами?

4 Кто из конусов, питающихся кораллами, скорее всего, является наиболее сильным конкурентом?

5 Какой из видов этого сообщества ушел от конкурентной борьбы и каким образом?

**Задание 7.4.** В таблице 14 отражено пространственное распределение четырех обычных видов улиток литорин на каменистом берегу полуострова Дейл (Пембрукшир, Англия) в зависимости от высоты места над уровнем моря. Проанализируйте экологические ниши указанных видов, построив по индексам их обилия диаграмму пространственного распределения (ось X – высота над уровнем отлива, ось Y – индексы обилия).

Таблица 14 – Распределение улиток рода *Littorina* на каменистом берегу

Экологические зоны берега	Высота над уровнем отлива, м	<i>L. neritoides</i>		<i>L. saxatilis</i>		<i>L. littorea</i>		<i>L. littoralis</i>	
		Число	Обилие	Число	Обилие	Число	Обилие	Число	Обилие
Зона брызг	9–10	63	10	–	–	–	–	–	–
	8–9	54	10	–	–	–	–	–	–
Верхняя часть берега	7–8	7	4	3	2	–	–	–	–
	6–7	–	–	8	4	1	1	–	–
Средняя часть берега	5–6	–	–	17	8	3	2	2	2
	4–5	–	–	6	4	13	6	9	4
	3–4	–	–	1	1	6	4	16	8
Нижняя часть берега	2–3	–	–	–	–	2	2	5	4
	1–2	–	–	–	–	1	1	1	1
Сублитораль	0–1	–	–	–	–	–	–	–	–

Шкала обилия:  $\geq 20 = 10$ ;  $19-15 = 8$ ;  $14-10 = 6$ ;  $9-5 = 4$ ;  $4-2 = 2$ ;  $1 = 1$

Ответьте на вопросы:

1 Насколько значительно перекрывание соседних экологических ниш?

2 Между какими видами улиток можно предполагать наиболее сильную конкуренцию?

**Задание 7.5.** Изображенная на рисунке 1 пищевая сеть в водной экосистеме не содержит паразитов и редуцентов и отражает трофические связи между различными видами (А–О). Какими буквами на схеме обозначены:

- 1 Продуценты?
- 2 Растительные организмы, хищники?
- 3 Вторичные консументы?
- 4 Третичные консументы?

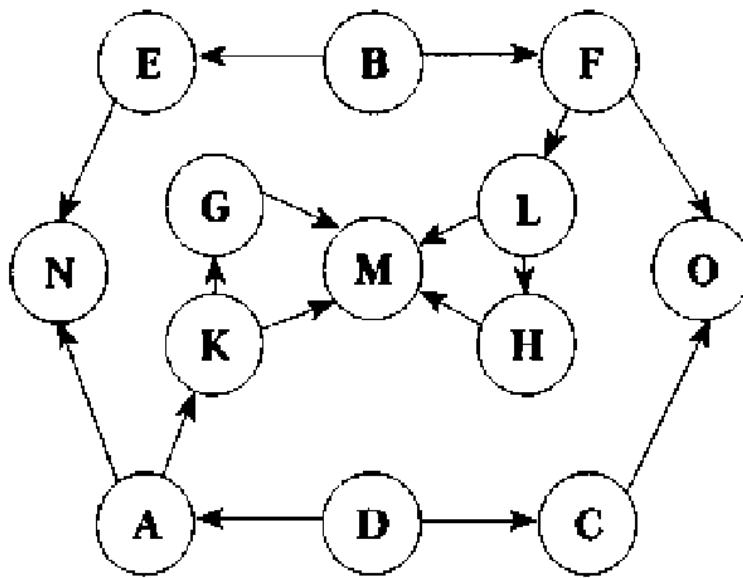


Рисунок 14 – Схема пищевой сети в водной экосистеме

**Задание 7.6.** Рассчитайте эффективность (КПД) передачи энергии в основных звеньях пищевой цепи в океане, исходя из следующих цифр. На 1 м<sup>2</sup> поверхности океана приходится в среднем около 3 млн. калорий солнечной энергии в сутки. Продукция диатомовых водорослей за этот же период в проекции на эту площадь составляет 9 000 калорий, зоопланктона – 4 000 калорий, рыб – 5 калорий в сутки.

## Тематика рефератов

- 1 Межпопуляционные отношения в гидробиоценозах.
- 2 Биоценозы Мирового океана.
- 3 Биоценозы континентальных водоемов.

4 Трофическая структура гидробиоценозов.

5 Видовая структура гидробиоценозов.

### **Вопросы для самоконтроля**

1 Назовите, какие организмы в водных экосистемах относятся к продуцентам?

2 Приведите пример пастбищной цепи питания в водной экосистеме.

3 Приведите пример детритной цепи питания в водной экосистеме.

4 Приведите примеры взаимодействий типов «хищник – жертва», «паразит – хозяин» в водной экосистеме.

5 Приведите примеры внутри- и межвидовых форм взаимодействия гидробионтов: конкуренции, паразитизма, нейтрализма, мутуализма, комменсализма, аменсализма, пастбищной цепи питания в водной экосистеме.

6 В каких случаях в водных экосистемах можно наблюдать перевернутую пирамиду биомасс?

## Занятие 8. Антропогенное воздействие на гидросферу

**Задание 8.1.** Решите задачу.

Для уничтожения синезеленых водорослей с целью подавления цветения воды водоема был применен альгицид. Концентрация его в воде водоема составила  $0,45 \text{ мг/дм}^3$ . При питье воды из водоема (ежедневно по 10 л) в организм коровы переходит 40 % альгицида от его содержания в воде. Ежедневный удой коровы – 20 л, в молоко переходит 50 % альгицида, поступающего в организм коровы с водой. Определите концентрацию вещества в молоке и обоснуйте возможность использования воды данного водоема для водопоя скота, если содержание альгицида в молоке не должно превышать  $0,01 \text{ мг/дм}^3$ .

**Задание 8.2.** Решите задачу.

При аварии танкера в море было выброшено 200 тыс. т нефти. Рассчитайте объем воды, в котором погибла рыба, если гибель рыбы происходит при концентрации нефти  $14 \text{ мг/дм}^3$ .

**Задание 8.3.** Решите задачу.

В результате взрыва танкера в море поступило 150 тыс. т нефти. Какая площадь воды была при этом покрыта нефтяной пленкой, если толщина пленки примерно 3 мм, а плотность нефти составляет  $800 \text{ кг/м}^3$ ?

**Задание 8.4.** Решите задачу.

Водоем, в котором разводили растительноядную рыбу, был загрязнен сточными водами, содержащими 12 кг фтора. Можно ли употреблять эту рыбу в пищу, если известно, что на каждой ступени пищевой цепи происходит накопление токсичных веществ в 10-кратном размере? Площадь водоема  $160 \text{ м}^2$ , глубина его 10 м, ПДК фтора в рыбе  $10 \text{ мг/кг}$ , плотность воды составляет  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

**Задание 8.5.** Среди первых применявшихся пестицидов в середине XX века для борьбы с насекомыми-вредителями была группа хлорированных углеводов, в том числе ДДТ (дихлор-дифенил-трихлорэтан). Обладая высокой устойчивостью к разрушению в среде, он подвергался

интенсивному смыву с поверхности почвы, попадал в пресные водоемы и моря, где накапливался в больших количествах, входя в существующие трофические цепи. В середине 60-х годов 20 века неожиданным для многих ученых явилось сообщение от том, что ДДТ обнаружен в печени пингвинов в Антарктиде – месте весьма удаленном от районов возможного применения инсектицида.

ДДТ интенсивно накапливается в жировой ткани, где его концентрация может в десятки раз превышать концентрацию в мышцах. Он отрицательно влияет на обмен кальция в организме, повышая хрупкость структур, содержащих этот элемент.

В одном из исследований было установлено, что концентрация ДДТ в воде водоема составляла 0,02 весовых единиц на 1 млн. весовых единиц, в водных растениях – 0,04, в мелких растительноядных (атеринных) рыбах – 10, в хищной рыбе (сарган) – 50, а в рыбающей птице (скопа) – 75 весовых единиц.

Постройте пирамиду, отражающую изменение концентрации пестицида в трофической цепи и ответьте на вопросы:

1 Во сколько раз возрастает концентрация ДДТ при переходе с одного трофического уровня на другой? Почему этот показатель изменяется неравномерно?

2 На каком трофическом уровне ДДТ, скорее всего, оказывает наибольшее влияние и почему?

3 Было замечено, что позвоночные животные чаще погибали от отравления ДДТ в период дефицита пищи. Почему?

4 Какое влияние ДДТ оказывал на такой демографический показатель, как рождаемость в популяциях рыбающих и хищных птиц?

5 Какими путями ДДТ мог попасть в печень пингвинов?

## **Тематика рефератов**

1 Последствия загрязнения водоемов бытовыми сточными водами.

2 Последствия загрязнения водоемов промышленными сточными водами.

3 Последствия загрязнения водоемов атмосферными сточными водами.

4 Последствия загрязнения водоемов нефтесодержащими сточными водами.

## Вопросы для самоконтроля

- 1 Назовите основные виды антропогенных воздействий на гидросферу.
- 2 Перечислите источники загрязнения морских экосистем.
- 3 Перечислите источники загрязнения пресноводных экосистем.
- 4 Каковы последствия поступления пестицидов в природные водоемы?
- 5 Каковы последствия поступления СПАВ в природные водоемы?
- 6 Что означает термин «биологическое накопление»?

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРНИЦЫ

## Занятие 9. Оценка качества воды водоема по гидробиологическим показателям

**Задание 9.1.** Разберите понятия: биологический анализ качества вод, виды-индикаторы, сапробность, ксеносапробные, олигосапробные,  $\beta$  – мезосапробные,  $\alpha$  – мезосапробные, полисапробные виды.

**Задание 9.2.** Ознакомьтесь с методикой расчета индекса сапробности Пантле и Букка.

**Задание 9.3.** Используя исходные данные, списки видов-индикаторов и таблицы 15–16, рассчитайте индекс сапробности и установите класс качества воды водного объекта. Распределите индикаторных организмов по группам. Заполните таблицу 17. Индекс сапробности рассчитывается по методу Пантле и Букка в модификации Сладечека:

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

где  $S$  – показатель сапробности;

$s$  – индикаторная значимость вида (приводится в таблицах индикаторных видов);

$h$  – относительное количество особей вида.

В расчетах используются соотношения относительного обилия (относительной численности) и частоты встречаемости организмов (таблица 15).

Таблица 15 – Соотношения значений относительного обилия и частоты встречаемости организмов

Частота	Количество экземпляров одного вида, % общего количества экземпляров	$h$
Очень редко	< 1–1,5	1
Редко	< 1,5–3,5	2
Нередко	3,5–10	3
Часто	10–20	5
Очень часто	20–40	7
Массово	40–100	9

При оценке качества воды используется шкала, приведенная в таб-



лице 16.

Таблица 16 – Шкала оценки качества вод

Класс вод	Воды	Индекс сапробности по Пантле и Букку
I	Очень чистые	< 1,00
II	Чистые	1,00–1,50
III	Умеренно (слабо) загрязненные	1,51–2,50
IV	Загрязненные	2,51–3,50
V	Грязные	3,51–4,00
VI	Очень грязные	> 4,00

Таблица 17 – Расчет индекса сапробности

Вид	Индикатор условий	Численность	Процент от общей численности	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>sh</i>	<i>S</i>

## Тематика рефератов

- 1 Краткая история развития биологического анализа качества вод.
- 2 Основные принципы биоиндикации.
- 3 Система М. Зелинки и П. Марвана.
- 4 Система Вудивисса.
- 5 Унифицированная система характеристики качества вод Н. Жукинского с соавторами.

## Вопросы для самоконтроля

- 1 В чем состоит сущность биологического метода анализа качества вод?
- 2 Что понимают под термином «сапробность»?
- 3 Что понимают под термином «сапробная валентность»?
- 4 Какие существуют группы индикаторных организмов?
- 5 Что характеризует индекс сапробности?
- 6 Каковы преимущества биологического метода оценки качества воды перед другими?
- 7 Какие обозначения приняты для индикаторных организмов?
- 8 Какой метод биологического анализа качества воды является одним из наиболее распространенных?

## Литература

- 1 Экологическая гидрогеология / А. П. Белоусова [и др.]. – М. : Изд-во ИКЦ «Академ-книга», 2006. – 397 с.
- 2 Клиге, Р. К. История гидросферы / Р. К. Клиге, И. Д. Данилов, В. Н. Конищев. – М. : Научный мир, 1998. – 368 с.
- 3 Колупаев, Б. И. Гидроэкология : учебное пособие / Б. И. Колупаев, О. В. Светлакова. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2004. – 152 с.
- 4 Логинова, Е. В. Гидроэкология : курс лекций / Е. В. Логинова, П. С. Лопух. – Минск : БГУ, 2011. – 300 с.
- 5 Михайлов, В. Н. Гидрология / В. Н. Михайлов, А. Д. Добровольский, С. А. Добролюбов. – М. : Высшая школа, 2008. – 463 с.
- 6 Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / под ред. Л. А. Кутиковой, Я. И. Старобогатова. – Л. : Гидрометеоздат, 1977. – 511 с.
- 7 Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий : в 6 т. Т. 1 : Низшие беспозвоночные / под ред. С. Я. Цаллолихина. – СПб., 1994. – 396 с.
- 8 Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий : в 6 т. Т. 2 : Ракообразные / под ред. С. Я. Цаллолихина. – СПб., 1995. – 632 с.
- 9 Романенко, В. Д. Основы гидроэкологии : учебник для вузов / В. Д. Романенко. – Киев : Генеза, 2004. – 664 с.
- 10 Семенченко, В. П. Экологическое качество поверхностных вод / В. П. Семенченко, В. И. Разлуцкий. – Минск : Беларуская навука, 2011. – 329 с.
- 11 Тарасов, В. И. Гидросфера : учебное пособие / В. И. Тарасов. – Л. : Наука, 2004. – 180 с.
- 12 Яшнов, В. А. Практикум по гидробиологии / В. А. Яшнов. – М. : Высшая школа, 1969. – 428 с.

Производственно-практическое издание

**Ковалева Оксана Владимировна**

## **Гидроэкология**

### **Структура и функционирование гидроэкосистем**

Редактор *В. И. Шкредова*  
Корректор *В. В. Калугина*

Подписано в печать 07.03.2017. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,8.  
Уч.-изд. л. 3,1. Тираж 25 экз. Заказ 172.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования  
«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/87 от 18.11.2013.  
Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.  
Ул. Советская, 104, 246019, Гомель.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

**О. В. Ковалева**

# **ГИДРОЭКОЛОГИЯ**

**Структура и функционирование  
гидроэкосистем**

Гомель

2017

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ