

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

М. М. Усов, О. В. Усова

# ЭКОЛОГИЯ РЫБ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области сельского хозяйства в качестве  
учебно-методического пособия для студентов учреждений,  
обеспечивающих получение высшего образования I ступени  
по специальности 6-05-0831-01 Водные биоресурсы и аквакультура*

Горки  
БГСХА  
2023

УДК 639.3:591.5(075.8)

ББК 47.2я73

У76

*Рекомендовано методической комиссией факультета  
биотехнологии и аквакультуры 29.03.2022 (протокол № 7)  
и Научно-методическим советом БГСХА 31.03.2022 (протокол № 7)*

Авторы:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *М. М. Усов*;  
магистр сельскохозяйственных наук *О. В. Усова*

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук *Н. Н. Гадлевская*;  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. В. Астренков*

**Усов, М. М.**

У76 Экология рыб : учебно-методическое пособие / М. М. Усов,  
О. В. Усова. – Горки : БГСХА, 2023. – 138 с.  
ISBN 978-985-882-321-4.

Содержится краткий теоретический материал для изучения учебной дисциплины «Экология рыб», материалы для управляемой самостоятельной работы, тестовые задания для контроля знаний.

Для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования I ступени по специальности 6-05-0831-01 Водные биоресурсы и аквакультура.

УДК 639.3:591.5(075.8)

ББК 47.2я73

**ISBN 978-985-882-321-4**

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2023

## **ВВЕДЕНИЕ**

Экология (от греч. *oikos* – дом, жилище, местопребывание) – наука об отношениях растительных и животных организмов и образуемых ими сообществ между собой и окружающей средой.

Образ жизни всякого организма (в том числе и рыбы) неразрывно связан с его строением и функциями органов. Поэтому изучение образа жизни рыб во взаимосвязи с окружающей их средой является важной задачей для специалиста.

Грамотное и квалифицированное ведение рыбоводного хозяйства невозможно без знания основ экологии рыб. Поэтому важно в процессе обучения освоить основы экологии рыб, взаимоотношения различных видов рыб друг с другом и со средой обитания.

Данное учебно-методическое пособие ориентировано на формирование знаний в области экологии и призвано выработать умение применять полученные знания при проведении научно-исследовательских работ.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **1. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ**

#### **1.1. История развития экологии**

Экология как биологическая дисциплина возникла в середине XIX века, а в самостоятельную науку она выделилась только в первой половине XX века. Однако появлению экологии предшествовала длительная предыстория. Накопление экологических сведений началось с момента появления человека на Земле. Всю историю развития экологии можно разделить на пять этапов:

I. Этап накопления экологических сведений о взаимодействии растений и животных со средой в рамках ботаники и зоологии. Этот этап продолжался с глубокой древности до конца XVIII века.

II. Этап формирования экологических направлений в рамках ботанической и зоологической географии. Он продолжался с конца XVIII века до середины XIX века.

III. Этап формирования экологии растений и экологии животных как наук об адаптациях организмов к среде обитания. Данный этап продолжался с середины XIX века до 20-х годов XX века.

IV. Этап становления экологии как общебиологической науки, являющейся теоретической базой охраны природы. Продолжался этот этап с 20-х по 60-е годы XX века.

V. Этап развития глобальной экологии с выделением в ее рамках антропоэкологии (экологии человека). Начался данный этап с 60-х годов XX века и продолжается в настоящее время.

Рассмотрим более подробно основные моменты развития экологии на каждом этапе.

I. Первый этап – самый длительный в истории экологии, поэтому его подразделяют на три периода:

1. *Период древнегреческих философов.* В этот период накопленные экологические сведения нашли свое отражение в трудах древнегреческих философов. Аристотель описал поведение свыше 500 видов животных и классифицировал их по образу жизни и характеру потребностей. В его трудах имеются сведения о перелетах птиц, миграции и спячке рыб, строительной деятельности животных. Известный древнегреческий врач Гиппократ в своих трудах описывал влияние факторов среды на здоровье человека.

2. *Период средневекового застоя.* В этот период накопления экологических сведений не происходило, поскольку в науке доминирующей была теологическая теория происхождения жизни и виды считались неизменными, влияние среды вообще отрицалось.

3. *Период эпохи Возрождения.* В эпоху Возрождения великие географические открытия послужили толчком дальнейшему развитию естественных наук и экологии в том числе. Благодаря накопленному научному материалу о растительном и животном мире различных материков земного шара стала формироваться наука биогеография, появление которой считается началом II этапа истории экологии.

II. На втором этапе быстрыми темпами развивалась наука биогеография, которая состояла из двух разделов (ботаническая география и зоологическая география), в рамках которых экологические сведения анализировались, и на основании этого формировались экологические направления. Ж. Б. Ламарк считал, что влияние внешних условий является одной из главных причин эволюции растений и животных («Философия зоологии», 1809).

III. Третий этап начинается с момента выхода в свет книги Ч. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохра-

нение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» в 1859 году. Эволюционное учение Ч. Дарвина явилось мощным толчком для развития экологии на качественно новой основе. Додарвиновский период развития экологии считается ее предьсторией. Вслед за выходом книги Ч. Дарвина Э. Геккель впервые употребил термин «экология» в своем труде «Всеобщая морфология организмов», который вышел в 1866 году, а в 1868 году в книге «Натуралистическая теория мироздания» он дал определение сущности новой науки. Однако этот термин прижился только к концу XIX века. Появились новые научные труды Ч. Адамса, В. Шелфорда, С. А. Зернова и др. В 1913–1920 годах были созданы научные экологические общества, основаны экологические журналы, экологию начали преподавать в университетах.

IV. Четвертый этап знаменателен тем, что темпы развития экологии существенно ускорились и она сформировалась как общебиологическая наука. Этому способствовало появление и развитие новых научных направлений. В 1923–1927 годах В. И. Вернадский создал учение о биосфере как о глобальной биологической системе планеты Земля. В 30–40-е годы как самостоятельное направление обособилась экология популяций – *демэкология*.

V. Начиная с 60-х годов экология стала развиваться такими мощными темпами, что начала проникать во все сферы человеческого знания и на границе экологии и других наук начали возникать пограничные науки, такие, как экологическая биохимия, экологическая физиология, математическая экология и др. Кроме этого экология стала проникать и во все сферы человеческой деятельности. Так появились промышленная экология, сельскохозяйственная экология, медицинская экология, инженерная экология, экономическая экология, социальная экология, правовая экология и др.

## **1.2. Предмет и задачи экологии. Взаимосвязь с другими науками**

Термин «экология» впервые был введен в 1866 году немецким ученым Эрнстом Геккелем в его книге «Всеобщая морфология организмов». Данный термин состоит из двух латинских слов: *oikos* – дом, местообитание, жилище и *logos* – наука. В буквальном переводе это «наука об организмах у себя дома». Э. Геккель рассматривал экологию как науку, изучающую взаимодействие организмов со средой их обитания. В тот период организм считался самым сложным уровнем орга-

низации жизни. В ходе развития экологии выяснилось, что жизнь существует и в виде надорганизменных уровней организации. В этой связи представление об экологии как науке в настоящее время существенно расширилось. Чтобы ответить на вопрос, что является предметом экологии, необходимо рассмотреть уровни организации живой материи. С точки зрения современной биологии жизнь на планете Земля представлена следующими уровнями организации живой материи: ген – клетка – ткань – орган – организм – популяция – биоценоз (сообщество) – биогеоценоз (экосистема) – биом – биосфера. В этом жизненном спектре предметом экологии являются биологические системы от организма до биосферы. Исходя из этого можно дать современное определение экологии как науки.

*Экология* – наука, изучающая отношения организмов между собой и окружающей средой, а также организацию и функционирование надорганизменных систем различного уровня: популяций, сообществ и экосистем, природных комплексов и биосферы.

В основании находятся классические естественные дисциплины – ботаника и зоология. Затем следуют почвоведение и физическая география, геология, климатология, биохимия и микробиология, высшая математика (для построения моделей), социология, география населенности, психология, теория культуры, экономика.

Экология неразрывно связана с географическими науками: разные участки земной поверхности и глубин нашей планеты различным образом заселены и освоены жизнью. Экосистемы тропической, умеренной и полярной зон совершенно не похожи друг на друга, заселены различными организмами, относящимися к совершенно разным жизненным формам. Восприимчивость экосистем различных географических зон к антропогенным воздействиям неодинакова. Это необходимо учитывать при организации природопользования.

### **1.3. Уровни организации живых систем.**

#### **Принцип эмерджентности**

Живые организмы, населяющие Землю, не разбросаны хаотично по ее поверхности, а организованы в определенные развивающиеся группы. Такие группы, начиная с отдельных индивидов, составляют уровни организации живого, или структурные уровни. Жизнь предстает перед нами как сложная иерархическая система, в которой элементы низшего уровня организации служат составными частями для структур более высокого уровня.

Вопрос об уровнях организации живых систем в настоящее время до конца еще не решен, поскольку разные авторы называют неодинаковое число уровней.

Чаще всего выделяют до десяти уровней организации живой материи: *молекулярно-генетический, органоидный, клеточный, тканевый, органический, организменный, популяционно-видовой, биоценотический, экосистемный (биогеоценотический) и биосферный.*

Отличительная особенность организации живого на Земле состоит в том, что все функциональные единицы структурных уровней находятся в иерархическом соподчинении. Это означает, что меньшие подсистемы составляют большие системы, которые в то же время являются подсистемами более крупных систем. Например, клетка является составной частью живой ткани, последняя включается в систему органа, из органов состоит организм (особь), организмы одного вида составляют популяцию и т. д. По мере усложнения уровня организации подсистем системы, их включающие, усложняются и увеличиваются. Причем в одних случаях системы и их подсистемы оказываются относительно независимыми образованиями (например, особь в популяциях), в других же случаях эта самостоятельность намного меньше (орган, клетка в живой ткани). Следует отметить, что экология в качестве поля деятельности для своих исследований охватывает несколько уровней организации жизни: организменный и надорганизменные – от популяционно-видового до биосферного. Несомненно, такие исследования нельзя проводить в отрыве от факторов окружающей среды.

Изучая взаимосвязи живого с окружающей абиотической средой, экология решает разные задачи на каждом системном уровне организации жизни.

На *организменном* уровне рассматриваются проблемы адаптации организмов, механизмы, обеспечивающие устойчивость их функционирования.

На *популяционном* уровне это исследование форм взаимоотношений между организмами, обеспечивающих существование популяции как целостной саморегулирующейся системы. Основное здесь – определение тех свойств популяции, которые предоставляют возможность для ее неограниченно длительного существования в постоянно изменяющихся условиях среды. Следует отметить, что популяционный уровень наиболее важен вследствие возможности управления популяциями со стороны человека. Воздействие на отдельный организм никакого эффекта не дает, поскольку организм смертен и его отдельно взятые индивидуальные свойства во взаимоотношениях между особя-

ми и средой в целом ничего не изменяет. Но если воздействию подвергается вся популяция, то в случае ее гибели возможно ограничение (или уничтожение) какого-то природного ресурса, важного для человека.

На *экосистемном* (биогеоценотическом) уровне основной задачей является исследование закономерностей функционирования и продукционных процессов многовидовых биоценозов вместе с их неорганическим окружением.

На *биосферном* (глобальном) уровне выявляются причины и механизмы изменения элементов биосферы в результате воздействия человеческой деятельности. Двойное положение человека в биосфере (с одной стороны, это гетеротрофный живой организм, а с другой – высокоразвитое живое существо, наделенное разумом и вооруженное достижениями научно-технической революции) диктует необходимость предельной осторожности и взвешенности решений при любой попытке его вмешательства в исторически сложившиеся взаимосвязи и процессы живой природы.

Универсальным свойством экосистем является их *эмерджентность* (англ. emergence – возникновение, появление нового), заключающаяся в том, что свойства системы как целого не являются простой суммой свойств слагающих ее частей или элементов. Например, одно дерево, как и редкий древостой, не составляет леса, поскольку не создает определенной среды (почвенной, гидрологической, метеорологической и т. д.) и свойственных лесу взаимосвязей различных звеньев, обуславливающих новое качество. Недоучет эмерджентности может приводить к крупным просчетам при вмешательстве человека в жизнь экосистем или при конструировании систем для выполнения определенных целей. Например, сельскохозяйственные поля (агрэценозы) имеют низкий коэффициент эмерджентности и поэтому характеризуются крайне низкой способностью саморегулирования и устойчивости. В них, вследствие бедности видового состава организмов, крайне незначительны взаимосвязи, велика вероятность интенсивного размножения отдельных нежелательных видов (сорняков, вредителей).

#### **1.4. Основные разделы экологии**

В зависимости от типа изучаемой биологической системы в экологии выделяют следующие разделы: факториальная экология (аутэкология), учение о популяциях (демэкология), учение о сообществах



(синэкология), учение об экосистемах (биогеоценология) и учение о биосфере (глобальная экология).

Экологию можно подразделить на два больших раздела (отрасли): общую и частную (специальную).

**Общая экология** (биоэкология) изучает популяции, взаимоотношения между организмами, организмом и средой, экологию сообществ (биогеоценозов), природные комплексы и биосферу.

*Аутэкология* – раздел экологии, в задачу которого входит установление пределов существования особи (организма) и тех пределов физико-химических факторов, в диапазоне которых она может существовать. Следовательно, аутэкология изучает взаимоотношения организма с внешней средой, в основе которых лежат его морфофизиологические реакции на воздействие среды. С изучения этих реакций начинается любое экологическое исследование. Причем основное внимание уделяется биохимическим реакциям, интенсивности газового и водяного обменов, а также другим физиологическим процессам, которые определяют состояние организма.

*Демэкология* изучает естественные группировки особей одного вида, т. е. популяции. Важнейшая задача демэкологии – выяснение условий формирования популяций, а также внутривидовых группировок и их взаимоотношений, структуры, динамики, численности.

*Синэкология*, или экология сообществ (*биоценология*), изучает ассоциации популяций различных видов растений, животных и микроорганизмов, образующих биоценозы, их формирование и развитие, структуру, динамику, взаимодействие с физико-химическими факторами среды, энергетику, продуктивность, а также другие особенности.

**Частная, или специальная, экология** занимается изучением экологических аспектов конкретных организмов (экология различных видов растений, животных, экология человека и т. д.) или сообществ (экология сельскохозяйственных экосистем – агроэкология, растительных сообществ – фитоценология и т. д.).

Взаимодействуя с природой на всех этапах своего развития, человечество столкнулось с проблемой безопасности жизнедеятельности. Развитие промышленности, сельскохозяйственного производства привело к возникновению негативных факторов, одинаково влияющих как на окружающую человека природу, так и на самого человека. В недрах специальной экологии сформировался еще один раздел – прикладная экология. Такие науки, как промышленная (инженерная), сельскохозяйственная, промысловая экология, изучают возможность использования природных ресурсов и среды жизни, допустимые нагрузки на

них, формы управления и хозяйствования. Они исследуют воздействие промышленности, транспорта, сельского хозяйства на природу и, наоборот, влияние естественной природной среды на функционирование промышленных предприятий и сельскохозяйственных комплексов.

В настоящее время существуют более детальные классификации научных направлений, основывающиеся на общем фундаменте экологии. Например, в зависимости от объекта изучения выделяют такие направления экологии, как *экология микроорганизмов, грибов, растений, животных*.

Различные типы экосистем изучают такие направления, как *экология тундр и арктических пустынь, лесная экология, экология степей и лугостепей, экология пустынь, гор, океанов*.

Различные факторы среды жизни изучают: *экология атмосферы, гидросферы, почв, литосферы, радиационная, химическая, ландшафтная экология*.

### **1.5. Методы экологических исследований**

Для решения задач, стоящих перед экологией, она использует как свои собственные методы, так и методы других наук. Собственные методы экологии можно разделить на три группы:

1) *полевые методы* – методы, позволяющие изучить влияние комплекса факторов естественной среды на естественные биологические системы и установить общую картину существования и развития системы;

2) *лабораторные методы* – методы, позволяющие изучить влияние комплекса факторов моделированной в лабораторных условиях среды на естественные или моделированные биологические системы. Эти методы дают возможность получить приблизительные результаты, которые требуют дальнейшего подтверждения в полевых условиях;

3) *экспериментальные методы* – методы, позволяющие изучить влияние отдельных факторов естественной или моделированной среды на естественные или моделированные биологические системы. Они применяются в сочетании как с полевыми, так и с лабораторными методами.

Кроме собственных методов экология широко использует методы таких наук, как биохимия, физиология, микробиология, генетика, цитология, гистология, физика, химия, математика и др.

Вследствие того что экология охватывает столь широкий спектр вопросов, она неразрывно связана с другими областями знания. В эко-

логии очень широко применяются математические методы и методы статистики, особенно при изучении динамики численности популяций и материальных потоков в биоценозе.

При изучении влияния экологических факторов на живые организмы и вопросов загрязнения окружающей среды применяются химические и физические методы исследований.

### **Контрольные вопросы**

1. Что изучает экология?
2. Опишите историю развития экологии.
3. Поясните взаимосвязь экологии и других дисциплин и наук.

## **2. ЗАКОНЫ АУТЭКОЛОГИИ**

*Аутэкология* – это область экологических исследований, изучающая взаимоотношения представителей одного и того же вида живых организмов с окружающей средой.

Цели изучения включают два основных аспекта:

- 1) изучение предела устойчивости и предпочтения по отношению к экологическим факторам;
- 2) изучение воздействия окружающей среды на морфологию, физиологию и этологию организма.

К экологическим факторам относятся абиотические (воздействие неживой природы) и биотические (воздействие живой природы) факторы.

Задачей аутэкологии (от греч. *autos* – сам) является установление пределов существования особи (организма) и тех пределов физико-химических факторов, которые организм выбирает из всего диапазона их значений. Изучение реакций организмов на воздействия факторов среды позволяет выявить не только эти пределы, но и физические, а также морфологические изменения, характерные для данных особей.

Программа аутэкологического изучения рыб может охватывать следующие вопросы:

- 1) местообитание и распределение по территории;
- 2) наличие временных убежищ;
- 3) питание;
- 4) размножение;
- 5) паразиты, болезни, враги и конкуренты;
- 6) миграции.

Основными законами аутоэкологии, применяемыми в аквакультуре, являются следующие.

***Синдром общей адаптации.*** Подвержение организма низким уровням стресса может привести к увеличению жизнестойкости организма, а длительное подвержение может в конечном счете привести к тому, что организм становится более восприимчивым к дополнительным стрессовым воздействиям.

У рыб, так же как и у других организмов, есть врожденная способность приспособиться к экологическим изменениям в зависимости от различных факторов (например, изменения среды обитания). В начальный период такого изменения рыбы повышено расходуют энергию, затем происходит медленное восстановление всех систем организма, или приспособление, т. е. акклиматизация. Однако в этот период рыба находится в напряжении (или стрессе) и значительно более подвержена дополнительным экологическим изменениям.

***Закон компенсации факторов Рюбеля*** – закон, согласно которому отсутствие или недостаток некоторых экологических факторов могут быть компенсированы каким-либо другим близким (аналогичным) фактором. Так, некоторые моллюски (мидии) при отсутствии (или значительном дефиците) кальция могут построить свои раковины при достаточном количестве в морской воде стронция.

Однако такая компенсация факторов относительна и касается второстепенных факторов. Фундаментальные факторы для рыб, такие как свет, вода, CO<sub>2</sub>, азот, многие микроэлементы и др., в принципе незаменимы, что нашло отражение в ***законе незаменимости фундаментальных факторов Вильямса.***

***Закон минимума Либиха*** – концепция, согласно которой существование и выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей. Согласно закону минимума, жизненные возможности организмов определяют те экологические факторы, количество и качество которых близки к необходимому для организма минимуму.

Любому живому организму необходимы не только определенная температура, наличие кислорода, определенные минеральные и органические вещества или какие-нибудь другие факторы, а их строго определенное количество (например, концентрация). Каждый из этих факторов должен быть доступен для организмов в количестве, определенном природой, а его уменьшение приводит к тому, что именно этот фактор становится определяющим. Например, если у организма в ак-

вариуме достаточно пищи, но нет кислорода в воде, то лимитирующим для его жизнедеятельности фактором будет именно наличие кислорода, и наоборот.

При этом Либих рисовал бочку с дырками, показывая, что именно самая нижняя дырка в бочке определяет уровень жидкости в ней. Закон минимума справедлив для всех живых организмов – рыб, беспозвоночных, млекопитающих, растений и др. (рис. 1).



Рис. 1. Иллюстрация закона Либиха

**Закон толерантности Шелфорда** – закон, согласно которому существование вида определяется лимитирующими факторами, находящимися не только в минимуме, но и в максимуме. Закон толерантности расширяет закон минимума Либиха.

Например, для аквариума это может быть высокая концентрация нитратов или органического вещества, что губительно влияет на жизнедеятельность кораллов и других беспозвоночных.

Из закона Шелфорда прямо вытекает следующий закон, определяющий возможность существования организма в пределах и невозможность существования за пределами диапазона толерантности.

**Закон оптимума** – закон, согласно которому любой экологический фактор имеет определенные пределы положительного влияния на живые организмы, за которыми наступает угнетение жизнедеятельности организма.

Например, кораллы плохо переносят и слишком теплую воду, и слишком холодную, оптимальными для них являются средние температуры, около 25–27 °С – так называемая зона оптимума. Чем сильнее отклонения от оптимума, тем в большей степени данный экологический фактор угнетает жизнедеятельность организма. Эта зона носит название *зоны пессимума*. В ней имеются критические точки: «максимальное значение фактора» и «минимальное значение фактора», за пределами которых наступает гибель организмов. Расстояние между минимальным и максимальным значениями фактора называют *экологической валентностью или толерантностью организма* (рис. 2).



Рис. 2. Иллюстрация закона оптимума

По характеру толерантности выделяют следующие виды:

- *эврибионтные* (от лат. *euryus* – широкий) – имеющие широкую экологическую валентность по отношению к абиотическим факторам среды, которые, в свою очередь, делятся на *эвритермные* (выносящие значительные колебания температур), *эврибатные* (выносящие широкий диапазон показателей давления), *эвригалинные* (выносящие раз-

ную степень засоленности среды). К эвригалинным организмам относится морская звезда (*Asterias rubens*), обитающая в северных морях. Соленость воды в местообитаниях этих морских звезд может изменяться от 10 до 30 промилле за несколько часов. Данные колебания солености характерны для приливно-отливных процессов, например, Белого моря;

- *стенобионтные* (от лат. *stenos* – узкий) – неспособные переносить значительные колебания фактора (например, стенотермными являются глубоководные рыбы, обитающие при низком температурном режиме).

По отношению к одному фактору вид может быть стенобионтом, по отношению к другому – эврибионтом.

В зависимости от этого выделяют прямо противоположные пары видов: стенотермный – эвритермный (по отношению к теплу), стеногидрический – эвригидрический (к влаге), стеногалинный – эвригалинный (к солености), стенофотный – эврифотный (к свету) и др.

**Законы Одум** – законы, согласно которым:

1) организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного экологического фактора и низкий в отношении другого.

Изменение одних факторов окружающей среды действует на организмы сильнее, чем изменение других факторов. Соответственно, и сопротивляться таким факторам организмы могут по-разному. Например, кораллы в широких пределах переносят изменение длины светового дня и относительно легко к этому адаптируются, в отличие от перепадов температуры – повышение окружающей воды на 1–2 °С может привести к их гибели.

Пределы толерантности не являются одинаковыми и для представителей одного и того же вида. Индивидуальная потребность в тех или иных факторах среды зависит от многих особенностей организма рыб, таких как возраст, степень развития и др. Для взрослого организма пределы толерантности всегда шире, чем для молодого. Если перебои с пищей могут доставить взрослой и здоровой рыбе лишь небольшие неприятности, то для мальков это может оказаться фатальным. Кроме того, пределы толерантности для представителей одного и того же вида зависят также от индивидуальных физиологических особенностей;

2) если условия по какому-либо экологическому фактору не оптимальны, то диапазон толерантности может сузиться и в отношении других факторов.

Организм, который борется за выживание в неблагоприятных условиях (даже если неблагоприятным является один фактор окружающей

среды из множества), тратит большое количество сил и энергии. Это рано или поздно приведет к его ослаблению, уменьшению сопротивляемости и даже к тому, что условия среды, которые ранее были нормальными для его жизни, станут неблагоприятными. Например, недостаток какого-то элемента питания или микроэлемента для рыб и растений может отразиться на сокращении пределов толерантности к низким или высоким температурам;

3) многие факторы среды могут стать лимитирующими в критические периоды жизни организмов. Болезни, изменения физиологии в периоды размножения, роста или старения также могут ослабить организм и снизить его устойчивость к воздействию окружающей среды по одному или многим факторам.

**Закон соответствия условий среды генетической предопределенности организма.** Согласно данному закону вид организмов может существовать до тех пор и постольку, поскольку окружающая его природная среда соответствует генетическим возможностям приспособления этого вида к ее колебаниям.

Каждому организму, будь то животное или растение, необходимо создавать те условия обитания, к которым оно приспособлено генетически и физиологически. Благоприятные условия для одного вида животных или растений совсем не обязательно будут благоприятными для другого вида. Например, африканские цихлиды очень положительно относятся к жесткой воде, богатой солями кальция и магния. В их природных местообитаниях (озера Малави и Танганьика) жесткость воды достигает 15–20 °dKH. В то же время рыбам и растениям региона Амазонки требуется мягкая вода, с малым содержанием солей и большим содержанием гуминовых и фолиевых кислот. Например, жесткость воды в реке Рио-Негро – всего 0,1 °dKH, а в Амазонке – 0,6–1,2 °dKH. И те, и другие организмы, возможно, смогут существовать в несвойственной для их физиологии воде, но это будет существование в зонах пессимума, с непредсказуемым риском заболеваний и гибели. Именно поэтому многие аквариумисты создают биотопные аквариумы (т. е. аквариумы, в которых моделируется окружающая среда какого-то конкретного региона планеты с узким диапазоном параметров среды).

**Закон неравномерности развития биологических систем** – закон, согласно которому системы одного уровня (иерархии) обычно развиваются не строго синхронно: в то время как одни достигли более высокого уровня развития, другие остаются в менее развитом состоянии.



В нашем случае, согласно данной закономерности, при изначально равных условиях развитие и рост организмов происходит неоднородно. Так же и в индустриальных условиях, при повышенной плотности, одни животные показывают быстрый рост и отменное здоровье, другие, наоборот, замедленные рост и развитие (в том числе половое).

**Принцип конкурентного исключения Гаузе** – закон, согласно которому два вида не могут существовать в одной и той же местности, если они занимают одну и ту же экологическую нишу. В связи с этим принципом при ограниченности возможностей пространственно-временного разобщения один из видов вырабатывает новую экологическую нишу или исчезает.

Положения закона:

1. Если два вида занимают одну и ту же экологическую нишу, то почти наверняка один из них превосходит другой в этой нише и в конце концов вытеснит менее приспособленный вид, т. е. сосуществование между полными конкурентами невозможно. Второе положение вытекает из первого.

2. Если два вида сосуществуют в состоянии устойчивого равновесия, то они должны быть экологически дифференцированы, с тем чтобы они могли занимать разные ниши.

### **Контрольные вопросы**

1. Что изучает аутэкология?
2. Назовите основные законы аутэкологии.

## **3. ФАКТОРЫ СРЕДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЫБ**

### **3.1. Абиотические факторы и их влияние на рыб**

Рыбы – первичноводные животные, всю жизнь проводящие в воде, поэтому свойства воды оказывают сильнейшее влияние на жизнедеятельность и в конечном счете на состав ихтиофауны водоема.

**Плотность воды и движение рыб.** Огромное значение для рыб имеют приспособления, обеспечивающие существование в толще воды, удержание тела в определенном положении и облегчение плавания. Высокая плотность и малая вязкость воды играют большую роль в жизни рыб.

Плотность тела рыб только немного выше этих показателей воды, а у хороших пловцов равна им. Благодаря этому плавучесть (отношение плотности тела рыбы к плотности воды) становится нулевой или нейтральной (осетр, судак, карп). Таким образом, рыбы в воде относительно невесомы. У придонных и донных рыб отмечена незначительная отрицательная плавучесть (камбала, бычок) – это способствует удержанию их у дна.

Выравнивание плотности тела рыбы и воды происходит у хрящевых и некоторых костистых рыб за счет накопления жира. Костистые рыбы имеют специальный гидростатический аппарат – плавательный пузырь (мешкообразный орган, наполненный газами). Изменение объема плавательного пузыря позволяет рыбе регулировать плавучесть. Специальные гидростатические приспособления имеют рыбы и в эмбриональном периоде: оводнение желтка, наличие в желтке жировых капель, увеличение перивителлинового пространства в икринках и др.

Быстроплавающие рыбы имеют обтекаемую форму, небольшие плавники, компактные внутренние органы; многие из них не имеют плавательного пузыря, игл и колючек. Плохие пловцы часто имеют сплюснутое тело, большую голову и плавники, различные выросты.

**Термический режим водоема.** Основную массу тепловых лучей из атмосферы поглощают верхние слои воды. Количество лучей, проникающих вглубь, постепенно убывает, поэтому возникает температурная стратификация (температура воды на разных глубинах неодинакова). Зимой в малых водоемах наблюдается обратная стратификация – от 0 °С под ледовым покровом к 4 °С на глубинах.

Рыбы относятся к пойкилотермным животным, т. е. к животным с переменной температурой тела.

У карпа, линя, карася, находящихся в покое, температура тела соответствует температуре окружающей воды, а при плавании превышает ее на 0,2–0,3 °С. Температура тела угря, у которого откладывается большое количество жира под кожей, может быть на 2,7 °С выше окружающей. Наибольшее превышение температуры тела над температурой воды (11 °С) зарегистрировано у тунца.

Рыбы осваивают водоемы с самыми различными температурными режимами. В горячих источниках Калифорнии (52 °С) живет лукания. Угри были обнаружены при температуре 45 °С; наряду с этим даллия обитает в промерзающих водоемах Крайнего Севера Азии (Чукотка) и Америки (Аляска). В фауне Беларуси исключительной холодостойкостью отличается карась – он способен, вмерзая зимой в лед, оставаться живым (если только не промерзают полостные жидкости).

В зависимости от пределов температуры, в которых происходит наиболее интенсивная нормальная жизнедеятельность, рыб разделяют на теплолюбивых и холодолюбивых.

Теплолюбивые рыбы, такие, как сазан, карп, карась, линь, плотва, растительные, осетровые и др., питаются наиболее интенсивно при температуре 17–28 °С, при пониженной температуре пищевая активность их ослабевает, а у ряда рыб на зиму прекращается, и они проводят зиму в малоподвижном состоянии в глубоких местах водоема; размножаются в теплое время года – весной и летом. Таким образом, обмен веществ у них наиболее эффективен при относительно высокой температуре.

Для холодолюбивых рыб оптимальные температуры относительно низкие – от 8 до 16 °С; зимой они продолжают питаться; нерест проходит осенью и зимой (большинство лососевых – сига, белорыбца, лосось, ручьевая форель и др.). При высоких температурах (более 20 °С) их активность падает, т. е. у этих рыб наиболее интенсивный обмен приспособлен к относительно низким температурам.

Молодь оказывается более устойчивой к колебаниям температур, чем взрослые рыбы.

По способности переносить колебания температур рыб подразделяют на эвритермных (могут жить в широком диапазоне температур) и стенотермных (диапазон возможных температур узок).

К стенотермным относят рыб, эволюция которых проходила в более или менее стабильных условиях, – обитателей тропической и полярной зон, а также больших глубин, где температура меняется мало.

Температура, при которой жизнь рыбы становится невозможной, называется пороговой. В рыбоводстве температура, при которой выращивают рыб, определяет быстроту развития, интенсивность питания и дыхания рыб, затраты кормов на прирост, направленность пластического обмена, скорость созревания, устойчивость потомства к колебаниям температур.

**Растворенные в воде газы.** Растворимость разных газов в воде не одинакова. Быстрее других растворяется двуокись углерода, далее – кислород, медленнее всех – азот. Кислород из атмосферы диффундирует в воду медленно, поэтому содержание его убывает от поверхности к глубине. Подавляющее большинство рыб дышит растворенным в воде кислородом, поэтому содержание его в окружающей среде имеет для них первостепенное значение.

Разные виды рыб нуждаются для нормального дыхания в разном количестве кислорода. Наиболее требовательным обитателям холод-

ных проточных водоемов (например, лососевым) необходима концентрация 4,4–7,0 мг/л, окунь (*Perca fluviatilis*) и ерш (*Acerina cernua*) могут жить при содержании кислорода 2,5 мг, а наиболее выносливые рыбы фауны Беларуси – караси – не испытывают угнетения при концентрации в 0,3 мг/л.

Большое значение для нормальной жизнедеятельности рыб имеет содержание в воде двуокси углерода. При повышенном содержании ее в воде падает способность крови поглощать из воды кислород, дыхание учащается, но газообмен становится менее интенсивным.

Способность противостоять повышению концентрации  $\text{CO}_2$  у разных видов рыб неодинакова. Так, форель более чувствительна, чем карп, карась или линь. Критическими уровнями  $\text{CO}_2$  в 1 л являются: для форели – 120–140 мг, для толстолобика – 200 (молодь) – 300 (взрослая рыба), для карпа – 200, для линя – более 400 мг.

Значение рН, обусловленное концентрацией водородных ионов, является одним из важнейших абиотических факторов внешней среды, определяющих видовой состав и численность гидробионтов водоема. Наиболее благоприятно для дыхания большинства рыб значение рН, близкое к нейтральному. При сильных сдвигах рН в кислую и щелочную стороны (т. е. при увеличении или уменьшении концентрации водородных ионов) затрудняется дыхание, возрастает кислородный порог, ослабляется интенсивность питания.

По отношению к колебаниям рН среды рыб делят на стено- и эврионных. В воде морей рН изменяется мало (7,5–8,5), морские рыбы относятся к стеноионным. Пресные воды, в отличие от морских, характеризуются неустойчивостью рН.

Однако возможные границы рН, в которых могут жить пресноводные рыбы, неодинаковы и при прочих равных условиях зависят прежде всего от вида. Из объектов рыборазведения наиболее выносливы карась и карп; щука переносит колебания рН в пределах 4,0–8,0, ручьевая форель – 4,5–9,5, карп – 4,3–10,8, карась выдерживает снижение рН до 4,5.

**Солевой состав воды.** Воздействие на рыб растворенных в воде солей заключается прежде всего в том, что от их количества зависит уровень осмотического давления, а следовательно, и жизнедеятельность рыб.

Осмотическое давление у рыб поддерживается почками, при этом следует отметить, что жабры и почки морских и пресноводных костистых рыб выполняют прямо противоположную работу. В то время как

у морских рыб жабры удаляют избыток солей из тела, а мочеотделение происходит в малом количестве, у пресноводных рыб высокое содержание солей в крови поддерживается поступлением их через жабры, а через почки выделяется моча весьма бедная солями.

В организм рыб соли проникают через ротовую полость, жабры и кожу, причем проникновение солей через кожу зависит от плотности чешуйного покрова. Попадая в организм, соли включаются в обмен веществ. Так, при увеличении концентрации солей фосфора в воде до 10 мг/л резко ускорился рост молоди осетровых.

**Свет, звук, электропроводность, запах.** Свет в воде поглощается довольно быстро, причем лучи разной части спектра проникают на разную глубину: красные и желтые лучи не проникают глубже 10 м, синие и фиолетовые проходят глубже других – до 100 м.

Прозрачность пресноводных водоемов значительно меньше, чем морских, и колеблется сильнее. К особенностям освещения приспособлены строение органов зрения рыб, степень развития других органов чувств, окраска покровов, наличие (или отсутствие) органов свечения и т. д. У видов, обитающих в поверхностных слоях, вырабатывается положительный фототаксис, а у придонных и сумеречных – отрицательный. С освещенностью связаны активность рыб, интенсивность обменных процессов, половое созревание.

Звук распространяется в воде в 4,5 раза быстрее, чем в воздухе, а поглощается в тысячу раз медленнее, т. е. слышен на десятки километров. Поэтому в воде его улавливать легче, чем в воздухе. Звукопроводимость тканей тела рыб близка к звукопроводимости воды. В связи с этим даже относительно слабо развитый орган слуха рыб (внутреннее ухо) обеспечивает восприятие значительной информации из окружающей среды. Кроме того, в восприятии звуков принимают участие также органы боковой линии и плавательный пузырь (служащий резонатором).

Электропроводность воды обусловлена тем, что большинство солей находится в ней в диссоциированном состоянии, в виде ионов. Многие рыбы воспринимают изменения электрического поля в воде, используют слабые электрические разряды для ориентировки, сигнализации, нападения.

Запахи сохраняются в воде более длительно и стойко, чем в воздухе. Они являются источником разнообразной информации (в пищевом, нерестовом, оборонительном, стайном поведении и др.). Рыбы воспринимают широкий спектр запахов, различают химические соединения различных классов (спирты, кетоны, эфиры, кислоты и др.). Рыбы с

хорошо развитой обонятельной чувствительностью (сом, налим, угорь, линь) сильно реагируют на запахи пищи, рыб своего и других видов и т. д.

Грунт и взвешенные в воде частицы определяют в значительной мере прозрачность воды и тем самым влияют на освещенность толщи воды и дна.

Большая часть рыб в той или иной мере связана с дном водоема, т. е. с грунтом. Приспособления к жизни на дне развиваются в разных направлениях. Общеизвестна способность рыб менять окраску, внешние покровы донных рыб повторяют тон и рисунок дна. Закапывающиеся виды осваивают мягкие иловые участки, а живущие на каменистых грунтах обладают присосками и т. д.

Среди пресноводных рыб при высыхании могут зарываться в ил водоема вьюн (*Misgurnus fossilis*) и карась (*Carassius carassius*). Перекапывают ил в поисках пищевых организмов бентосоядные рыбы, многие лососевые перед нерестом разбрасывают хвостом гальку, устраивая «гнезда» (ямки) для икры.

Защитными приспособлениями от избытка взвеси в воде у обитателей мутных вод являются уменьшение глаз (т. е. сокращение наиболее уязвимых участков поверхности тела) и усиленное выделение слизи, которая, осаждая муть, обеспечивает чистоту воды вокруг тела рыбы и таким образом улучшает условия дыхания.

### 3.2. Биотические факторы и их влияние на рыб

Среди биотических взаимоотношений у рыб следует выделить внутривидовые, межвидовые взаимоотношения, а также взаимоотношения рыб с другими гидробионтами.

**Внутривидовые взаимоотношения.** Формы внутривидовых взаимоотношений у рыб весьма разнообразны: популяции, элементарные популяции, стаи, скопления, колонии, пищевые и другие взаимоотношения.

Популяция (стадо) – это одновидовая разновозрастная самовоспроизводящаяся группировка рыб, приуроченная к определенному месту обитания и характеризующаяся определенными биологическими показателями (размерно-возрастной состав, темп роста, сроки нереста и т. д.).

Элементарная популяция – группировка, состоящая в основном из рыб одного возраста, близких по физиологическому состоянию, и сохраняющаяся пожизненно.

Стая – это группировка близких по возрастному и биологическому состоянию рыб, объединяющихся единством поведения на определенный период.

Скопление – это временное объединение ряда стай или элементарных популяций. Различают следующие типы скоплений:

- нерестовые;
- миграционные;
- нагульные;
- зимовальные.

Колония – временная группировка рыб, состоящая из особей, как правило, одного пола, образующаяся в местах размножения или защиты кладок икры.

У некоторых видов рыб наблюдается внутривидовой паразитизм. Так, у глубоководных удильщиков карликовые самцы прирастают к телу самки и питаются через ее кровеносную систему.

Большое значение в жизни рыб имеют пищевые взаимоотношения. Обеспечение популяции пищей достигается за счет того, что у ряда видов имеется несколько поколений молоди в течение года (порционный нерест), которые расходятся в составе пищи на разных этапах развития.

Рыбы воздействуют друг на друга, изменяя абиотические условия. Так, некоторые виды движением плавников создают токи воды у охраняемых ими икринок (судак, бычки и др.).

У мирных видов рыб в группе отмечается уменьшение потребления кислорода по сравнению с одиночными особями. Повышение плотности рыб также снижает воздействие на них отравляющих веществ.

**Межвидовые взаимоотношения у рыб.** Проявляются в форме пищевой конкуренции, мирного и паразитического сожительства, взаимоотношения хищник – жертва.

Взаимоотношения хищник – жертва привели к выработке у рыб ряда особенностей:

- у рыб-хищников – сильные зубы, хорошее зрение и обоняние, быстрое передвижение и т. д.;

- у рыб-жертв – шипы, колючки, панцирь, ядовитые железы и т. д.

Формы взаимоотношений у рыб включают:

- паразитизм (на рыбах паразитируют глубоководные угри, ванделлиевые сомики, миноги, миксины и др.);

- комменсализм – взаимодействие, полезное для одной стороны и безразличное для другой (взаимоотношения акул с рыбой-прилипалой,

которая прикрепляется к акуле, путешествует с ней и отделяется, чтобы съесть остатки пищи);

- мутуализм – обоюдовыгодное сожительство (наблюдается у рыб-«чистильщиков», которые избавляют рыб-«клиентов» от паразитов, грибковых и бактериальных заболеваний (губановые рыбы, рыбы-бабочки и др.).

**Взаимоотношения рыб с другими организмами.** У рыб существуют сложные взаимоотношения с другими организмами (животные, растения, бактерии, вирусы).

Большое число заболеваний у рыб вызывают вирусы, некоторые грибы. Бактерии служат также пищей для рыб. Некоторые глубоководные рыбы имеют в светящихся органах особые бактерии, которые светятся.

Водоросли и высшие растения являются объектами питания растительноядных рыб (белый толстолобик, белый амур, красноперка). Некоторые растения питаются личинками рыб (пузырчатка).

Периодическое бурное развитие некоторых водорослей вызывает в морях заморные явления, что может приводить к гибели рыб.

Кишечнополостные животные, черви, насекомые, их личинки и ракообразные имеют важное значение в питании рыб, некоторые виды кишечнополостных являются убежищем для рыб (кораллы).

Многие черви являются паразитами и практически все рыбы в определенной степени ими заражены.

Моллюски играют важную роль в питании многих видов рыб (плотва, вобла, бычки, камбалы и др.). В мантийную полость двусторчатых моллюсков некоторые рыбы откладывают икру (горчак).

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите и охарактеризуйте абиотические факторы среды и их влияние на рыб.

2. Перечислите и охарактеризуйте биотические факторы среды и их влияние на рыб.

## **4. ЭКОЛОГИЯ РОСТА РЫБ**

### **4.1. Продолжительность жизни**

Продолжительность жизни рыб и их размеры весьма различны, но специфичны для каждого вида. Самые маленькие рыбки – бычки с Фи-



липпинских островов – не превышают в длину 7,5–14,0 мм, продолжительность их жизни составляет около года. Другая крайность – китовая акула, достигающая в длину 15–20 м. Из промысловых рыб – белуга, которая достигает массы около 1,5 т и возраста 100 лет. Обычно предельный возраст «долгожителей» исчерпывается 15–30 годами. У пресноводных рыб Беларуси предельный возраст меньше: у леща – 15 лет, серебряного карася – 12, сазана – 16, карпа – 20 лет.

В настоящее время в связи с интенсификацией промысла лишь ограниченное количество особей доживает до предельного видового возраста.

Естественная продолжительность жизни определяется видовыми особенностями обмена веществ. Многие виды рыб погибают после первого нереста (дальневосточные лососи рода *Oncorhynchus*, угорь *Anguilla*).

#### 4.2. Связь роста с развитием

Рост неразрывно связан с развитием, являясь одной из его сторон. Специфической особенностью роста рыб является преобладание ассимиляции (совокупность процессов синтеза в живом организме) над диссимиляцией (разрушение сложных органических веществ до более простых), благодаря чему рыба растет и после наступления половой зрелости, т. е. в течение всей жизни. Характерным свойством рыб является снижение обмена веществ (но без нарушения функций органов) при длительном недостатке или отсутствии пищи и быстрое восстановление его интенсивности при улучшении условий питания. Эта способность позволяет многим рыбам безболезненно переносить долгое зимнее голодание (камп).

Различают весовой рост (наращивание массы тела) и линейный (увеличение длины тела). Весовой рост сильнее подвержен колебаниям в зависимости от условий питания, чем линейный. Вместе с тем в прудовом рыбоводстве основным показателем эффективности выращивания рыбы является весовой рост. Рыба растет неравномерно как в течение жизни, так и в течение всего года, причем в разные периоды рост ее характеризуется определенными особенностями.

Прежде всего, различен характер роста рыб до и после наступления половой зрелости. Обычно до наступления половой зрелости рыбы растут наиболее быстро. Пища используется главным образом на линейный прирост. Поэтому в первые годы жизни, как правило, происходит наиболее быстрое нарастание линейных размеров. После

наступления половой зрелости темп линейного роста снижается, а прирост массы возрастает, причем максимальное увеличение ее наблюдается именно в старшем возрасте.

Значительная часть потребленной пищи расходуется на образование половых клеток и накопление резервных веществ, обеспечивающих созревание гонад, благополучный исход зимовки, миграции и т. д. Доля продуцирующей пищи уменьшается и соответственно увеличивается часть пищи, идущей на поддержание жизнедеятельности (поддерживающая пища).

В период старения организма линейный рост сильно замедляется. Пища расходуется в основном на поддержание жизненных процессов.

У рыб, как у животных с непостоянной температурой тела, наблюдается периодичность, неравномерность роста в течение года. Периоды усиления и замедления роста чередуются в течение года и сезона в соответствии с наиболее или наименее благоприятными для данного вида температурными условиями, богатством или бедностью пищевой базы и т. д. У неполовозрелых карповых, сиговых и многих других рыб характер роста наиболее ясно отражает обеспеченность их пищей и, следовательно, подвержен резким колебаниям. У хищных рыб, например окуневых, зависимость роста от обеспеченности пищевыми организмами выражена слабее. Это связано с тем, что в случаях обеднения пищевой базы они поедают себе подобных (каннибализм).

Очень специфичен рост рыб, которые перестают питаться в период зимовки или миграций: у них перед зимним голоданием или длительным странствованием в тканях тела накапливается жир при замедленном белковом росте. При этом обычно после зимовки, в начале вегетационного периода, увеличения линейных размеров тела не происходит, а преобладает накопление жира. Этот процесс продолжается до момента достижения определенной упитанности. После этого жиронакопление замедляется или приостанавливается, а ускоряются белковый рост и связанный с ним линейный прирост.

Таким образом, очень важным показателем качества посадочного материала, например карпа, является его упитанность, в какой-то мере отражающая уровень накопления резервных веществ, а следовательно, и подготовленности рыбы к зимнему голоданию и дальнейшему росту во второе лето. Чем упитаннее годовики после зимовки, тем скорее начинается увеличение их линейных размеров после посадки в нагульные пруды.

Рост рыбы в значительной мере отражает качество и количество пищи, находимой ею в водоеме. Поэтому, как правило, в течение веге-

тационного периода увеличиваются различия в величине молоди, полученной одновременно от одних родителей. Например, при выращивании сеголеток карпа разница в размерах выклеывающейся молоди не превышает нескольких процентов, а осенью, т. е. в конце первого лета жизни, самые крупные экземпляры превосходят по массе самые мелкие нередко в 10–20 раз. При этом чем большие колебания размеров наблюдаются при зарыблении прудов весной, тем более разноразмерной оказывается рыба в конце выращивания.

Условия питания определяют быстроту индивидуального роста рыб, а тем самым и характер роста стада в целом. Богатая кормовая база обеспечивает быстрый рост. При этом все рыбы могут потреблять одинаковую пищу, поэтому они растут относительно ровно и индивидуальная изменчивость в стаде невелика.

При недостатке кормовых организмов скорость роста стада замедляется. Даже небольшие различия в исходной величине рыб позволяют им питаться по-разному, и различия в росте увеличиваются, становятся все более заметными, а индивидуальная изменчивость рыб в стаде повышается. Таким образом, рост является обобщающим показателем того, насколько условия обитания отвечают потребностям рыбы.

Однако реакция организма на изменение условий жизни неоднородна. В условиях обильного питания наряду с ускорением роста повышаются, например, выживаемость (особенно молоди), плодовитость, увеличивается численность вида; обеднение пищевой базы, приводящее к замедлению роста рыб, сопровождается также уменьшением плодовитости, нередко проявлением каннибализма и в конечном счете уменьшением численности вида.

### **4.3. Взаимосвязь роста с быстротой полового созревания**

Взаимосвязь роста с быстротой полового созревания имеет приспособительный характер, т. е. наибольшая скорость роста наблюдается до наступления половой зрелости и сильно замедляется у половозрелых рыб. С другой стороны, отмечается наименьшая плодовитость при первом нересте и ее возрастание в дальнейшем. Это существенно влияет на товарную массу и воспроизводительную способность стада в целом, т. е. эффект воспроизводства группы рыб, начинающих нереститься в разном возрасте, неодинаков. Особенно это заметно у рыб скороспелых, т. е. среди видов с коротким жизненным циклом. Ускорение полового созревания, т. е. сроков первого нереста, на 1 год

(при прочих равных условиях) заметно увеличивает общую численность популяции, что имеет важное значение для промысла.

В рыбоводстве особое внимание уделяют взаимосвязи воспроизводительной способности рыб с ростом, так как это в значительной мере отражается на результатах выращивания товарной рыбы.

### **Контрольные вопросы**

1. Что представляет собой рост рыб?
2. Охарактеризуйте темпы роста рыб в течение жизни.
3. Перечислите способы определения роста рыб.

## **5. ЭКОЛОГИЯ РАЗМНОЖЕНИЯ И РАЗВИТИЯ РЫБ**

### **5.1. Специфические особенности размножения**

Рыбам свойственно половое размножение, хотя у многих видов сельдей, осетровых, лососевых, карповых и некоторых других зрелые половые клетки, попав в воду, начинают развиваться партеногенетически, т. е. без оплодотворения. При этом, как правило, развитие доходит только до стадии дробления, и лишь в исключительных случаях были получены жизнеспособные личинки, прожившие до полного рассасывания желточного мешка (салака, сахалинская сельдь, налим, окунь).

Некоторым видам рыб (серебряный карась (*Carassius gibelio*), моллизия (*Molinsia formosa*)) свойствен совершенно необычный способ размножения – гиногенез. У этих видов во многих районах ареала популяции состоят только из самок (самцы отсутствуют или единичны и неполноценны в половом отношении). В таких однополых популяциях нерест самок проходит при участии самцов других видов. При данном виде размножения проникновение спермия в яйцеклетку является необходимым условием развития. Однако слияния ядер спермия и яйцеклетки не происходит и ядро яйцеклетки становится ядром зиготы (ядро спермия генетически инактивируется). В результате в потомстве появляются только самки без внешних признаков тех самцов, которые принимали участие в нересте. Цитогенетической основой этого процесса является триплоидия самок из однополых популяций.

Размножение и развитие рыб отличаются рядом специфических особенностей, обусловленных водным образом жизни.

У большинства рыб осеменение наружное. В отличие от наземных животных зрелые половые клетки рыб выводятся в воду, здесь проис-

ходит оплодотворение икры и дальнейшее ее развитие. Осеменение, оплодотворение и инкубация икры в воде, вне материнского организма, влечет за собой большую гибель потомства на ранних стадиях развития. Для обеспечения сохранения вида в процессе эволюции у рыб выработалась или большая плодовитость, или забота о потомстве.

## 5.2. Плодовитость

**Плодовитость рыб** – это возможная репродуктивная способность организма или популяции, измеряемая числом гамет. Плодовитость рыб намного выше, чем наземных позвоночных. Это приспособительное свойство вида к условиям существования. Плодовитость начинает формироваться с момента дифференциации пола и образования фонда первичных половых клеток, которые по мере развития и роста превращаются в оогонии и составляют так называемую потенциальную плодовитость. Количество икры, откладываемой разными видами, очень сильно варьируется – от нескольких штук у полярной акулы до 200 млн. у морской щуки и 300 млн. у луны-рыбы. Наиболее плодовиты рыбы, откладывающие плавающую пелагическую икру; затем следуют рыбы, икра которых развивается приклеенной к растениям; у рыб, прячущих или охраняющих свою икру, плодовитость невелика.

Наблюдается обратная зависимость между индивидуальной плодовитостью и размерами икринок: у рыб с крупной икрой она ниже, с мелкой – выше (у кеты диаметр икринок – 7–8 мм, плодовитость – 2–4 тыс. шт.; у трески диаметр икринок – 1,1–1,7 мм, плодовитость – до 10 млн. шт.). Наряду с количественными показателями плодовитости рыб большое значение имеет качество икры, так как оно влияет в дальнейшем на выживаемость потомства. Плодовитость рыб характеризуется видоспецифичностью и закреплена наследственно, тем не менее она может изменяться в определенных пределах в зависимости от биологических особенностей самок (массы, размеров, возраста), их физиологического состояния, а также условий среды.

Сильнейшее влияние на плодовитость оказывает обеспеченность рыб пищей. У рыб одного размера плодовитость значительно выше в благоприятных условиях питания. Кроме того, у одного и того же вида плодовитость зависит от размера и возраста рыбы. У одной и той же особи плодовитость – при прочих равных условиях – по мере роста сначала увеличивается, затем к старости уменьшается.

На воспроизводительную способность рыб сильное влияние оказывает их возраст, так как качество половых продуктов на протяжении

жизни различно. У большинства видов наиболее высококачественное потомство получается от рыб среднего возраста. Молодые и очень старые особи дают менее жизнестойкое потомство.

У рыб длительность инкубационного периода колеблется от нескольких часов (данио) до 22 мес (клювачая акула). Для инкубации икры требуется определенное количество тепла, выражаемое в градусоднях. Эта величина меняется в зависимости от температуры воды. Различают плодовитость *индивидуальную, относительную и рабочую*. Индивидуальная (или абсолютная, или общая) плодовитость – это общее количество икры, выметываемое самкой за один нерестовый период при благоприятных условиях. Например, у 6-летнего карпа она составляет в среднем около 900 тыс. шт. Относительная плодовитость – количество икры, приходящееся на единицу массы тела самки (у карпа, например, она равна 180 тыс. шт. на 1 кг массы тела). Этот показатель особенно удобен для сравнения, он четко показывает, как изменяется количество икры с ростом рыбы: до определенного возраста оно возрастает, потом снижается. Рабочая плодовитость – количество икры, получаемое от одной самки при проведении искусственного осеменения в рыбоводной практике. Для определения плодовитости берут пробу икры в стадии ее наибольшего развития, т. е. незадолго до нереста.

### 5.3. Половая зрелость

**Половое созревание** – процесс изменений в организме, вследствие которых он становится взрослым и способным к продолжению рода. Время наступления половой зрелости у разных рыб подвержено значительным колебаниям и варьируется в зависимости от условий, кроме того, оно различается у разных популяций одного вида и даже в пределах одной популяции. Как правило, рыбы с большей продолжительностью жизни созревают позже, рыбы с коротким жизненным циклом – раньше. Обычно время наступления половозрелости связано с достижением особью определенного размера. Так, лещ созревает в среднем при длине тела 27 см, язь – 18 см, щука – 40 см и т. д. Следовательно, чем медленнее растет рыба, тем позднее наступает половозрелость, и наоборот. Время полового созревания связано и с обеспеченностью пищей. У большинства видов рыб половозрелость в высоких широтах наступает позже, чем в низких. Так, плотва в водоемах Финляндии созревает в 5–6 лет, в средней полосе – в 4–5 лет, на юге Европы –

в 3 года. Разные виды рыб достигают половой зрелости в разном возрасте: от 1–2 мес (некоторые карпозубые) до 15–30 лет (многие осетровые). Приспособительным свойством, направленным на успешное воспроизводство, является соотношение полов в популяции. У большинства видов оно близко к 1:1, но в зависимости от размера особей и других факторов может меняться. Размерно-половые соотношения у рыб, т. е. процент самок и самцов в размерной группе, могут быть трех типов:

1. Размеры самцов и самок равны, созревание происходит одновременно, и соотношение полов составляет 1:1 во всех возрастных группах (сельди).

2. Самки крупнее самцов. Самцы созревают раньше, и продолжительность их жизни меньше. Доля самок у рыб данного типа увеличивается с возрастом, достигая 100 % в старших возрастных группах (окунь, плотва, ряпушка и др.).

3. Самцы крупнее самок, и среди старших особей доля самок уменьшается (колюшки, бычки).

#### 5.4. Половой диморфизм

*Половой диморфизм* (от греч. *di* – вдвое, дважды и *morphe* – форма) – различия признаков мужских и женских особей раздельнополюх видов. Вторичных половых признаков у большинства рыб нет, поэтому у них самки и самцы внешне не различаются.

У некоторых видов вторичные половые признаки ярко выражены: самки крупнее самцов, самцам свойственны более яркая окраска, удлинённые плавники и др. Так, у некоторых сомов, пескаря (*Gobio gobio*), байкальской желтокрылки (*Cottocomephorus grewingkii*) грудные плавники у самцов больше, чем у самок.

У многих рыб половой диморфизм становится заметным в преднерестовый период, при созревании, когда появляется так называемый брачный наряд – в подавляющем большинстве случаев у самцов. У карповых и сигов на голове и теле образуется жемчужная сыпь, у хариусов краснеют плавники, у гольцов на теле появляются яркие пятна, у лососей изменяются челюсти и возникает горб (нерка, горбуша), появляются лиловые пятна вдоль тела (кета) и т. д. После нереста брачный наряд пропадает, однако, например, у дальневосточных лососей, угрей, сельди-черноспинки изменения в организме настолько сильны и необратимы, что после первого нереста рыбы погибают.

Очень своеобразны преднерестовые изменения у горчаков (*Rhodeinae*), откладывающих икру в мантийную полость двустворчатых моллюсков: у самцов окраска становится очень яркой, а у самок вырастает длинный яйцеклад.

### 5.5. Деление рыб по срокам икрометания

По срокам икрометания рыб Беларуси подразделяют:

а) на весенне-нерестующих (сельди, радужная форель, щука, окунь, плотва, орфа);

б) летне-нерестующих (сазан, карп, линь, красноперка);

в) осенне-зимне-нерестующих (многие лососи, сиги, налим, навага).

Это деление в известной мере условно, так как один и тот же вид в разных районах нерестится в разное время: карп в средней полосе – в мае – июне, на островах Ява и Куба – круглый год.

Время нереста сильно варьируется в течение суток: лососи, налим, хамса обычно выметывают икру ночью, анчоус – вечером, карп нерестится чаще всего перед восходом солнца.

По продолжительности периода икрометания выделяют две группы рыб: с единовременным и порционным нерестом. Рыбы единовременного икрометания икру откладывают сразу, одновременно. В короткий срок (одно утро) нерестятся вобла, окунь. Многие тропические рыбки выметывают икру в течение часа. Вся икра таких рыб, предназначенная к вымету в данный сезон, созревает сразу и полностью выметывается.

Другие рыбы откладывают икру в несколько приемов, отдельными порциями, с промежутками в 7–10 дней. Типичный представитель – каспийские сельди. У них в гонадах икра созревает и выметывается последовательными порциями. В результате увеличивается индивидуальная плодовитость: при порционном икрометании за сезон самка выметывает в 2–3 раза больше икры, чем при единовременном.

Порционность икрометания характерна главным образом для рыб тропиков и субтропиков, в умеренных широтах таких рыб меньше, в Арктике – почти нет.

Существуют рыбы, которые хотя и не имеют резко выраженного порционного икрометания, но нерестовый период их (одной особи) растягивается на несколько дней, т. е. икра также выметывается в несколько приемов (лещ, иногда карп). Некоторые рыбы в южной части своего ареала нерестятся порционно, в северной – единовременно (лещ, карп).



Порционное икротетание способствует увеличению плодовитости рыб и обеспеченности потомства пищей, а также лучшей выживаемости молоди в неблагоприятных условиях обитания.

Выметанные икринки у подавляющего большинства рыб шаровидные, но есть и овальные (хамса), сигаровидные (бычки, ротан) и даже каплевидные и цилиндрические (некоторые бычки). Окраска икринок у большинства видов желтоватая, оранжевая разных оттенков, у осетровых черная, у бычков зеленая. Желтоватый и оранжевый цвет обусловлен присутствием каротиноидов. Размеры икринок сильно варьируются: у некоторых сельдей, камбал икринки менее 1 мм в диаметре, у акул – до 8–9 см и более, причем они увеличиваются по мере продвижения вида к северу и на глубины.

Икринки, выметанные и развивающиеся в разных экологических условиях, обладают рядом особенностей, которые связаны с их приспособленностью к среде. В толще воды развиваются плавающие, или пелагические, икринки, на дне или на субстрате – донные, или демерсальные.

У пелагических икринок, развивающихся в толще воды, увеличение плавучести обеспечивается рядом приспособлений. К ним относятся: оводнение желтка, увеличение перивителлинового пространства за счет наличия в желтке жировых капель (многие сельди, камбалы) или образование выростов, облегчающих удерживание икринки в толще воды (сайра и др.).

У чехони, дальневосточных растительноядных рыб, проходных сельдей икринки полупелагические: они развиваются в толще воды на течении, в реке, но в стоячей воде тонут.

Икринки, откладываемые на субстрат (вегетирующие или отмершие растения, камни, коряги и т. д.), часто обладают клейкими оболочками (осетровые, атлантическая и тихоокеанская сельди, карп, карась, рыбец и т. д.) или снабжены нитевидными или крючковидными отростками, которыми они прикрепляются к субстрату. Икринки часто откладываются компактно, и кладки имеют характерную форму. Донные икринки свойственны подавляющему большинству пресноводных рыб или морским, нерестящимся в прибрежной зоне.

С. Г. Крыжановский (1891–1961), создатель теории экологических групп рыб, классифицировал рыб по отношению к субстрату, на который они откладывают икру.

Рыб, которым для нереста не нужен субстрат, т. е. выметывающих икру в толщу воды, называют *пелагофилами* (луна-рыба, сельдевые).

К данной группе рыб относят также сарганообразных (сарганы, полурылы, летучие рыбы), которые хоть и обитают в пелагиали, для нереста находят плавающие водоросли и всякие случайные предметы, к которым приклеивается их икра с клейкими нитями.

*Фитофилы* – рыбы, которые откладывают клейкую икру на живые или отмершие растения, защищая ее тем самым от попадания на илистый грунт в условия недостатка кислорода. Это сазан, лещ, щука, окунь, морские губаны, многие тропические рыбы, например скалярии.

*Литофилы* откладывают икру на каменистый или галечный грунт. Это многие лососевые – сиги, ленки, гольцы, а также гольяны из семейства Карповые. Крупные проходные лососи закапывают икру в каменистый грунт в местах с быстрым течением (горбуша, чавыча, кижуч) или на выходах грунтовых вод (нерка, кета).

*Псаммофилы* нерестятся на песчаных участках, их икра развивается в мокром песке (мойва).

*Остракофилами* называют горчаков, которые откладывают икру под створки живых моллюсков.

Индифферентны к субстрату океанические сельди, которые откладывают клейкую икру на камни или растительность и даже на рыбацкие сети. Это дает возможность сооружать специальные искусственные нерестилища для увеличения эффективности нереста.

Количество желтка и плазмы в икринках разных видов рыб неодинаково. По их соотношению яйца костистых рыб делят на олигоплазматические (содержащие мало плазмы и много желтка) и полиплазматические (богатые плазмой и бедные желтком).

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое гиногенез и партеногенез?
2. Назовите виды плодовитости у рыб.
3. Назовите примеры ярко выраженного полового диморфизма у рыб.
4. На какие группы подразделяются рыбы по срокам икрометания?
5. Назовите классификацию рыб по приуроченности к нерестовому субстрату.

## 6. ЭКОЛОГИЯ ПИТАНИЯ РЫБ

### 6.1. Эндогенное и экзогенное питание рыб

Значение питания в жизнедеятельности организма очень велико. Пища, поступающая в организм, обеспечивает на всех этапах его развития энергетические процессы, связанные с движением, ростом, созреванием, размножением. Так через потребление пищи осуществляется одна из важнейших связей организма с окружающей средой. На протяжении индивидуального развития у рыб имеют место два типа питания – эндогенное (за счет внутренних ресурсов организма) и экзогенное (за счет внешней пищи).

Большинство рыб большую часть жизни питаются экзогенно. Однако у всех рыб питание в начальный период жизни – развитие в икринке и сразу после вылупления эмбриона – происходит за счет запасов желтка и жира в желточном мешке (эндогенное питание) (рис. 3).



Рис. 3. Запасы желточного мешка у предличинки

У взрослых рыб также бывают периоды эндогенного питания, например у рыб, которые не питаются зимой или живут в пересыхающих водоемах, а также у проходных рыб во время нерестовых миграций. В это время поступление пищи извне прекращается.

Эндогенное питание поддерживает обмен веществ у рыб во время зимовки, а у мигрирующих – покрывает огромную трату энергии при длительных передвижениях от мест нагула к местам нереста (осетро-

вые, лососи, некоторые сельди, угри) и созревании в это время половых продуктов, т. е. в организме происходит преобразование накопленных в предыдущий период энергетических ресурсов (в первую очередь жира).

У дальневосточных лососей и угрей этот процесс является необратимым: организм настолько истощается, что после нереста рыба погибает.

Экзогенное питание рыб начинается не сразу после выхода из икринки, а после некоторого периода желточного питания, но до того, как желток будет полностью израсходован (у карповых, окуневых и др. – через несколько дней после выклева, у лососей – через несколько недель). Промежуток времени, когда молодь питается отчасти внешней пищей, а отчасти остатками желтка, называется периодом *смешанного питания*. Так как молодь в это время еще очень мала, то ей доступны лишь самые мелкие формы планктона, однако уже через 1–2 дня она может захватывать и крупных его представителей. Таким образом, молодь всех рыб вначале питается зоопланктоном. Затем, по мере роста, пищевые потребности разных видов расходятся. Одни остаются планктоноядными на всю жизнь (верховка, чехонь, многие сиги, в частности пелядь), другие начинают поедать растения (фитопланктон – толстолобик; высшие растения – красноперка, белый амур), становятся бентосоядными (сазан, линь, карп и т. д.) или рыбоядными (щука, окунь, судак); набор пищевых объектов по мере роста рыб расширяется.

## 6.2. Классификация рыб соответственно их питанию

Существует ряд классификаций рыб соответственно их питанию. Прежде всего рыб делят на *мирных* и *хищных*.

Мирные рыбы могут питаться беспозвоночными (мирные животнoядные), растительностью, детритом. Сюда относятся:

- *планктонофаги*, которые питаются мелкими организмами в толще воды (синец, уклея, сельдь, некоторые сиги и т. д.);

- *бентософаги*, которые питаются организмами у дна (лещ, стерлядь, некоторые сиги и др.);

- *фитофаги*, которые питаются различной растительностью (красноперка, растительнoядные дальневосточные карповые – толстолобик, белый амур, амурский лещ и др.);

- *детритофаги*, которые питаются неразложенными частицами растительных и животных организмов или их выделений, взвешенны-

ми в воде или осевшими на дно водоема (закаспийская храмуля и др.).

Хищники питаются рыбой, а при случае даже другими позвоночными (сом европейский, щука обыкновенная, судак и др.).

Однако это деление весьма относительно: многие рыбы всеядны (сазан, карп), иногда бентософаги могут переходить на питание планктоном, а мирные животоядные при отсутствии обычной пищи становятся хищниками. Изменение характера питания обусловлено рядом биотических и абиотических факторов: возрастом, полом, степенью зрелости, состоянием здоровья, сезоном года и т. д.

По разнообразию потребляемой пищи среди рыб различают:

- *монофагов* (потребляющих пищу одного вида);
- *стенофагов* (набор пищевых объектов невелик);
- *эврифагов* (пища разнокачественная).

По месту питания рыб подразделяют:

1) на пелагических: снеток, ряпушка, некоторые сиги, укляя, судак и др. Эта группа рыб питается в открытой части водоема. Многие из них питаются планктическими организмами;

2) донных и придонных: осетровые, лещ, карп, вобла, сазан, бычки, чудской сиг и др. Эта группа рыб питается организмами, живущими в грунте, на поверхности грунта или в придонных слоях воды (черви, моллюски, хирономиды, разные ракообразные);

3) береговых: карась, линь, окунь, форель, щука и др. Эта группа питается как смешанной пищей (карась, линь), так и только животной, преимущественно рыбой (щука, окунь, форель).

Разделение рыб по характеру питания, по видам кормовых объектов, по месту питания и на другие возможные группы отражает существующие закономерности в природе весьма приблизительно. Молодь всех рыб питается мелкими организмами и прежде всего планктическими ракообразными, а по мере роста многие рыбы переходят на другие виды корма.

Взрослые рыбы питаются разной пищей, однако каждый вид имеет свой набор объектов. Например, вобла является типичным моллюскоедом и питается беззубками, перловицами, прудовиками (82,7 %), лещ в основном питается разными ракообразными (53,5 %), а моллюсками мало (14,5 %). Стерлядь питается преимущественно хирономидами (комарами-звонцами, или комарами-дергунами) – насекомыми из семейства Хирономиды (Chironomidae), отряда Двукрылые (95,7 %); севрюга – ракообразными (45,9 %) и рыбой (45,2 %). Такой хищник, как судак питается преимущественно рыбой (90 %), причем бычковые рыбы в его пищевом рационе составляют 56,5 %.

### 6.3. Качественная и количественная характеристика питания

О питании рыб судят по содержимому пищеварительного тракта, давая ему качественную и количественную характеристики.

**Качественная характеристика** содержимого желудка и кишечника – это перечень находящихся в них организмов и их число.

**Количественная характеристика** дает представление о количестве заглоченной пищи. Получают эту характеристику, взвешивая содержимое пищеварительного тракта или желудка. Масса всего содержимого пищеварительного тракта выражается в процентах или десяти-тысячных долях массы тела рыбы – децимилле.

Отношение массы содержимого желудка и кишечника к общей массе рыбы называется *общим индексом наполнения*. Иногда вычисляют частные индексы, представляющие собой отношение массы отдельных заглоченных видов организмов в пищевом комке к массе рыбы.

Индексы наполнения пищеварительного тракта дают возможность судить об интенсивности питания рыбы. Процент частных индексов по отношению к общему индексу называют спектром питания рыб. При полевых исследованиях степень наполнения желудка у некоторых рыб обозначают условными цифрами:

- 0 – нет пищи в желудке,
- 1 – слабое наполнение желудка,
- 2 – среднее наполнение желудка,
- 3 – полный желудок,
- 4 – желудок растянут пищей.

Интенсивность питания рыбы в значительной степени зависит от температуры. Для каждого вида существуют минимальные и максимальные температурные пределы, за которыми питание прекращается, и оптимальные температуры, при которых рыбы питаются наиболее интенсивно. Повышение температуры вызывает ускорение переваривания пищи рыбой. Так, у воблы скорость переваривания моллюска дрейссены при температуре 26 °С происходит в 4 раза быстрее, чем при температуре 5–7 °С. Вобла, как и многие другие теплолюбивые рыбы, наиболее усиленно питается в теплый период года.

Количество потребляемой пищи в сутки зависит от многих факторов и различно у отдельных видов, а также меняется в зависимости от возраста рыб, характера потребляемой пищи, сезона года, упитанности рыб, концентрации и доступности кормовых организмов и других факторов. Обычно молодые рыбы потребляют относительно больше пи-

щи, чем старые. Количество потребляемого корма зависит и от его калорийности.

Пищу можно подразделить:

1) на *излюбленную* – состоит, как правило, из небольшого количества видов (2–6) и составляет 50–70 % пищевого комка;

2) *заменяющую* – постоянно встречается в питании, но в меньшем количестве, обычно 5–6 видов и 15–30 % от массы комка;

3) *вынужденную* – включает большое количество часто случайных видов и составляет не более 10 % пищевого комка.

При благоприятных условиях рыба выбирает излюбленную пищу, при недостатке таковой переходит на питание заменяющей. В случае недостатка последней питается вынужденной пищей. Так, излюбленная пища трески – сельдь и мойва, заменяющая – ракообразные, вынужденная – гребневики.

Для выявления наличия и степени избирательной способности рыб к тому или иному объекту питания определяют так называемый *индекс избирательной способности*. Этот индекс показывает, предпочитает ли рыба тот или иной организм другому или избегает его. Вычисляется данный индекс путем деления процента нахождения объекта питания в пищеварительном тракте рыбы на процент его в природном сообществе.

*Кормовые ресурсы водоема* – это вся совокупность животных и растений независимо от степени их потребления рыбами в качестве корма. *Кормовая база* – это часть кормовых ресурсов водоема, используемая рыбами.

#### **6.4. Обеспеченность пищей и пищевые отношения у рыб**

Важнейшим фактором, регулирующим численность вида, является эффективность его питания. Очевидно, что ни один организм не может прирасти на большую и даже равную величину (сухого) вещества, чем составляла его пища, так как не все из пищи усваивается и не все из усвоенного идет на рост.

Степень усвояемости различных пищевых объектов существенно различается. О ценности для данного вида рыбы того или иного корма судят по величине кормового коэффициента, который является показателем эффективности питания и показывает, сколько килограммов данного корма должно быть съедено рыбой для получения одного килограмма прироста ее массы.

*Кормовой коэффициент* – это отношение съеденного рыбой корма к приросту массы. При питании легкоусвояемой, калорийной пищей кормовой коэффициент уменьшается. Так, для хищных рыб он равен 2–5, для питающихся зоопланктоном и ракообразными – 10–20, для моллюскоедов – около 40, для растительноядных – от 30 до 150. С ростом рыбы кормовой коэффициент возрастает. При несоответствии качества пищи потребностям рыбы также наблюдается повышение кормового коэффициента. Таким образом, численность и биомасса вида зависят от биомассы пищи.

Первичными продуцентами органического вещества являются хемосинтезирующие бактерии и в основном микро- (фитопланктон) и макрофиты. Растениями питаются многие беспозвоночные и некоторые рыбы. Беспозвоночных, в свою очередь, потребляют мирные рыбы, а их – хищники. В результате различных пищевых взаимоотношений складываются трофические, или пищевые, цепи. Самая короткая пищевая цепь – фитопланктон – рыба (белый толстолобик, анчоус) или макрофит – рыба (белый амур, красноперка). Самые длинные (5–6 звеньев) у океанических водных экосистем.

Чем ниже трофический уровень, занимаемый видом, тем, как правило, мельче размеры его особей, выше прирост их биомассы, например за год, и, соответственно, численность. Чем выше трофический уровень (хищники), тем крупнее особи по сравнению с объектом их питания (жертвой), а их биомасса меньше, вследствие чего численность их еще меньше. Есть и исключения из этого правила. Так, наиболее крупные водные животные – киты, а из рыб – китовые акулы являются зоопланктофагами, а многие крупные наземные животные – растительноядные. Но в основном в водных экосистемах это правило работает. Так, зоопланктонные организмы крупнее одноклеточных водорослей, рыбы-зоопланктофаги еще крупнее, а хищные рыбы, как правило, крупнее своих жертв, но имеют наименьшую численность по сравнению с численностью своих жертв, зоопланктонных организмов и тем более фитопланктонных клеток.

У большинства видов рыб в процессе их онтогенеза происходит смена кормовых объектов. На ранних этапах развития рыбы питаются более мелкими объектами более низкого трофического уровня. На более поздних этапах развития они переходят на более крупный корм более высокого трофического уровня и, следовательно, меньший по биомассе. Таким образом, в процессе онтогенеза внутривидовая пищевая конкуренция возрастает, являясь наименьшей на ранних



этапах развития. Однако следует учесть, что и сама численность рыб с возрастом падает из-за естественной смертности, снижая пищевую конкуренцию. Из-за ограниченности территорий нереста и возможного несовпадения мест нереста и мест концентрации кормовых объектов недостаток пищи может непосредственно вызывать гибель части популяции и на ранних этапах онтогенеза, особенно на этапе перехода с питания желтком на внешний корм.

Существенное значение при этом имеет обеспеченность личинок желточным кормом, что в большей степени зависит от обеспеченности пищей родительского стада в предыдущий нересту сезон. В пределах одного фаунистического комплекса напряженность пищевых отношений между видами, питающимися сходными группами кормов (бентос, планктон и др.), ослаблена благодаря специализации в питании. Совпадают обычно лишь второстепенные компоненты пищи. В случае резких изменений условий жизни виды, слагающие комплекс, могут переходить на питание второстепенными объектами, и на этой почве у них могут обостряться пищевые отношения с видами-конкурентами того же комплекса.

На изменения обеспеченности пищей популяции реагируют рядом приспособлений, в случае снижения обеспеченности пищей – расширяющих ее кормовую базу, а в случае повышения – сужающих. Такими приспособлениями при снижении обеспеченности пищей являются:

- увеличение размерной изменчивости, а тем самым расширение спектра питания у одновозрастной группы рыб;
- задержка в развитии и более продолжительное использование объектов питания более низкого трофического уровня (более многочисленного);
- увеличение изменчивости морфологических признаков, связанных с добыванием и усвоением пищи, и тем самым расширение спектра питания популяции;
- переход на питание особями того же вида (каннибализм) или продуктами их распада и выделениями их тела.

Ни один вид рыб не может существовать на Земле в одиночку, вне экосистемы, состоящей из продуцентов (водоросли – фотосинтетики, бактерии – хемосинтетики), консументов (различные животные) и редуцентов (бактерии, грибы). На начальных этапах возникновения жизни на Земле роль продуцентов и редуцентов выполняли физические факторы среды. В частности, электрические разряды обеспечивали производство органических веществ из газовой среды первичной ат-

мосферы Земли. Роль редуцентов выполняли: жесткое излучение, достигавшее поверхности Земли из-за отсутствия озонового слоя, высокие температуры при вулканической деятельности и иные факторы, способствовавшие разрушению первичных коацерватов.

У видов одного фаунистического комплекса основные пищевые связи складываются по вертикали:

- хищник – жертва,
- потребитель – потребляемое,

а неконкурентные пищевые взаимоотношения – по горизонтали.

Известно, что у рыб фаунистических комплексов высоких широт спектр питания обычно шире (эврифагия), чем у рыб низких широт (стенофагия), что связано с большей стабильностью кормовой базы в низких широтах. В умеренных широтах кормовая база весьма изменчива из-за смены сезонов года. У рыб умеренной зоны, как в континентальных водоемах, так и в морях, обычно довольно четко выражен сезонный перерыв питания. Сезонная ритмика питания обычно менее четко выражена у рыб, принадлежащих к комплексам низких широт: тропиков и субтропиков. Утилизация потребляемых кормов на прирост массы у рыб-эврифагов обычно несколько ниже, чем у рыб-стенофагов.

Большее разнообразие видов рыб в низких широтах по сравнению с высокими связано как с более узким спектром их питания, так и с появлением новых кормовых ресурсов, главным образом растительного происхождения (макрофитофаги, перифитонофаги, фитопланктофаги, детритофаги).

Широтная и высотная зональность продуктивности популяций в очень большой степени определяется продолжительностью благоприятных, в первую очередь термических, условий, обеспечивающих необходимую интенсивность обмена веществ. Температура нагульного сезона является важным сдерживающим фактором в зональном распространении видов. Так, у теплолюбивых рыб при понижении температуры воды кормовой коэффициент увеличивается, в связи с чем требуется более длительный откорм, который маловероятен в условиях более короткого лета высоких широт. Холодолобивые рыбы в условиях повышения температур часто вообще прекращают питаться.

### **Контрольные вопросы**

1. Что представляет собой питание?

2. Назовите классификации рыб по питанию.
3. Опишите методику изучения питания рыб.

## 7. МИГРАЦИИ РЫБ

### 7.1. Классификация мигрирующих рыб

*Миграции рыб* – закономерные массовые перемещения рыб для обеспечения благоприятных условий развития на разных этапах жизненного цикла.

Миграции у рыб выработались не сразу, а в связи с эволюцией и геологией.

*Миграции* – это сложный адаптивный процесс, средство преодоления видом лимитирующих факторов. В конечном счете они обеспечивают биологический процесс вида.

Выделяют следующие экотипы миграций рыб, основываясь на одном или нескольких факторах внешней среды:

- по способу движения:

- активные,
- пассивные;

- по направлению движения:

- горизонтальные,
- вертикальные,
- сезонные.

Классификация мигрирующих рыб следующая:

1. Диадромы – совершают миграции из соленых вод в пресные и наоборот. Различают три типа диадромов:

- анадромы – живут в морях, размножаются в пресной воде (тихоокеанские лососи);

- катадромы – живут в пресных водах, размножаются в море (пресноводный угорь);

- амфидромы – перемещаются между пресными и солеными водами в течение жизненного цикла, но не с целью размножения (акула-бык, например, обитает в озере Никарагуа в Центральной Америке и в африканской реке Замбези).

2. Потамодромы – совершают миграции только в пресных водах.

3. Океанодромы – мигрируют лишь в соленой воде (тунцы ежегодно мигрируют с севера на юг и наоборот, следуя за изменениями температуры воды в океане).

*Миграционные циклы* – определенная последовательность миграций.

Большинство рыб совершают миграции, активно двигаясь в том направлении, в котором лежит их миграционный путь, т. е. затрачивая на миграции энергетические вещества. Но у многих видов наряду с *активными* имеются и *пассивные* миграции, когда рыбы или их пелагическая икра пассивно переносятся на значительные расстояния. При этом энергия на движение не расходуется. Так, у атлантической трески (*Gadus morhua*), нерестящейся у побережья Скандинавии, пелагическая икра и личинки переносятся в Баренцево море, а затем мальки мигрируют в прибрежную зону, где интенсивно питаются. Во многих случаях часть миграционного пути преодолевается путем пассивной миграции, а часть – активно, как это имеет место у личинок обыкновенного угря при миграциях от берегов Центральной Америки к берегам Европы. Сначала этот путь совершается пассивно вместе с водами Атлантического течения, а при приближении к берегам молодь угря начинает активно мигрировать в реки.

У большинства рыб наблюдаются активные миграции, когда передвижение совершается по определенному пути и сопровождается тратой энергии. Например, к местам нагула или нереста мигрируют треска, кефаль, скумбрия, каспийские сельди, дальневосточные лососи, угорь.

## 7.2. Нерестовые миграции

*Нерестовые миграции* (от мест зимовки или откорма к нерестилищам) являются основным типом миграций. Многие проходные рыбы и круглоротые кормятся в море, а для размножения входят в реки, совершая анадромные миграции. Такие миграции свойственны миногам, осетровым, лососевым, некоторым сельдям, карповым и др.

Морские рыбы также совершают нерестовые миграции, перемещаясь из районов нагула или зимовки, расположенных в одних участках моря, к местам нереста или подходя с глубин к берегам или наоборот. Многие из них совершают довольно значительные переходы на места икрометания, иногда за тысячу километров и более.

Сроки начала нерестовой миграции у разных рыб весьма различны. Многие сиги начинают нерестовую миграцию осенью, большинство карповых – весной. Высота подъема различных видов рыб вверх по реке также колеблется в больших пределах. Осетровые (шип, осетр, севрюга и белуга) могут подниматься по реке на тысячу километров и более, доходя до мест с галечниковым дном, где они откладывают икру. Высота подъема осетра по реке зависит от наличия удобных для

икрометания мест. Двигаются рыбы в реке с довольно большой скоростью. Так, у нерки скорость движения достигает 30–40 км в сутки, а у кеты – 50 км в сутки.

Большинство рыб во время миграции по реке обычно прекращает питание или питается менее интенсивно, чем в море, а огромная трата энергии требует расхода накопленных питательных веществ. Поэтому у многих проходных рыб по мере движения вверх по реке наблюдается сильное истощение.

Белорыбица (сиговые) при входе в Волгу содержит 21 % жира, а при нересте (р. Уфа) процент жира уменьшается до 2. Аральский усач на местах нагула в море имеет на внутренностях до 15 % жира, а на местах нереста количество жира снижается до 1–2 %.

В связи с переходом из морской воды в пресную у проходных рыб меняется осмотическое давление, следовательно, и температура замерзания крови. Например, у чавыги (лососевые) температура замерзания крови в море составляет  $-0,762^{\circ}\text{C}$ , а на опресненных участках –  $0,737^{\circ}\text{C}$ .

Угорь европейский для достижения мест нереста преодолевает по морям и Атлантическому океану расстояние в 5–7 тыс. км. В это время он приобретает особенности глубоководных рыб: окраска его делается черной, глаза становятся огромными и выпуклыми, скелет деминерализуется, сильно размягчается и становится непрочным, в сетчатке глаза вырабатывается особое, весьма чувствительное к свету вещество, что позволяет угрям ориентироваться на больших глубинах.

Нерест угря проходит с апреля по июль на глубине около 400–600 м, на крайней границе проникновения дневного света. Икрометание осуществляется в Западной Атлантике, в районе, расположенном между  $22^{\circ}$  и  $30^{\circ}$  северной широты и  $48^{\circ}$  и  $65^{\circ}$  западной долготы, носящем название Саргассова моря. Это уникальное место: ветры, дующие над ним, слабы и неустойчивы; практически полное отсутствие облаков обеспечивает высокую солнечную инсоляцию; хорошо прогретые воды под воздействием океанических течений опускаются вниз. И даже на глубине около 400 м температура никогда не бывает ниже  $16\text{--}17^{\circ}\text{C}$ , т. е. она вдвое выше. Здесь же наблюдается наивысшая соленость океана – до 37 %, т. е. в 1 л воды содержится 37 г солей. Прозрачность достигает 60 м. На поверхности имеются огромные скопления бурых водорослей. Отнерестившиеся особи угря там же и погибают.

Икра угря пелагическая, устойчиво удерживается в толще воды за счет капель жира в желтке. Инкубационный период короткий, длится

около 3–4 сут. В течение трех лет личинки угря пассивно дрейфуют в теплом течении Гольфстрима, достигая берегов Европы. Входя в реки и превращаясь в стекловидных угрей, они устремляются в пресные водоемы для нагула.

### 7.3. Нагульные миграции

**Нагульные (кормовые) миграции** – это перемещения рыб от мест размножения или зимовки к местам нагула. У многих рыб кормовые миграции начинаются уже в стадии икринки.

Примером пассивной нагульной миграции может служить снос икры и личинок проходных сельдей от мест размножения к местам нагула молоди (анадромная миграция). Личинки европейского угря, перемещаясь с течением Гольфстрим к местам нагула, также представляют пример пассивной миграции к местам кормления.

Пассивная нагульная миграция икры и личинок наблюдается также у морских рыб. Например, пелагическая икра многих камбал, концентрируемая сразу после нереста на сравнительно ограниченной площади, постепенно разносится течениями на значительное пространство, чем обеспечиваются лучшие условия питания для выводящихся из икры личинок.

Пассивные кормовые миграции развиты у многих пресноводных рыб. Огромное количество пелагических икринок, свободных эмбрионов и личинок сносится вниз по течению от нерестилищ в реках. Из отечественных видов у чехони (*Pelecus cultratus*) икра развивается также в плавучем состоянии. Икринки и личинки заносятся течением в пойменные озера (часть речной долины, затопляемая в половодье или во время паводков), где молодь находит себе богатую кормовую базу.

Взрослые рыбы после окончания нереста начинают активную миграцию к местам своего нагула. Многие рыбы (морские и пресноводные) начинают питаться сразу же после окончания нереста, для них нерестовая миграция является одновременно и нагулом.

Из рыб Беларуси нагульные миграции наиболее отчетливо выражены у сырты, или рыбца (*Vimba vimba*), ход которой с нерестилищ вниз по течению бывает массовым и совершается в короткие сроки. В настоящее время этот вид занесен в Красную книгу Беларуси.

подавляющее большинство видов совершают в летнее время лишь кратковременные, главным образом суточные, перемещения в поисках корма. Например, рыбы с сумеречным или ночным образом жизни

(сом, налиим) днем придерживаются глубинных участков водоемов, выходя из своих убежищ в прибрежную зону перед заходом солнца и с наступлением темноты.

#### 7.4. Зимовальные миграции

**Зимовальная миграция** – это перемещение рыб от мест нагула к местам зимовки. Проходные рыбы перемещаются с мест нагула в море на зимовку в реки, где они концентрируются на глубоких местах и зимуют в малоподвижном состоянии, обычно не питаются. Это осетровые, атлантический лосось, аральский усач; хорошо выражены зимовальные миграции и у многих полупроходных рыб. Так, в Северном Каспии и Азовском море взрослые вобла, лещ и судак после окончания периода нагула перемещаются в низовья рек на места зимовки.

Зимовальная миграция наблюдается и у пресноводных рыб (белый амур, белый толстолобик), которые после окончания периода нагула осенью выходят из озер и концентрируются в нижнем Амуре на зимовальных ямах.

Зимовальная миграция имеет место у некоторых морских рыб. Многие камбалы после нагула в прибрежной зоне отходят на глубины и концентрируются в местах, где имеются благоприятные условия для зимовки. Хамса (*Engraulis encrasicolus*) со своих мест нагула в Азовском море перемещается на зимовку в Черное море, где концентрируется на глубине 70–150 м в сравнительно малоподвижном состоянии.

У представителей ихтиофауны Беларуси зимовальные миграции имеют местный характер, как правило, в пределах одного и того же водоема, а отдельные виды, например сом и некоторые мелкие промысловые виды, заметных перекочевок не совершают совсем, придерживаясь излюбленных мест обитания в течение всего года.

Причина зимовальной миграции у рыб заключается в необходимости перемещения с нагульных площадей в такие участки водоема, где рыбе при пониженной активности и интенсивности обмена были бы обеспечены как благоприятные абиотические условия жизни, так и достаточная защита от врагов.

#### Контрольные вопросы

1. Что представляют собой миграции?
2. Какие существуют типы миграций и в чем заключаются их особенности?

## ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Т е м а 1. ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ СТРОЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Цель работы:** изучить принципы строения экосистемы.

**Материалы и оборудование:** мультимедийная презентация.

**Задание:**

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте рисунки и схемы;
- 3) ответьте на контрольные вопросы.

Живые организмы и их неживое (абиотическое) окружение неразделимо связаны друг с другом и находятся в постоянном взаимодействии, образуя экосистему.

**Экосистема** – это совокупность всех живых организмов, проживающих на общей территории, вместе с окружающей их неживой средой.

В экосистему входят и организмы, и неживая среда – компоненты, взаимно влияющие на свойства друг друга и необходимые для поддержания жизни в той ее форме, которая существует на Земле.

В каждой наземной экосистеме есть абиотический компонент – **биотоп** (от греч. *topos* – место), представляющий собой участок с одинаковыми ландшафтными, климатическими, почвенными условиями, и биотический компонент – **биоценоз** (от греч. *koinos* – общий), являющийся совокупностью всех живых организмов, населяющих данный биотоп (рис. 4). Биотоп – общее местообитание для всех членов сообщества.

Биоценозы состоят из представителей многих видов растений, животных и микроорганизмов. Практически каждый вид в биоценозе представлен многими особями разного пола и возраста. Они образуют **популяцию** (или часть популяции) данного вида в экосистеме. Биоценоз очень трудно рассматривать отдельно от биотопа, поэтому вводят такое понятие, как биогеоценоз (биотоп + биоценоз).

**Биогеоценоз** – участок земной поверхности, где на известном протяжении биоценоз и отвечающие ему части атмосферы, литосферы, гидросферы остаются однородными и имеют одинаковый характер взаимодействия между ними.

**Признаки экосистем:**

1) независимость от внешних источников вещества и энергии, но не от солнечного света. Энергия – это способность совершать работу;



2) способность обеспечивать круговорот вещества.

Как большие, так и малые экосистемы обычно не имеют четких границ. Переходная зона между двумя смежными экосистемами называется **эктоном**. Эктон включает в себя представителей обеих смежных экосистем, а также нередко виды живых организмов, которые не встречаются в данных экосистемах. В результате эктон обладает большим разнообразием организмов, чем близлежащие территории.



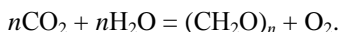
Рис. 4. Структура биогеоценоза

Все живые организмы по типу питания делятся на две большие группы – *автотрофы* и *гетеротрофы*. Функционально биотические компоненты можно разделить на три группы.

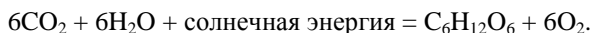
**Первая группа организмов** – продуценты (от лат. *producens* – создающий, производящий), или автотрофные организмы (от лат. *auto* – сам, *trophe* – пища, т. е. сам являющийся пищей).

Продуценты, или автотрофы, – это такие организмы, которые в качестве питательного материала используют простые неорганические вещества: воду, углекислый газ, нитраты, фосфаты и др. В качестве энергетического материала продуценты используют либо солнечный свет, либо энергию химических реакций. Они подразделяются на фото- и хемоавтотрофов.

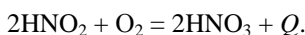
**Фотавтотрофы** используют в качестве источника энергии солнечный свет, а в качестве питательного материала – в основном углекислый газ и воду. К этой группе организмов относятся все фотосинтезирующие организмы: зеленые растения и некоторые бактерии. В процессе жизнедеятельности они синтезируют на свету органические вещества – углеводы, или сахара  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ , которыми питаются животные:



**Фотосинтез** (от греч. *photos* – свет, *synthesis* – соединение, составление) – синтез клетками растений, водорослей и некоторых бактерий органических веществ из неорганических ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) при участии энергии солнечного света. В качестве побочного продукта выделяется кислород.



**Хемотавтотрофы** используют энергию, выделяющуюся при химических реакциях. К этой группе принадлежат, например, нитрифицирующие бактерии, окисляющие аммиак до азотистой и затем азотной кислоты:



Химическая энергия ( $Q$ ), выделенная при этих реакциях, используется бактериями для синтеза органических веществ.

Главная роль в создании органических веществ принадлежит зеленым растительным организмам. Роль хемосинтезирующих бактерий в этом процессе относительно невелика. Каждый год фотосинтезирующими организмами на Земле создается около 150 млрд. т органического вещества, аккумулирующего солнечную энергию.

**Вторая группа организмов** – консументы (от лат. *consume* – потреблять), или гетеротрофные организмы (от греч. *heteros* – другой, *trophe* – пища, т. е. питающийся другими).

Консументы, или гетеротрофы, используют в качестве источника энергии и питательного материала готовое органическое вещество. Консументы осуществляют процесс разложения органических веществ. Их делят на фаготрофов (от греч. *phagos* – пожирающий) и сапротрофов (от греч. *sapros* – гнилой).

**Фаготрофы** питаются непосредственно растительными или животными организмами. К ним относятся в основном крупные животные – макроконсументы.

**Сапротрофы** используют для питания органические вещества мертвых остатков. К этой группе относятся как мелкие организмы (муравьи, черви и др.), так и крупные животные (гиены, шакалы, вороны и др.).

В зависимости от источников питания фаготрофы подразделяются на три основных класса:

- *фитофаги (растительноядные)* – консументы первого порядка, питающиеся исключительно растениями. Например, белый амур, белый толстолобик, пестрый толстолобик;

- *хищники (плотоядные)* – консументы второго порядка, которые питаются исключительно растительноядными животными (фитофагами), а также консументы третьего порядка, питающиеся только плотоядными животными. Например, щука (*Esox lucius*), судак (*Stizostedion lucioperca*), сом (*Silurus glanis*), окунь (*Perca fluviatilis*), налим (*Lota lota*);

- *эврифаги (всеядные)* – могут поедать как растительную, так и животную пищу. Например, карп, или сазан (*Cyprinus carpio*), голавль (*Squalius cephalus*), язь (*Leuciscus idus*), плотва (*Rutilus rutilus*), линь (*Tinca tinca*).

**Третья группа организмов** – редуценты (от лат. *reductio* – восстановление), или деструкторы (от лат. *destructio* – разрушение) (рис. 5).



Рис. 5. Биотические компоненты экосистемы

Редуценты, или деструкторы, – это консументы, участвующие в последней стадии разрушения, т. е. в минерализации органических веществ, которые они восстанавливают до неорганических соединений ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и др.). Редуценты очищают природную среду от отходов, они возвращают вещества в круговорот, превращая их в формы, доступные для продуцентов. Таким образом жизненный цикл возобновляется.

К редуцентам относятся главным образом микроскопические организмы (бактерии, грибы и др.) – микроконсументы. Их выделяют в отдельную группу потому, что роль редуцентов в круговороте веществ чрезвычайно велика. Без них в биосфере накапливались бы груды органических остатков, иссякли бы запасы минеральных веществ, необходимых продуцентам, и жизнь в той форме, которую мы знаем, прекратилась бы.

Поскольку организмы достаточно разнообразны по видам и формам питания, то они вступают между собой в сложные трофические (пищевые) взаимодействия. Одни из них производят продукцию, другие потребляют, третьи преобразуют ее в неорганическую форму. Таким образом образуется цепь последовательной передачи вещества от одних организмов к другим, которая называется **трофической цепью**.

### Контрольные вопросы

1. Перечислите признаки экосистемы.
2. Определите, какие организмы относят к биотическим элементам экосистемы, дайте им краткую характеристику.

## Т е м а 2. ИЗУЧЕНИЕ ПИЩЕВЫХ ЦЕПЕЙ И ТРОФИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ

**Цель работы:** изучить пищевые цепи водоемов и трофические уровни.

**Материалы и оборудование:** мультимедийная презентация.

**Задание:**

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) ответьте на контрольные вопросы.

Перенос энергии пищи от ее источника – автотрофов (растений) – через ряд организмов, происходящий путем поедания одних организмов другими, называется **пищевой цепью**. При каждом переносе

большая часть (80–90 %) потенциальной энергии теряется, переходя в тепло. Поэтому чем короче пищевая цепь (чем ближе организм к ее началу), тем больше энергии, доступной для популяции.

Пищевые цепи можно разделить на два основных типа:

- **пастбищная цепь**, которая начинается с зеленого растения и идет далее к растительноядным животным (т. е. к организмам, поедающим живые растительные клетки или ткани) и к хищникам (организмам, поедающим животных);

- **детритная цепь**, которая от мертвого органического вещества идет к микроорганизмам, а затем к детритофагам и к их хищникам. Пищевые цепи не изолированы одна от другой, а тесно переплетаются друг с другом, образуя так называемые пищевые сети.

В сложных природных сообществах организмы, получающие свою энергию от солнца через одинаковое число ступеней, считаются принадлежащими к одному трофическому уровню. Так, зеленые растения занимают первый трофический уровень (уровень продуцентов), травоядные – второй (уровень первичных консументов), первичные хищники, поедающие травоядных, – третий (уровень вторичных консументов), а вторичные хищники – четвертый (уровень третичных консументов).

Пищевые цепи знакомы каждому из нас: человек съедает крупную рыбу, а она ест мелких рыб, поедающих зоопланктон, который питается фитопланктоном, улавливающим солнечную энергию.

При каждом переносе пищи часть потенциальной энергии теряется. Прежде всего, растения фиксируют лишь малую долю поступающей энергии солнечного излучения. Поэтому число консументов, которые могут прожить при данном выходе первичной продукции, сильно зависит от длины цепи, переход к каждому следующему звену пищевой цепи уменьшает доступную энергию примерно на порядок величины (т. е. в 10 раз). Поэтому если увеличивается биомасса хищных организмов, то уменьшается их число, так как на основе имеющейся первичной продукции они будут ограничены той энергией, которая перейдет на более высокий трофический уровень.

Некоторые вещества по мере продвижения по цепи не рассеиваются, а, наоборот, накапливаются. Это так называемое концентрирование в пищевой цепи (биоцентрирование) нагляднее всего демонстрируют устойчивые радионуклиды и пестициды.

Трофический уровень – это совокупность организмов, занимающих определенное место в пищевой сети.

Первый трофический уровень – всегда растения,  
второй трофический уровень – первичные консументы,  
третий трофический уровень – вторичные консументы и т. д.  
(рис. 6).



Рис. 6. Представители различных трофических уровней в водоеме

Детритофаги могут находиться на 2-м и выше трофическом уровне. Обычно в экосистеме насчитывается 3–4 трофических уровня.

Трофическую структуру можно измерить и выразить либо урожаем на корню (на единицу площади), либо количеством энергии, фиксируемой на единице площади за единицу времени на последовательных трофических уровнях.

Трофическую структуру и трофическую функцию можно изобразить графически в виде экологических пирамид, основанием которых служит первый уровень (уровень продуцентов), а последующие уровни образуют этажи и вершину пирамиды.

Экологические пирамиды можно отнести к трем основным типам:

- 1) пирамида чисел, отражающая численность отдельных организмов;
- 2) пирамида биомассы, характеризующая общую сухую массу, калорийность или другую меру общего количества живого вещества;
- 3) пирамида энергии, показывающая величину потока энергии и «продуктивность» на последовательных трофических уровнях.

С каждым переходом с одного трофического уровня на другой в пределах пищевой цепи или сети совершается работа и в окружающую среду выделяется тепловая энергия, а количество энергии высокого качества, используемой организмами следующего трофического уровня, снижается. Процентное содержание энергии высокого качества, переходящей с одного трофического уровня на другой, колеблется от 2 до 30 %. Большая часть энергии теряется в окружающей среде как тепловая энергия низкого качества. Чем длиннее пищевая цепь, тем больше теряется полезной энергии.

**Пирамиды чисел.** Можно собрать все образцы организмов в экосистеме и подсчитать численность всех видов, обнаруженных на каждом трофическом уровне. Такая информация необходима для создания пирамиды чисел. Например, 1 000 000 особей фитопланктона в небольшом пруду может прокормить 10 000 особей зоопланктона, которые, в свою очередь, прокормят 100 окуней, которых будет достаточно, чтобы прокормиться 1 человеку в течение месяца.

Но для некоторых экосистем пирамиды чисел имеют другую форму.

**Пирамида биомассы** характеризует массу живого вещества (на единицу площади или объема). Каждый трофический уровень пищевой цепи или сети содержит определенное количество биомассы. В наземных экосистемах действует следующее **правило пирамиды биомассы**: суммарная масса растений превышает массу всех травоядных, а их масса превышает всю биомассу хищников.

Для океана правило пирамиды биомассы недействительно, так как пирамида имеет *перевернутый (обращенный) вид*. Для экосистемы океана характерно накапливание биомассы на высоких уровнях – у хищников. Хищники живут долго, и скорость оборота их регенерации мала, но у продуцентов – фитопланктонных водорослей – оборачиваемость в сотни раз превышает запас биомассы.

Пирамиды чисел и биомассы могут быть обращенными (или частично обращенными), т. е. основание может быть меньше, чем один или несколько верхних этажей. Так бывает, когда средние размеры продуцентов меньше размеров консументов. Напротив, энергетическая пирамида всегда будет сужаться кверху при условии, что будут учтены все источники пищевой энергии в системе.

## Контрольные вопросы

1. Что такое пищевая цепь?

2. Назовите типы пищевых цепей.
3. Что представляет собой трофический уровень?
4. Какие организмы занимают тот или иной трофический уровень?
5. Приведите пример пирамиды чисел из области аквакультуры.

### **Т е м а 3. ИЗУЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ И ПРОДУКЦИИ ЭКОСИСТЕМ**

**Цель работы:** изучить энергетику и продукцию экосистем.

**Материалы и оборудование:** мультимедийная презентация.

**Задание:**

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте рисунки и схемы;
- 3) ответьте на контрольные вопросы.

Основным (и практически единственным) источником энергии в экосистеме является солнечный свет.

Поток энергии направлен в одну сторону, часть поступающей солнечной энергии преобразуется сообществом и переходит на качественно более новую ступень, трансформируясь в органическое вещество, представляющее собой более концентрированную форму энергии, чем солнечный свет, но большая часть энергии деградирует, проходит через систему и покидает ее в виде низкокачественной тепловой энергии (тепловой сток). Следует отметить, что только незначительная часть поступающей на поверхность земли энергии усваивается автотрофными организмами, большая часть (до 98 %) рассеивается в виде тепловой энергии.

Энергия может накапливаться, затем снова высвобождаться или экспортироваться, но ее нельзя использовать вторично. В отличие от энергии, элементы питания, в том числе биогенные элементы, необходимые для жизни (углерод, азот, фосфор и т. д.), и вода могут использоваться многократно. Эффективность повторного использования и размеры импорта и экспорта элементов питания значительно варьируются в зависимости от типа экосистемы.

Схема потоков веществ и энергии в экосистеме представлена на рис. 7.



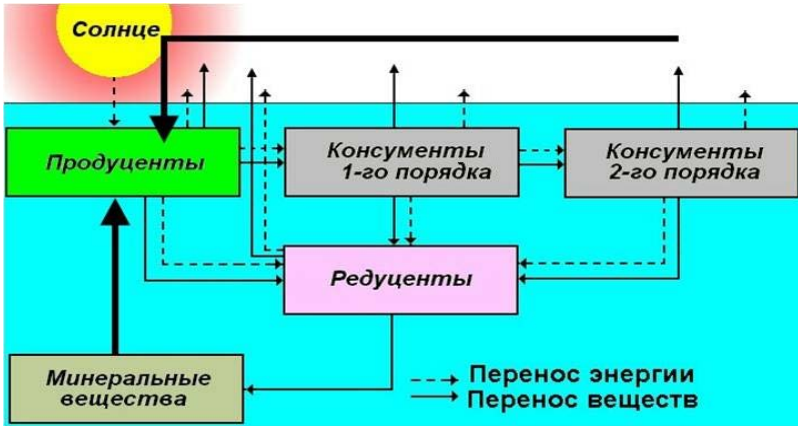


Рис. 7. Поток энергии и вещества в экосистеме

Трофическая цепь в биогеоценозе есть одновременно цепь энергетическая, т. е. представляет собой последовательный упорядоченный поток передачи энергии солнца от продуцентов ко всем остальным звеньям (рис. 8).

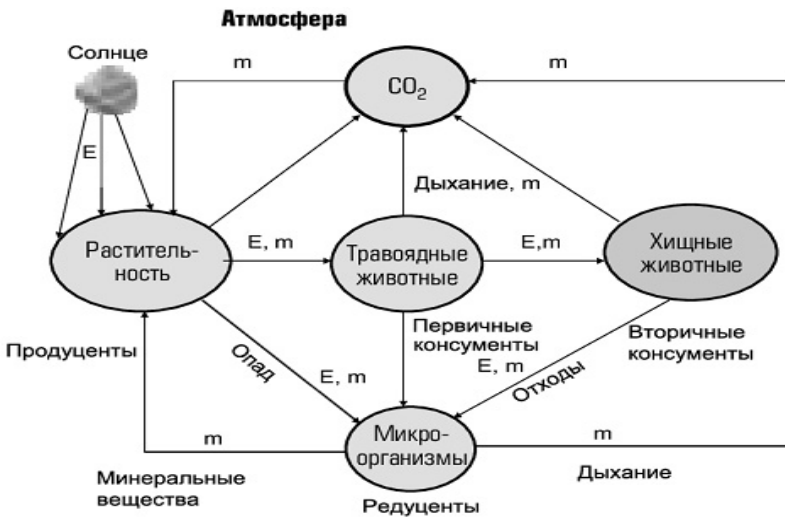


Рис. 8. Схема распределения энергии в экосистеме

Организмы-потребители (консументы), питаясь органическим веществом продуцентов, получают от них энергию, частично идущую на построение собственного органического вещества и связывающуюся в молекулах соответствующих химических соединений, а частично расходуемую на дыхание, теплоотдачу, выполнение движений в процессе поиска пищи, ускользания от врагов и т. п.

Таким образом, в экосистеме имеет место непрерывный поток энергии, заключающийся в передаче ее от одного пищевого уровня к другому. В силу второго закона термодинамики этот процесс связан с рассеиванием энергии в каждом последующем звене, т. е. с ее потерями и возрастанием энтропии. Очевидно, что это рассеивание все время компенсируется поступлением энергии от солнца.

В процессе жизнедеятельности сообщества создается и расходуется органическое вещество. Это значит, что каждая экологическая система обладает определенной продуктивностью.

**Продуктивность экологической системы** – это скорость, с которой продуценты усваивают лучистую энергию в процессе фотосинтеза и хемосинтеза, образуя органическое вещество, которое может быть использовано в качестве пищи.

Различают разные уровни продуцирования органического вещества: **первичная продукция**, создаваемая продуцентами в единицу времени, и **вторичная продукция** – прирост за единицу времени массы консументов. Первичная продукция подразделяется на валовую и чистую. **Валовая первичная продукция** – это общая масса валового органического вещества, создаваемая растением в единицу времени при данной скорости фотосинтеза, включая и траты растения на дыхание – от 40 до 70 % от валовой продукции. Та часть валовой продукции, которая не израсходована на дыхание, называется **чистой первичной продукцией**, представляет собой величину прироста растений, и именно эта продукция потребляется консументами и редуцентами. Вторичная продукция не делится уже на валовую и чистую, так как консументы и редуценты, т. е. все гетеротрофы, увеличивают свою массу за счет первичной, ранее созданной продукции.

Все живые компоненты экосистемы составляют общую биомассу сообщества в целом или тех или иных групп организмов. Ее выражают в граммах на кубический сантиметр в сыром или сухом виде или в энергетических единицах – калориях, джоулях и т. п. Если скорость изъятия биомассы консументами отстает от скорости прироста растений, то это ведет к постепенному приросту биомассы продуцентов и к

избытку мертвого органического вещества. Последнее приводит к за-торфовыванию болот и зарастанию мелких водоемов. В стабильных сообществах практически вся продукция тратится в трофических сетях и биомасса остается практически постоянной.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите источники энергии для экосистем.
2. Опишите схему потоков вещества и энергии в экосистеме.
3. Какие уровни продуцирования органического вещества различают в экосистемах?

## **Т е м а 4. ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭКОСИСТЕМЕ**

**Цель работы:** изучить динамические процессы в экосистемах.

**Материалы и оборудование:** мультимедийная презентация.

**Задание:**

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте рисунки и схемы;
- 3) ответьте на контрольные вопросы.

Экологическая система не является абсолютно стабильным, застывшим образованием. В ней постоянно осуществляются жизненные процессы, связанные с переходом вещества и энергии с одних пищевых уровней на другие, с изменением численности и плотности популяций в результате взаимодействия хищников с жертвами, а жертв с источниками их корма.

Вместе с тем общеизвестно, что подвижность экосистемы также относительна: экосистемы морей и океанов существуют длительное время (сотни лет) и, на первый взгляд, стабильны, устойчивы, неподвижны. За короткий отрезок времени в них трудно обнаружить значительные изменения в составе биоты или в режимах абиотических факторов, хотя в отдельных случаях массовые размножения некоторых видов животных существенно трансформируют экосистему на тот или иной отрезок времени, а иногда служат толчком к ее замене на другую. Таким образом, мы сталкиваемся с тем фактом, что экосистемы, с одной стороны, действительно стабильны, а с другой – подвижны, динамичны во времени и пространстве. Очевидно, что если бы экосистемы существовали в течение короткого времени, быстро заменяясь други-

ми, то накопление питательных веществ и стабильное развитие и размножение животных было бы невозможно. Подвижно-стабильное состояние биогеоценозов (экосистем) во времени и пространстве представляет собой результат двух процессов: гомеостаза и сукцессии.

Важнейшим свойством биогеоценоза (экосистемы) является его устойчивость, сбалансированность происходящих в нем процессов обмена веществом и энергией между всеми компонентами, вследствие чего биогеоценозу свойственно состояние так называемого **подвижно-го равновесия, или гомеостаза** (от греч. *homos* – тот же, подобный и *stasis* – состояние).

Рассмотрим условную экосистему, состоящую из популяций двух видов: щуки и карася (рис. 9). В этой системе, где щука поедает карася, последний, на языке биологии, является жертвой, в то время как щука есть хищник. Если численность жертвы постоянно растет, то хищник, который только этой жертвой и питается, тоже имеет возможность увеличить свою численность (или в соответствии с рассмотренными выше понятиями – увеличить объем и совершенствовать структуру популяции). В этом проявляется положительная обратная связь.

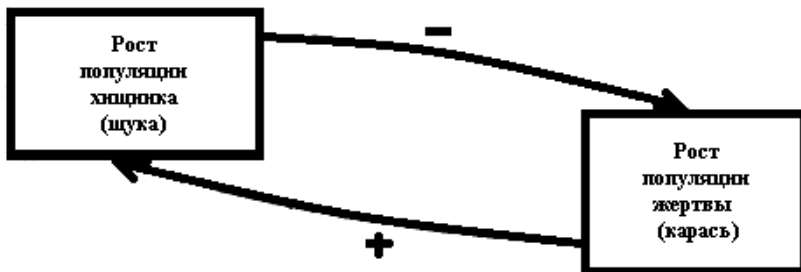


Рис. 9. Пример действия механизма обратной связи

Но поскольку щука (хищник) ест карася, то она, естественно, снижает численность его популяции. В этом проявляется отрицательная обратная связь. Если численность щуки выше некоторого предела, то она соответственно снизит численность карася и в итоге окажется перед необходимостью ограничения собственной численности из-за недостатка пищи, связанного с затрудненностью ее добычи.

В естественной экологической системе все время поддерживается равновесие, исключаящее необратимое уничтожение тех или иных

звеньев в трофических цепях. Численность и щуки, и карася всегда будет держаться на определенном уровне. Это является следствием длительного эволюционного процесса, который Дарвин назвал естественным отбором. Любая экосистема всегда сбалансирована, устойчива (гомеостатична).

Приведенный на рисунке пример можно дополнить введением в схему абиотической компоненты среды, факторы которой, с одной стороны, независимо воздействуют на все звенья пищевых цепей. В основе всех рассмотренных выше ситуаций лежит известный физико-химический принцип (закон) Ле Шателье (1884): *изменение внешних условий (температуры, давления) физико-химической равновесной системы вызывает в ней реакции, противодействующие производимому изменению.*

Стабильное состояние экосистемы, ее гомеостаз не есть нечто застывшее, неподвижное. Гомеостаз – это, в сущности, подвижное равновесие, и в любой экологической системе идут процессы, меняющие ее во времени и пространстве. При этом изменяется состав биоты, структура экосистемы и ее продуктивность.

Процессы, которые мы только что рассмотрели, представляют собой, как мы уже знаем, обмен веществом и энергией между отдельными элементами экосистемы, т. е. обмен информацией. Передача информации от одного звена к другому осуществляется по определенным каналам, в данном случае – по каналам обратной связи.

При некоторых условиях обратная связь, т. е. передача информации, может быть почему-либо нарушена. Например, щуку начали интенсивно вылавливать рыбаки или среди щук возникла инфекционная болезнь. При этом происходит нарушение сбалансированности системы, которое может быть обратимым или необратимым.

Роль помех могут играть и абиотические факторы, например погодные условия. Воздействия таких помех на популяцию носят статистический, т. е. случайный, избирательный характер. Те особи, для которых помехи оказались непреодолимыми, погибнут или не дадут потомства, а более стойкие выживут, передав наследственную информацию своим потомкам. Происходит естественный отбор под влиянием помех; эти помехи являются, таким образом, положительными, полезными и выступают как фактор эволюции.

Человек в силу необходимости постоянно вмешивается в процессы, происходящие в экосистеме, влияя на нее в целом или на отдельные ее звенья. Эти воздействия могут проявляться в виде введения в эко-

систему новых компонентов. Не всегда такие воздействия ведут к распаду всей системы, к нарушению ее стабильности, однако давление помех не может быть беспредельным. При определенном уровне стрессового фактора информационная обеспеченность экосистемы не может за счет отрицательной обратной связи компенсировать отклонений, определяемых положительной обратной связью. Тогда данная система прекратит свое существование.

Ту область, в пределах которой механизмы отрицательной обратной связи способны, несмотря на стрессовые воздействия, сохранить устойчивость системы, хотя и в измененном виде, называют *гомеостатическим плато* (рис. 10).

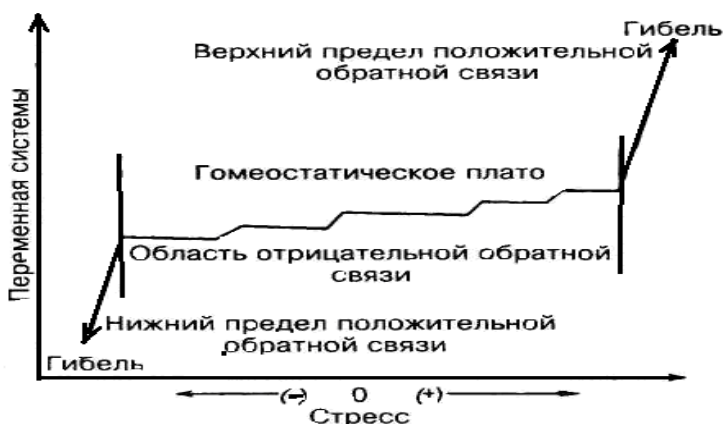


Рис. 10. Схема формирования гомеостатического плато в экосистеме, в пределах которого посредством отрицательной обратной связи поддерживается относительная стабильность системы при воздействиях, вызывающих нарушение сбалансированности

Воздействия, при которых компенсаторные регуляторы оказываются не в силах сохранить гомеостатичность системы, наблюдаются, как правило, при резких антропогенных или естественных воздействиях на структурно упрощенные искусственные системы.

Последовательная смена биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории в результате влияния природных факторов (в том числе внутренних противоречий развития самих биоценозов) или воздействия человека, называется **сукцессией** (от лат. *succesio* – преемственность, наследование).

Данная смена происходит в силу действия экологического принципа (закона) сукцессионного замещения. Природные биотические сообщества последовательно формируют закономерный ряд экосистем, ведущий к наиболее устойчивому в данных условиях состоянию климакса. Сукцессия – постепенный процесс изменения структуры и состава биоценоза.

Экологическая сукцессия происходит в определенный отрезок времени, в который изменяется видовая структура сообщества и абиотическая среда существования его вплоть до кульминации его развития – возникновения стабилизированной системы. Такую стабилизированную экосистему называют **климаксом**. В этом состоянии система находится тогда, когда в ней на единицу энергии приходится максимальная биомасса и максимальное количество симбиотических связей между организмами. Однако до достижения данного состояния система проходит ряд стадий развития, первую из которых часто называют стадией первых поселенцев. Поэтому в более узком смысле сукцессия – это последовательность сообществ, сменяющих друг друга в данном районе.

Для возникновения сукцессии необходимо свободное пространство. В зависимости от первоначального состояния субстрата различают первичную и вторичную сукцессии.

**Первичная сукцессия** представляет собой процесс формирования и развития сообществ на первоначально свободном субстрате, а **вторичная сукцессия** – это последовательная смена одного сообщества, существовавшего на данном субстрате, другим, более совершенным для данных абиотических условий.

Первичная сукцессия позволяет проследить формирование сообществ с самого начала. Первыми, как правило, на свободное пространство начинают внедряться растения посредством перенесенных потоком воды спор и семян либо за счет вегетативных органов оставшихся по соседству растений.

Вторичная сукцессия является, как правило, следствием деятельности человека (рис. 11).



Рис. 11. Схема сукцессии в водной экосистеме

Вторичная, антропогенная, сукцессия проявляется также и в эвтрофикации. Бурное цветение водоемов, особенно искусственных водохранилищ, есть результат обогащения их биогенами, обусловленный деятельностью человека. Пусковым механизмом процесса обычно является обильное поступление фосфора, реже – азота, иногда – углерода и кремния. Ключевую роль обычно играет фосфор. При поступлении биогенов резко возрастает продуктивность водоемов за счет роста численности и биомассы водорослей, прежде всего синезеленых. Многие из них могут фиксировать молекулярный азот из атмосферы, тем самым снижая лимитирующее действие азота, а некоторые способны освобождать фосфор из продуктов метаболизма различных водорослей. Обладая этим и рядом других подобных качеств, они захватывают водоем и доминируют в биоценозе. Биоценоз практически полностью перерождается. Наблюдаются массовые заморы рыб. В особо тяжелых случаях вода приобретает цвет и консистенцию горохового супа, неприятный гнилостный запах: жизнь аэробных организмов исключена.

### Контрольные вопросы

1. Что является важнейшим свойством биоценоза (экосистемы)?
2. Приведите пример положительной обратной связи из области аквакультуры.
3. Поясните принцип (закон) Ле Шателье.
4. Объясните, что такое сукцессия, охарактеризуйте ее типы.



## Т е м а 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОРМОВОЙ БАЗЫ ПРУДОВ

**Цель работы:** изучить методики определения естественной кормовой базы прудов.

**Материалы и оборудование:** дночерпатель Экмана – Берджа, планктонная сетка, мерная посуда вместимостью 1 л (лучше ковшик на 1 л с ручкой), ведро, кюветы белые, эмалированные или пластмассовые, мешок-промывалка для бентоса из газа, мерные цилиндры вместимостью 0,5 л, мерные стаканы, пинцеты, чашки Петри, склянки вместимостью 50–100 и 100–200 мл, препаровальные иглы, штемпель-пипетки, счетные пластинки, камеры Богорова, бумага пергаментная для этикеток, простые карандаши, микроскопы, лупы, торсионные весы, мультимедийная презентация.

### **Задание:**

- 1) с помощью экспресс-метода ориентировочно определите биомассу фитопланктона и доминирующие группы водорослей в пруду;
- 2) определите биомассу организмов и состав зоопланктона в пруду;
- 3) определите биомассу и доминирующие группы организмов бентоса в пруду;
- 4) дайте оценку полученным результатам.

**Общая характеристика.** Естественная пища должна быть неотъемлемой частью рациона рыб, что обязывает специалистов вести постоянные наблюдения за развитием естественной кормовой базы, так как от ее величины зависит усвоение искусственных кормов. При снижении количественного развития гидробионтов необходимо принимать экстренные меры по его увеличению. Интенсивное кормление карпа искусственными кормами, которые в большинстве случаев являются неполноценными по аминокислотному составу, содержанию витаминов, приводит к нарушению обмена веществ и замедлению темпа роста рыбы.

Разные виды водных организмов имеют разную пищевую ценность, однако содержат необходимые питательные вещества – белки, жиры, углеводы, витамины и минеральные соли. Белки кормовых беспозвоночных животных являются полноценными по составу аминокислот, что является важным для роста и развития рыб. Наиболее полноценными пищевыми организмами являются ветвистоусые рачки (*Cladocera*), и прежде всего дафнии (*Daphniidae*). Они богаты минеральными солями, витаминами, незаменимыми аминокислотами. Аминокислот-

ный состав белков тела олигохет (*Oligochaeta*) также полноценный, однако эти животные содержат меньше витаминов по сравнению с дафниями и очень бедны минеральными соединениями. Личинки хирономид (*Chironomidae*) по содержанию витаминов и минеральных солей занимают промежуточное положение между дафниями и олигохетами, аминокислотный состав их белков полноценный. По пищевой ценности кормовые беспозвоночные являются незаменимыми в питании рыб.

При выращивании разновозрастных рыб важно знать, какие организмы являются преобладающими в том или ином пруду. Для личинок в первые дни жизни предпочтительнее массовое развитие босмин (*Bosminidae*), коловраток (*Rotatoria*), личинок веслоногих рачков – науплиусов (*Sopropoda*). Их количество более 1 000 экз/л свидетельствует о хорошей обеспеченности пищевых потребностей личинок. Если в первые дни развития личинок в планктоне прудов в значительном количестве представлены циклопы (*Cyclops*), лептестерии (*Leptestheria*), стрептоцефалусы (*Streptocephalus*), щитни (*Lepidurus apus*), то возможны значительные потери личинок в результате выедания их перечисленными хищниками. Молодь карпа более 1 г способна потреблять не только планктонные, но и бентосные организмы. Зная потребности молоди в корме и состояние естественной кормовой базы, важно не опоздать с началом кормления искусственными кормовыми смесями, чтобы избежать снижения роста рыб.

Установлено, что для рыб массой более 10–20 г количество естественной пищи в пищевом комке должно быть не менее 25–30 %. Для этого среднесезонная биомасса фитопланктона должна быть не менее 30 мг/дм<sup>3</sup>, зоопланктона – не менее 8–12 г/м<sup>3</sup>, зообентоса – 3–5 г/м<sup>2</sup>. При этом пруды считаются более продуктивными, если в фитопланктоне преобладают зеленые (протококковые) водоросли, в зоопланктоне – ветвистоусые или веслоногие ракообразные, а в зообентосе – личинки хирономид.

Гидробиологические пробы (фитопланктон, зоопланктон и зообентос) отбирают одновременно через каждые 10 дней (в период выращивания молоди до массы 5 г пробы зоопланктона отбирают через 5 дней) в разных точках пруда на протяжении всего периода выращивания рыбы. Фиксацию проб проводят 40%-ным формалином из расчета 50–100 мл 40%-ного формалина на 1 л воды. Пробу снабжают этикеткой, в которой указывают хозяйство, название и номер пруда, его глубину, время и дату взятия пробы, количество профильтрован-

ных литров воды (для зоопланктона) или количество отобранных дночерпателей с указанием площади их захватов (для зообентоса). При использовании экспресс-методов определения количественного развития фито- и зоопланктона необходимо иметь в виду, что они свободны от погрешностей и, как правило, дают несколько завышенные данные, так как вода включает разного рода примеси, попадающие при отборе проб, однако для контроля непосредственно в прудах вполне применимы.

**Экспресс-метод сбора и обработки проб фитопланктона.** Воду отбирают из разных мест пруда на глубине 15–20 см и сливают в ведро. После перемешивания берут пробу объемом 0,5 л, фиксируют формалином, закрывают пробкой, этикетировывают и ставят в темное место на 10–14 сут для отстаивания. По осадку в мерном цилиндре можно ориентировочно вычислить биомассу фитопланктона (рис. 12, 13).

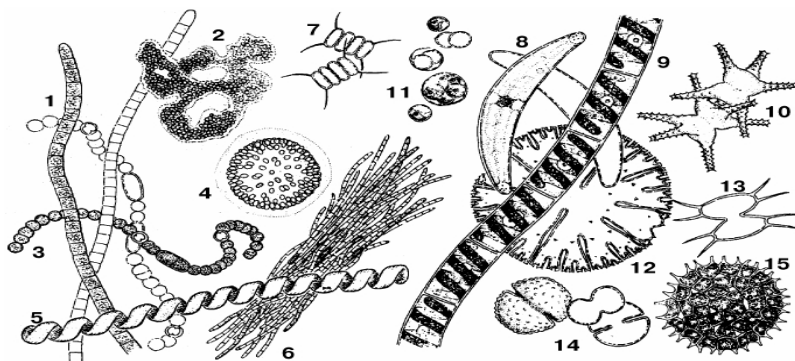


Рис. 12. Синезеленые водоросли: 1 – *Oscillatoria*; 2 – *Microcystis aeruginosa*; 3 – *Anabaena*; 4 – *Coelosphaerium*; 5 – *Spirulina*; 6 – *Aphanizomenon flos-aquae*; зеленые водоросли: 7 – *Scenedesmus*; 8 – *Closterium*; 9 – *Spirogyra*; 10 – *Staurastrum*; 11 – *Chlorella*; 12 – *Micrasterias*; 13 – *Xanthidium*; 14 – *Cosmarium*; 15 – *Pediastrum*

Если часть водорослей оказалась в верхнем слое, их отсчитывают по верхним делениям цилиндра и прибавляют к осадку. Плотность организмов в осадке принимают равной плотности воды. Таким образом можно определить массовое развитие водорослей. Например, если осадок планктона в цилиндре занимает 0,1 см<sup>3</sup> объема, это значит, что в 0,5 л пробы воды содержится 0,1 см<sup>3</sup>, или 0,1 г, фитопланктона, или в пересчете на 1 л – 0,2 г биомассы водорослей, что указывает на их массовое и нежелательное развитие.

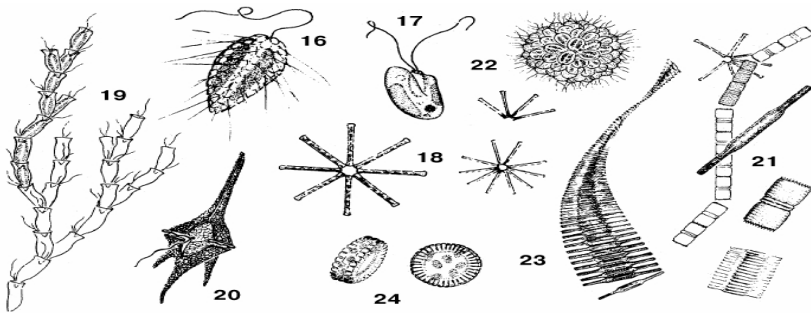


Рис. 13. Диатомовые водоросли: 16 – *Mallomonas*; 17 – *Cryptomonas*; 18 – *Asterionella*; 19 – *Dinobryon*; 20 – *Ceratium hirundinella*; 21 – *Melosira*; 22 – *Synura*; 23 – *Fragilaria*; 24 – *Cyclotella*

Под микроскопом определяют доминирующие группы водорослей (в прудовых условиях это в основном синезеленые или зеленые водоросли), что важно для выяснения характера цветения воды (если оно наблюдается).

**Сбор и обработка проб зоопланктона.** Пробы зоопланктона отбирают мерной посудой (лучше ковшиком на 1 л с ручкой). Для этого зачерпывают воду с глубины 40–50 см и с поверхности попеременно. Станции, на которых проводят забор воды, должны быть распределены равномерно по всей площади пруда. Процеживают 100 или 50 л воды (при очень интенсивном развитии организмов зоопланктона) через планктонную сетку из густого капронового сита № 64–68. Отфильтрованный через планктонную сетку осадок с содержащимся в нем зоопланктоном, собранный в отстойном стакане сетки, с помощью краника сливают в склянки вместимостью 100–200 мл. Для более полного сбора всего планктона сетку тщательно обмывают с наружной стороны водой или погружают ее в воду, не переливая через край. Пробу фиксируют и снабжают этикеткой. Дальнейшую обработку проводят в лаборатории следующим образом: для упрощения расчетов пробу доводят до определенного объема (100 мл), затем хорошо перемешивают ее, берут шпатель-пипеткой 0,5 мл содержимого и помещают на счетное стекло для просмотра под микроскопом. Определяют видовой состав, пользуясь определителем, и количество организмов каждого вида. Как правило, для более точного учета просматривают 3 пробы, отобранные шпатель-пипеткой из одной склянки. Количество организмов в 1 м<sup>3</sup> воды определяют по формуле

$$X = K \cdot V \cdot 1\,000 / Z \cdot n,$$

где  $X$  – количество организмов данного вида в  $1\text{ м}^3$  воды, экз.;

$K$  – среднее количество организмов из трех просмотров содержимого штемпель-пипетки, экз.;

$V$  – объем просмотренной пробы, мл;

1 000 – пересчетный коэффициент на  $1\text{ м}^3$ ;

$Z$  – объем штемпель-пипетки, мл;

$n$  – количество литров профильтрованной воды.

**Пример.** В объеме штемпель-пипетки, равном 0,5 мл, среднее из трех подсчетов количество дафний лонгиспина равно 150 экз.; объем просмотренной пробы – 100 мл; количество профильтрованной воды – 100 л. Тогда количество организмов в  $1\text{ м}^3$  составит:

$$X = 150 \cdot 100 \cdot 1\,000 / 0,5 \cdot 100 = 300\,000 \text{ экз.}$$

Биомассу определяют отдельно по видам и группам организмов: ветвистоусые ракообразные, веслоногие ракообразные, коловратки и др. (рис. 14, 15). Общую биомассу зоопланктона в  $1\text{ м}^3$  воды пруда определяют как сумму биомасс отдельных видов. Для ускорения арифметических расчетов удобно пользоваться специальными программами, разработанными на ЭВМ.

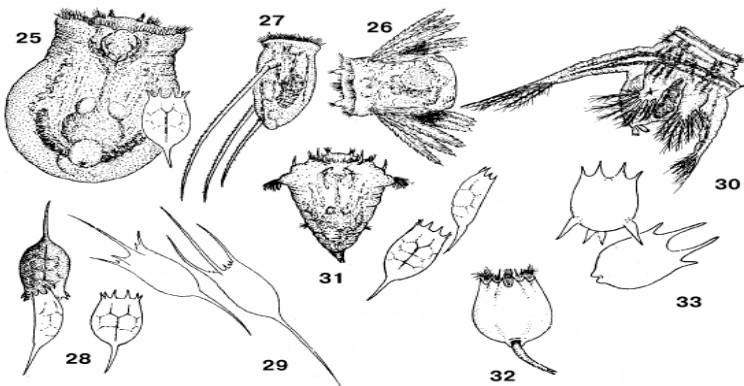


Рис. 14. Коловратки: 25 – *Asplanchna sieboldii*; 26 – *Polyarthra*; 27 – *Filinia*;  
28 – *Keratella cochlearis*; 29 – *Kellicottia*; 30 – *Hexarthra*; 31 – *Synchaeta*;  
32 – *Brachionus plicatilis*; 33 – *Brachionus calyciflorus*

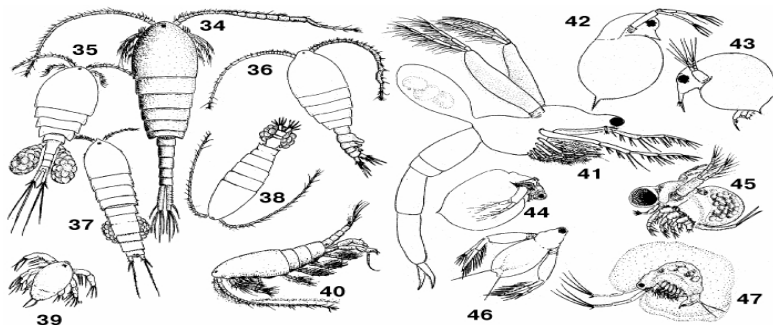


Рис. 15. Веслоногие рачки: 34 – *Limnocalanus macrurus* (самец); 35 – *Eucyclops serrulatus* (самка); 36 – *Epischura lacustris* (самец); 37 – *Canthocamptus* (самка); 38 – *Diaptomus siciloides* (самка); 39 – *Diaptomus siciloides* (личинка); 40 – *Senecella calanoides* (самец); ветвистоусые рачки: 41 – *Leptodora kindtii*; 42 – *Daphnia rosea*; 43 – *Bosmina longirostris*; 44 – *Ceriodaphnia lacustris*; 45 – *Polyphemus pediculus*; 46 – *Diaphanosoma*; 47 – *Holopedium gibberum*

Для расчета биомассы организмов зоопланктона пользуются таблицами средних масс организмов (табл. 1).

Таблица 1. Средние массы организмов зоопланктона

Вид	Масса
<b>Коловратки (Rotatoria)</b>	
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	0,005–0,020
<i>Brachionus angularis</i> Gosse	0,00031–0,00044
<i>B. bakeri</i> Müll.	0,00007
<i>B. calyciflorus</i> Pall.	0,0040–0,0065
<i>Brachionus urceolaris</i> Müll.	0,00053
<i>Lecana luna</i> Müll.	0,00025–0,00090
<i>Synchaeta</i> sp.	0,018
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehr.	0,002–0,003
<i>Filimia</i> sp.	0,00020–0,00058
<i>Polyarthra trigla</i> Ehr.	0,00025–0,00095
<i>Keratella cochlearis</i> Gosse	0,00020–0,00033
<i>K. quadrata</i> Müll.	0,00034–0,00081
<i>Notholca</i> sp.	0,0025
<i>Platias quadricornis</i> Ehr.	0,0003
Мелкие коловратки	0,0004
<b>Ветвистоусые ракообразные (Cladocera)</b>	
<i>Daphnia longispina</i> Müll.	0,06
<i>D. pulex</i> De Geer	0,20
<i>D. magna</i> Straus	1,54

Вид	Масса
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars	0,019–0,026
<i>Moina rectirostris</i> Leydig	0,113
<i>Bosmina longirostris</i> Müll.	0,0078
<i>Chydorus sphaericus</i> Müll.	0,0125
<i>Leptodora kindtii</i> Focke	0,3
<i>Alona quadrangularis</i> Müll.	0,002
<i>Simocephalus vetulus</i> Müll.	0,425
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> Lievin	0,03
<i>Sida crystallina</i> Müll.	0,5
Молодь ветвистоусых	0,001
<b>Веслоногие ракообразные (<i>Copepoda</i>)</b>	
<i>Cyclops</i> sp.	0,008–0,129
<i>Diaptomus</i> sp.	0,007–0,110
<i>Nauplii</i>	0,0008
<i>Copepoditii</i>	0,004
<b>Прочие организмы</b>	
<i>Ostracoda</i>	0,018
<i>Oligochaeta</i>	0,025
<i>Chironomidae larvae</i>	0,03

### Экспресс-методы обработки проб зоопланктона.

1. Полученный после фиксации осадок зоопланктона переливают из склянки в мерный цилиндр и измеряют объем осадка по шкале цилиндра. Чтобы определить, сколько планктона содержится в  $1 \text{ м}^3$ , полученный объем осадка умножают на 10, если процеживали 100 л воды, или на 20, если процеживали 50 л.

2. Осадок зоопланктона процеживают через кусочек сита № 70–80, затем подсушивают на фильтровальной бумаге до исчезновения мокрых пятен, переносят вместе с кусочком влажного сита в чашку Петри и взвешивают. Массу чашки Петри вместе с кусочком влажного сита определяют заранее. По разнице масс получают массу зоопланктона. Зная объем профильтрованной через планктонную сетку воды и массу осадка, можно определить биомассу зоопланктона в  $1 \text{ м}^3$ .

**Сбор и обработка проб зообентоса.** Пробы зообентоса (рис. 16) отбирают в те же сроки, что и пробы зоопланктона, при этом учитывают характер грунтов, зарослей, глубины пруда.

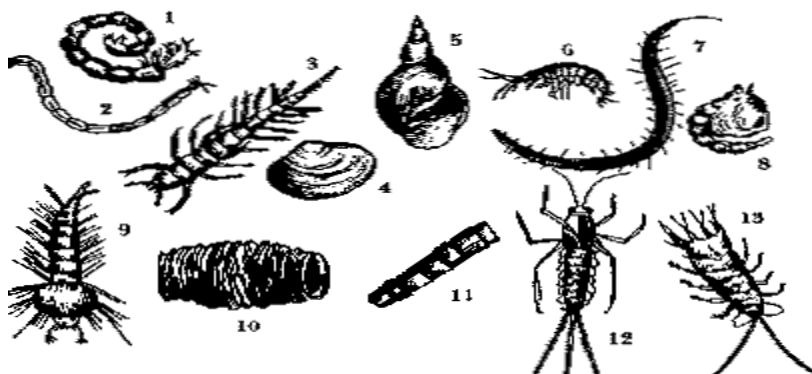


Рис. 16. Донные водные организмы, являющиеся пищей рыб: 1, 2 – личинки хирономид; 3 – личинка вислокрылки; 4 – шаровка; 5 – прудовик; 6 – бокоплав; 7 – малощетинковый червь; 8 – куколка комара; 9 – личинка комара; 10, 11 – ручейники; 12 – личинка поденки; 13 – водяной ослик

Число станций устанавливают в зависимости от количества выделенных биотопов и площади водоема. В нагульных и выростных прудах рекомендуется делать по 10–15 станций в продуктивной зоне с глубинами 0,5–1,5 м. Для отбора проб удобнее пользоваться дночерпателем Экмана – Берджа, площадь захвата которого обычно составляет 0,025 м<sup>2</sup>. Это коробочный дночерпатель, закрывающийся с помощью посыльного груза. Перед отбором пробы лопасти дночерпателя поднимаются вверх и с помощью тросиков надеваются на рычаги спускового аппарата. В открытом виде на тонком металлическом тросе дночерпатель опускается на дно водоема, после чего по тросу опускается посыльный груз, который ударяет по втулке спускового аппарата, и дночерпатель закрывается, вырезая монолит грунта или ила с 0,025 м<sup>2</sup>.

Взятые дночерпателем пробы грунта переносят в мешок-промывалку, сшитый из капронового сита № 24–27. Пробы отмывают в воде пруда до избавления от мелких частиц. Оставшийся комочек грунта помещают в кювету и пинцетом выбирают из него гидробионтов, помещая их в склянку с формалином. Пробу этикетировывают, затем в лабораторных условиях тщательно изучают с помощью лупы и микроскопа. Фиксированные организмы обсушивают на фильтровальной бумаге, разбивают по группам, подсчитывают и взвешивают на весах (лучше торсионных). Раковины живых моллюсков раскрывают для удаления находящейся внутри жидкости. Предварительную обработку



можно провести непосредственно в момент отбора организмов из промытого грунта, распределяя их по группам (личинки хирономид и других насекомых, олигохеты, моллюски и др.).

Определяют биомассу каждого вида организмов в пробе, биомассу организмов, приходящихся на один дночерпатель, затем рассчитывают биомассу отдельных групп организмов и суммарную биомассу на 1 м<sup>2</sup>.

### Контрольные вопросы

1. Какова роль фитопланктона в пруду?
2. Назовите основные группы фитопланктона, развитие которых нежелательно в пруду.
3. Какова роль организмов зоопланктона и зообентоса в питании карпа?
4. Какие меры необходимо принять для повышения биомассы фитопланктона и зоопланктона в пруду?

### Т е м а 6. ПАРАМЕТРЫ РОСТА ПОПУЛЯЦИИ РЫБ

**Цель работы:** изучить параметры роста популяции рыб.

**Материалы и оборудование:** учебные пособия по курсу общей экологии, плакаты с индивидуальными заданиями.

Рост популяции рыб во времени зависит от ряда факторов: исходной численности, способности к размножению (скорость роста), наличия или отсутствия лимитирующих рост факторов среды. Различают два типа роста популяции: *экспоненциальный* (в оптимальных условиях среды) и *логистический* (при проявлении лимитирующих факторов). Экспоненциальный рост можно описать следующим дифференциальным уравнением:

$$N_t = N_0 e^{rt},$$

где  $N_t$  – численность популяции в момент времени  $t$ , экз.;

$N_0$  – численность популяции в начальный момент  $t_0$ , экз.;

$e$  – основание натурального логарифма;

$r$  – биотический потенциал (количество молодых особей, появившихся в популяции в единицу времени в идеальных условиях), экз.

В дифференциальной форме это уравнение можно записать следующим образом:

$$\frac{dN}{dt} = rN,$$

где  $dN$  – прирост численности популяции за отрезок времени  $dt$ .

Как правило, экспоненциальный рост численности возможен не продолжительное время. Однако в реальных условиях ресурсы среды ограничены, при увеличении численности и плотности популяции усиливается конкуренция за ресурсы и происходит замедление роста. Численность популяции приближается к предельно возможной для этих условий величине емкости среды  $K$ .

*Емкость среды* – степень способности природного окружения обеспечивать нормальную жизнедеятельность определенному числу организмов без заметного нарушения самого окружения.

Логистический тип роста может быть описан следующими уравнениями:

$$N_t = N_0 e^{rt \left( \frac{K-N}{K} \right)} \quad \text{или} \quad \frac{dN}{dt} = rN \left( \frac{K-N}{K} \right).$$

Из приведенных уравнений очевидно, что при приближении  $N$  к  $K$  выражение  $\left( \frac{K-N}{K} \right)$  стремится к 0 и прирост популяции не наблюдается.

### Задание

1. Постройте экспоненциальную кривую роста популяции по двадцати точкам, зная биотический потенциал  $r$  и исходную численность популяции  $N_0$ .
2. Определите биотический потенциал  $r$ , зная прирост численности популяции за единицу времени  $N_t$  и исходную численность  $N_0$ .
3. Постройте сигмоидальную кривую роста популяции по двадцати точкам, если известны: биотический потенциал  $r$ , емкость среды  $K$  и исходная численность популяции  $N_0$ .
4. Определите биотический потенциал  $r$ , зная прирост численности популяции за единицу времени  $N_t$ , исходную численность  $N_0$  и емкость среды  $K$ .

Полученные данные сведите в табл. 2.

Таблица 2. Расчеты параметров роста популяции

№	$r$	$N_0$	$\frac{dN}{dt}$
1			
2			
...			
20			

Индивидуальное задание представлено в табл. 3.

Таблица 3. Индивидуальное задание к работе

Вариант	1		2		3			4		
	$r$	$N_0$	$\frac{dN}{dt}$	$N_0$	$r$	$K$	$N_0$	$\frac{dN}{dt}$	$K$	$N_0$
1	1,1	12	278	12	1,3	184	50	1 120	450	650
2	1,2	15	284	151	1,5	110	10	382	5 000	190
3	1,4	11	310	214	1,9	120	40	760	280	750
4	1,7	6	112	100	1,6	220	23	650	2 200	300
5	1,3	14	382	275	1,5	170	50	190	1 700	197
6	1,5	8	310	100	1,2	50	10	750	500	180
7	1,1	11	650	600	1,7	80	11	300	800	125
8	1,6	20	190	130	1,1	700	99	2 784	700	154
9	1,9	4	750	560	1,2	620	50	2 840	620	100
10	1,6	6	300	220	1,3	58	11	310	580	600
11	1,7	13	197	115	1,1	450	50	1 120	450	130
12	1,4	8	180	140	1,4	500	50	180	184	560
13	1,8	18	125	215	1,7	280	11	125	1 100	220
14	2,4	2	154	35	1,3	820	50	154	1 200	115

## Тема 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСОБЕЙ В ПОПУЛЯЦИИ РЫБ

**Цель работы:** изучить типы пространственного распределения особей рыб в популяции.

**Материалы и оборудование:** учебные пособия по курсу общей экологии, аквариум с рыбами (либо лоток с рыбами), рыбозаградительные сетки.

Основными показателями структуры популяций являются численность, распределение организмов в пространстве и соотношение разнокачественных особей. В связи с размерами ареал популяций может значительно изменяться, так же как и численность особей в них.

**Численность популяции** – это общее количество особей на данной территории или в данном объеме. Она зависит от соотношения интен-

сивности размножения (плодовитости) и смертности. В период размножения происходит рост популяции. Смертность же, наоборот, приводит к сокращению ее численности.

Основные типы пространственного размещения особей на площадках представлены на рис. 17.

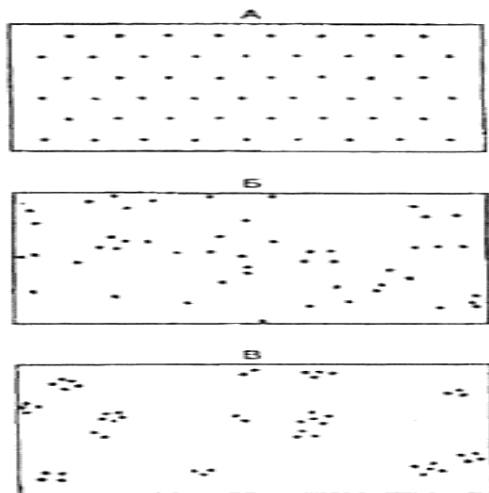


Рис. 17. Основные типы распределения особей в популяции: А – равномерное распределение; Б – случайное распределение; В – групповое распределение (по Ю. Одуму, 1986)

**Ход работы.** Группа делится на звенья из четырех человек. Каждое звено получает задание по определенному виду рыб. На участке водоема (в аквариуме или лотке) закладывают пробную площадь с ориентировочными размерами 2×2 м (или 20×20 см для аквариума). Делят ее на 16 учетных площадок размером 0,25 м<sup>2</sup>. Площадки нумеруют в соответствии с принадлежностью их к квадратам от 1 до 16. На каждой площадке подсчитывают количество особей данного вида  $N$ .

Тип пространственного размещения особей на площадках определяют по дисперсии, которая рассчитывается по формуле

$$\sigma^2 = \Sigma(m - N)^2 / (n - 1),$$

где  $m$  – среднее число особей на учетной площадке, экз.;  
 $n$  – число учетных площадок, шт.

## Задание

1. Заложите пробные площадки (рис. 18–20).
2. Посчитайте численность конкретного вида на каждой пробной площадке (рис. 18–20) и заполните табл. 4.

Таблица 4. Расчет пространственного размещения особей на учетных площадках

№ площадки	N	(m - N)	(m - N) <sup>2</sup>
1			
...			
16			
	<i>m</i> = ...	$\Sigma$ = ...	$\Sigma$ = ...

3. Математически обработайте полученные данные.
4. Сравните величину дисперсии со значением *m* и определите тип пространственного размещения (если  $\sigma^2 = m$  – распределение случайное; если  $\sigma^2 < m$  – распределение равномерное; если  $\sigma^2 > m$  – распределение групповое).
5. Объясните полученные результаты.

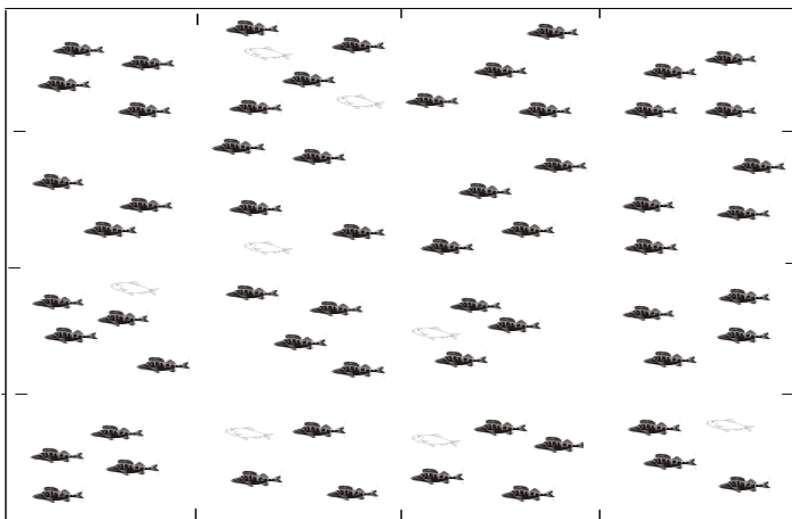


Рис. 18. Площадка № 1

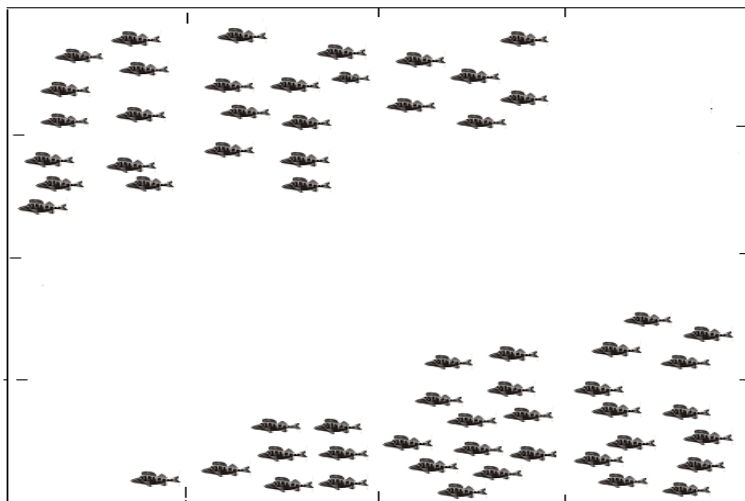


Рис. 19. Площадка № 2

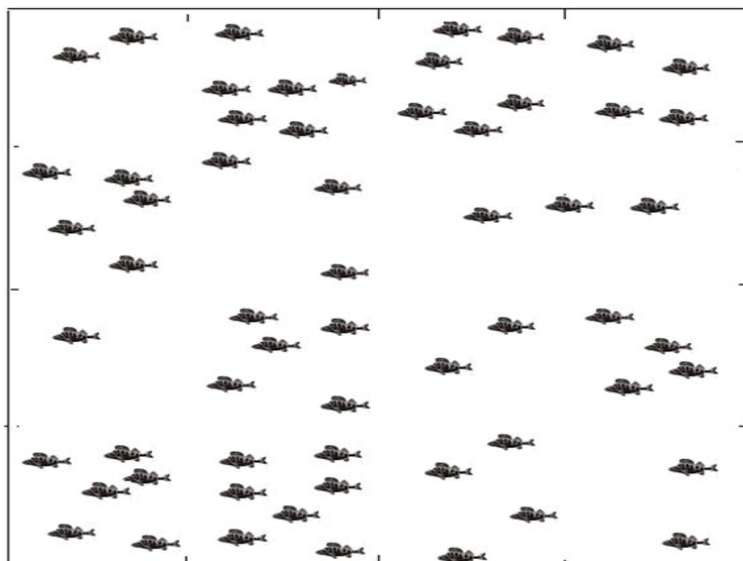


Рис. 20. Площадка № 3

## Т е м а 8. ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ РОДИТЕЛЬСКИХ ОСОБЕЙ НА ДИНАМИКУ ПОПУЛЯЦИИ РЫБ

**Цель работы:** изучить влияние плотности родительских особей на динамику популяции.

**Материалы и оборудование:** модельная установка.

Размеры популяций в природе непостоянны, колеблются во времени и пространстве. Основными динамическими процессами, определяющими численность популяций, являются: рождаемость, смертность, выживаемость, скорость роста.

**Рождаемость** характеризует частоту появления новых особей в популяции. Средняя величина рождаемости каждого вида определялась исторически как приспособление для восполнения убыли популяции.

Величина рождаемости тем выше, чем больше доля особей, принимающих участие в размножении. Чем выше плодовитость, тем чаще следуют друг за другом репродуктивные циклы. Обычно рождаемость в каждой популяции уравновешена характерной для нее смертностью.

Рождаемость определяют по следующей формуле:

$$P = \frac{N_p \cdot 100}{N_i},$$

где  $P$  – рождаемость, %;

$N_p$  – рожденное число особей, шт.;

$N_i$  – исходное число особей, шт.

$$N_p = N_k - N_i + N_m,$$

где  $N_k$  – конечное число особей через определенное время, шт.;

$N_m$  – число погибших особей, шт.

$$N_k = N_i - N_m + N_p.$$

**Смертность** – величина, противоположная рождаемости, – может быть определена как число особей, погибших в популяции за определенное время. Так же, как и при оценке рождаемости, смертность обычно относят к общему числу особей в популяции и определяют по формуле

$$C = \frac{N_m}{N_i} 100,$$

где С – смертность, %.

**Выживаемость** – число особей (в процентах), сохранившихся в популяции за определенный промежуток времени. Обычно выживаемость определяется для разных возрастов и половых групп за разные сезоны, годы, периоды повышенной смертности.

Выживаемость измеряют отношением числа живых особей к конечному числу особей в популяции через определенный промежуток времени:

$$B = \frac{N_{ж}}{N_i} 100,$$

где В – выживаемость, %;

$N_{ж}$  – число живых особей, шт.

**Ход работы.** Моделируется динамика популяции рыб. Каждый вариант обрабатывается отдельно. Подсчет рыб проводится разделением их на мертвые и живые особи.

### Задание

1. Определите рождаемость (%), смертность (%) и выживаемость (%) популяции. Полученные результаты внесите в табл. 5.

Таблица 5. Основные характеристики популяции

Вид рыбы	Численность особей, шт.				Р, %	С, %	В, %
	исходная	конечная	в т. ч.				
			живых	мертвых			

2. Графически отобразите связь между плотностью родительских форм в популяции и рождаемостью, смертностью, выживаемостью.

3. Сделайте выводы о том, как плотность популяции связана с показателями рождаемости, смертности, выживаемости.

Индивидуальное задание представлено в табл. 6.



Таблица 6. Индивидуальное задание к работе

Вид рыб	Вариант									
	1		2		3		4		5	
	$N_{и}$	$N_{к}$	$N_{и}$	$N_{к}$	$N_{и}$	$N_{к}$	$N_{и}$	$N_{к}$	$N_{и}$	$N_{к}$
Щука	65	12	10	20	69	12	19	20	12	10
Карп	40	10	11	10	44	10	11	14	18	11
Карась	24	11	12	4	27	11	10	4	11	12
Верховка	15	0	106	18	15	8	106	19	8	106
Пелядь	104	4	94	104	109	4	102	104	4	94
Плотва	28	21	33	18	20	21	33	19	21	33
Уклея	406	408	39	40	407	408	37	40	408	39
Окунь	11	1	44	105	15	1	44	106	105	44
Линь	12	24	206	18	14	24	207	18	24	206
Красноперка	4	4	205	104	8	8	205	184	220	205
Сом пейский	28	19	100	200	28	19	104	200	119	100
Лещ	102	205	10	28	104	207	10	29	205	10
Пескарь	203	205	64	0	203	209	64	2	205	64
Ряпушка европейская	15	14	28	99	19	15	24	99	144	28

## Тема 9. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВА РЫБ

**Цель работы:** изучить состояние видовой структуры сообщества.

**Материалы и оборудование:** учебные пособия по курсу общей экологии, пробы икhtiофауны водоема.

Одной из основных характеристик любого биоценоза является его видовой состав, или общее число видов растений, животных и микроорганизмов на конкретной площади земли или в определенном объеме жидкости. Состав и число видовых популяций не остаются постоянными и подвержены сильным изменениям под воздействием природных и антропогенных факторов.

Оценку состояния видовой структуры сообщества осуществляют по характеристикам, приведенным ниже.

1. *Степень доминирования вида*  $p_i$  – доля особей данного вида в общей численности особей биоценоза:

$$p_i = n_i / \Sigma n,$$

где  $p_i$  – доля  $i$ -го вида в суммарной численности особей всех видов;

$n_i$  – число особей  $i$ -го вида, экз.;

$\Sigma n$  – суммарная численность особей всех видов, экз.

2. *Видовое богатство S* – общее число видов, обитающих в данном биотопе. Видовое богатство возрастает с севера на юг, а также с увеличением площади биотопа и эволюционного времени. Чем выше видовое богатство, тем более устойчивым является биоценоз, и наоборот.

3. *Индекс разнообразия Симпсона D*. Чем больше *D* приближается к *S*, тем разнообразнее сообщество:

$$D = 1 / \sum p_i^2,$$

где  $p_i$  – доля  $i$ -го вида в суммарной численности особей всех видов.

4. *Индекс выравненности Симпсона E*.

*Выравненность* – соотношение численности видов в биоценозе. Определяется по долевному отношению численности вида к общему числу особей. Например, если два биоценоза (А и В) имеют одинаковое видовое богатство (10 видов) и одинаковую численность особей (100 особей), то они могут различаться по характеру распределения этих особей между видами, т. е. выравненностью:

- биоценоз А: 91:1:1:1:1:1:1:1:1 – минимальная выравненность и максимальное доминирование;

- биоценоз В: 10:10:10:10:10:10:10:10:10 – максимальная выравненность и минимальное доминирование.

Выравненность возрастает с севера на юг, а доминирование – с юга на север.

При изучении выравненности используют *индекс выравненности Симпсона*. Чем больше этот индекс приближается к 1, тем равномернее представлены все виды в сообществе:

$$E = D / S.$$

5. *Состояние сообщества* – может быть устойчивым или нарушенным. Оценивают показатель по зависимости числа видов сообщества от числа особей, приходящихся на один вид.

По численности особей виды в биоценозе подразделяются на доминантные, субдоминантные, малочисленные, редко встречающиеся (редкие) и случайные. Доминантные виды часто выполняют средообразующую функцию, в таком случае их называют *виды-эдификаторы*.

**Ход работы.** Работа носит расчетно-аналитический характер. Каждые два студента получают индивидуальное задание из таблицы и выполняют необходимые расчеты. Результаты заносятся в табл. 7.

Таблица 7. Оценка состояния видового сообщества

№ варианта	Тип экосистемы	Наименование вида	Число особей		Положение вида							
			шт.	%	Доминантный	Субдоминантный	Малочисленный	Случайный	$p_i$	$p_i^2$	Д	Е
					$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$		$\Sigma =$		

### Задание

1. Рассчитайте индекс разнообразия  $D$  и индекс выравненности  $E$  сообщества.

2. Выделите виды-доминанты по численности и биомассе (рассчитайте долю вида в процентах по числу особей или биомассе).

3. Выделите виды-эдификаторы сообщества.

4. Выделите редкие и малочисленные виды сообщества.

5. Постройте график зависимости числа видов в биоценозе от числа особей, приходящихся на один вид, для выявления степени нарушенности биоценоза (чем более пологая кривая, тем более нарушен биоценоз).

6. Оцените состав ихтиофауны по отрядам, семействам исходя из наличия отдельных представителей в экосистеме, используя приложение.

Индивидуальное задание к работе приведено в табл. 8.

Таблица 8. Индивидуальное задание к работе

Тип экосистемы	Название вида	Вариант задания				
		1	2	3	4	5
Пруд	Карп	65	12	–	28	8
	Щука	–	25	–	104	–
	Карась	15	5	28	5	39
	Верховка	9	3	39	2	5
	Плотва	27	8	12	–	9
	Уклея	13	–	8	36	46
	Окунь	–	26	166	15	17
	Линь	3	1	–	8	3
	Красноперка	31	23	12	6	36
	Сом европейский	2	1	–	1	8
	Лещ	5	1	2	–	3
	Пестрый толстолобик	28	9	15	7	15
Белый амур	8	17	7	28	–	

	Название вида	Вариант задания				
		6	7	8	9	10
Озеро	Карп	48	15	–	11	24
	Щука	117	43	8	33	52
	Карась	78	20	21	53	24
	Верховка	2	13	–	6	10
	Плотва	6	–	8	17	–
	Уклея	15	35	13	8	18
	Окунь	–	5	–	2	16
	Линь	20	16	14	13	9
	Красноперка	–	8	5	–	1
	Сом европейский	6	16	9	5	–
	Лещ	49	77	13	20	43
	Пескарь	8	19	29	6	11
	Ряпушка европейская	1	8	16	–	7
	Река	Название вида	Вариант задания			
		11	12	13	14	15
Судак		38	13	9	–	48
Щука		16	33	47	10	15
Карась		117	29	33	–	73
Верховка		37	66	45	125	45
Плотва		11	18	13	25	5
Уклея		8	13	–	19	9
Окунь		14	6	7	–	–
Линь		7	–	3	8	6
Красноперка		11	14	20	17	13
Сом европейский		–	3	78	18	–
Лещ		3	8	25	–	12
Пескарь		5	14	9	26	6
Бычок-голец	21	9	17	7	4	

### Т е м а 10. ТИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИДОВ РЫБ В СРЕДЕ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

**Цель работы:** изучить типы взаимодействия различных видов рыб в среде обитания.

**Материалы и оборудование:** учебные пособия по курсу общей экологии, аквариумные виды рыб.

В природе организмы живут не изолированно друг от друга. Между ними и средой осуществляется непрерывный обмен веществом, энергией. Объединяют виды в сообщество абиотические условия, придающие определенное однообразие местообитанию и разнообразие связям и отношениям.

Выделяют различные формы биотических связей, которые приведены ниже.

1. Трофические связи. Наиболее распространены в биоценозе. Они характеризуют трофику, т. е. питание организмов. Имеют большое значение в природе.

Трофические связи – форма связей между популяциями в биоценозе, проявляющихся в питании особей одного вида за счет живых особей другого вида, продуктов их жизнедеятельности или их мертвых остатков.

2. Топические связи – это создание одним видом сферы существования для другого (паразитизм, комменсализм). Особую роль в формировании среды обитания играют растения. Известно, что растительность, благодаря особенностям энергообмена, является мощным фактором перераспределения тепла у поверхности Земли и создания микро- и макроклимата.

Примером топических связей могут быть морские желуди, которые поселяются на коже кита, и т. д.

3. Форические связи – это участие одного вида в распространении другого. Известно такое понятие, как зоохория – перенос животными семян, спор, пыльцы растений. Зоохория может быть пассивной (тело животного случайно столкнулось с растением, семена которого имеют зацепки, выросты) и активной (поедание плодов и ягод).

Форезия – это перенос животными других мелких животных. Распространена преимущественно среди мелких членистоногих, особенно различных групп клещей.

4. Фабрические связи – это использование одним видом продуктов жизнедеятельности других видов для устройства (фабрикации) своего жилища. Например, некоторые виды рыб используют для нереста полость других гидробионтов для кладки икры.

Теоретически взаимодействие популяций двух видов можно выразить в виде следующих комбинаций символов:

0 0, --, ++, + 0, - 0, + -,

где «0» – существенное взаимодействие между популяциями отсутствует; «+» – благоприятное действие на рост, выживание или другие характеристики популяции; «-» – ингибирующее действие на рост или другие характеристики популяции.

Выделяют 9 типов наиболее важных взаимодействий между видами (по Ю. Одуму, 1986):

- *нейтрализм* (0 0) – ассоциация двух видов популяций не влияет ни на один из них;

- *взаимное конкурентное подавление* (- -) – обе популяции взаимно подавляют друг друга;

- конкуренция из-за ресурсов (– –) – каждая популяция неблагоприятно воздействует на другую при недостатке пищевых ресурсов;
- аменсализм (– 0) – одна популяция подавляет другую, но сама при этом не испытывает отрицательного влияния;
- паразитизм (+ –) – популяция паразита наносит вред популяции хозяина;
- хищничество (+ –) – одна популяция неблагоприятно воздействует на другую в результате прямого нападения, но зависит от другой;
- комменсализм (+ 0) – одна популяция извлекает пользу от объединения с другой, а другой популяции это объединение безразлично;
- протокооперация (+ +) – обе популяции получают пользу от объединения;
- мутуализм (+ +) – связь благоприятна для роста и выживания отдельных популяций, причем в естественных условиях ни одна из них не может существовать без другой.

Девять описанных видов взаимодействий можно свести к двум более обобщенным типам – отрицательным (антибиотическим) и положительным (симбиотическим).

### Задание

1. Изучите типы биотических связей и биотических отношений, в рамках которых взаимодействуют виды в биотопах.
2. Проведите осмотр биоценоза водоема, выполните учет видов.
3. Определите группы организмов и выявите типы биотических отношений и связей между ними.
4. Определите преобладающий тип биотических связей и отношений.
5. Приведите примеры видов или группы организмов, различных по типам биотических связей и отношений, которыми данные виды связаны с видом-детерминантом. Данные сведите в табл. 9.

Таблица 9. Примеры взаимодействия между видами

Вид-детерминант	Взаимодействующий вид	Тип биотических связей			
		Трофические	Топические	Форические	Фабрические
		Тип биотических отношений			

6. На основании преобладания положительных или отрицательных типов взаимодействий сделайте вывод о стадии развития экосистемы.

## Т е м а 11. БИОТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ВОДОЕМА

**Цель работы:** изучить биотический баланс на примере водоема.

**Материалы и оборудование:** учебные пособия по курсу общей экологии, структура водоема в схемах.

Особое место в экосистемах занимает баланс органических веществ, который включает в себя разнородные и сложные биотические процессы в водоемах. Баланс органических веществ в водных экосистемах не является простой разностью между их поступлением и выносом, поскольку органические вещества могут синтезироваться в самом водоеме.

В гидробиологии широкое применение получил энергетический принцип изучения функционирования экосистем водоемов и водотоков. Каждая составляющая биотического баланса в экосистемах занимает вполне определенное положение по отношению к потоку энергии в них. Использование понятия «поток энергии» позволяет достаточно хорошо описать преобразование энергии в экосистемах, поскольку превращения энергии в них идут в направлении от организмов-накопителей энергии к организмам-потребителям.

Энергия поступает на каждый трофический уровень и трансформируется в сложных трофических сетях. При этом в экосистеме организуется поток энергии, который рассматривается как одно из фундаментальных ее свойств. Трофические связи и потоки энергии в экосистемах сложны и разветвлены. В процессы трансформирования энергии вовлекается как энергия, заключенная в членах сообществ организмов и преобразованная ими, так и энергия абиотических компонентов (энергия света, механическая, тепловая энергия воды, минеральных растворенных веществ и т. д.).

К настоящему времени для многих различных по типу водоемов, расположенных в различных частях Земли, составлены биотические балансы их экосистем (табл. 10).

Таблица 10. Структура и функции экосистем. Биотический баланс экосистемы водоема, ккал/м<sup>2</sup>/150 сут

Показатель	Вариант	Уровень								
		Фитопланктон	Макрофиты	Бактериопланктон	Зоопланктон мирный	Зообентос мирный	Белый амур	Зоопланктон хищный	Зообентос хищный	Карп
<i>B</i>	1	28	100	1,8	8	12	2	2,8	1	18
	2	35	94	1,2	6	14	3	4	2	17
	3	40	102	1,6	7	11	4	3,4	3	21
	4	46	124	1,8	11	16	2	4,2	2	15
	5	44	101	1,5	9	12	6	3,4	3	13
	6	26	92	1,4	6	13	5	4	4	18
	7	28	89	1,6	8	14	2	3,2	3	20
<i>P</i>	1	2800	510	318	150	64	6	73	19,5	40
	2	3000	490	305	160	66	5	70	20,2	38
	3	2600	520	311	145	72	4	65	16,8	45
	4	2400	470	326	140	68	3	68	18,5	26
	5	3100	525	299	170	75	5	74	17,5	35
	6	2700	410	245	180	69	7	68	16,0	44
	7	2900	420	321	175	64	8	72	18,4	50
<i>T</i>	1	476	310	490	240	124	10	110	1	58
	2	452	290	500	270	120	12	115	2	60
	3	440	280	480	285	135	9	121	3	62
	4	384	315	450	215	141	8	113	2	55
	5	516	300	465	230	128	14	114	4	61
	6	490	310	440	224	132	11	109	3	57
	7	505	315	425	250	142	9	100	2	64
<i>C</i>	1	–	–	730	910	110	85	220	6,5	148
	2	–	–	720	900	100	90	210	7	150
	3	–	–	741	880	95	87	215	6	154
	4	–	–	820	890	120	100	190	8	160
	5	–	–	655	887	105	95	235	6,5	158
	6	–	–	705	850	95	90	240	7,5	160
	7	–	–	720	960	109	88	245	9	134

Примечания: 1. *B* – биомасса, *P* – продукция, *T* – траты энергии на дыхание, *C* – рацион.

2. Зоопланктон мирный питается фитопланктоном и бактериями; зообентос мирный – фитопланктоном; зоопланктон хищный – мирным зоопланктоном; зообентос хищный – мирным зообентосом, мирным и хищным зоопланктоном; белый амур – макрофитами; карп – зообентосом мирным и хищным, зоопланктоном мирным и хищным.



## Задание

При выполнении задания необходимо пользоваться данными биотического баланса регулируемой экосистемы рыбоводного пруда, представленными в табл. 10.

1. Определите потоки энергии через каждый трофический уровень ( $A = (P + T) \cdot 150$ ).

2. Вычислите значения коэффициентов для каждого структурного звена ( $P / B$ ).

3. Определите эффективность использования энергии рациона на рост  $K_1$  в каждом звене гетеротрофов ( $K_1 = \frac{A}{C}$ ).

4. Определите эффективность использования ассимилированной энергии на рост  $K_2$  ( $K_2 = \frac{A}{P}$ ).

5. Определите обеспеченность пищей каждого звена и трофического уровня гетеротрофов ( $A = C \cdot 150$ ).

6. Найдите ошибку в балансе.

7. Начертите блок-схему экосистемы с обозначением величин и связей (направления потоков).

## Т е м а 12. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПИРАМИДЫ ВОДОЕМА

**Цель работы:** изучить экологические пирамиды в водоеме.

**Материалы и оборудование:** учебные пособия по курсу общей экологии, экологическая пирамида в водоеме в схемах.

В биоценозах все организмы (продуценты, консументы, редуценты) теснейшим образом связаны между собой и с неживой природой. Связь эта выражается через передачу вещества и энергии, т. е. цепь питания. Графическое выражение цепи питания называется экологической пирамидой (рис. 21).



Рис. 21. Экологическая пирамида

Экологические пирамиды выражают трофическую структуру экосистемы в геометрической форме. Они строятся в виде прямоугольников одинаковой ширины, но длина прямоугольников должна быть пропорциональна значению измеряемого параметра. Таким образом можно получить пирамиды чисел, биомассы и энергии.

Пирамиды чисел представляют собой наиболее простое приближение к изучению трофической структуры экосистемы. Установлено основное правило, согласно которому в любой среде при переходе с одного трофического уровня на другой численность особей уменьшается, а их размер увеличивается (рис. 22).

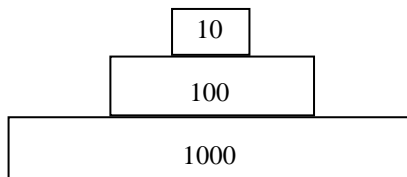


Рис. 22. Экологическая пирамида чисел

Однако в построении различных пирамид чисел наблюдается большое разнообразие: иногда они могут быть перевернутыми. Такая картина наблюдается в пищевых цепях паразитов.

Пирамида биомассы более полно отражает пищевые взаимоотношения в экосистеме, так как она показывает биомассу (сухая масса) в данный момент на каждом уровне пищевой цепи (рис. 23).



Рис. 23. Пищевая пирамида биомассы водоема

Пирамиды энергии являются наиболее фундаментальным способом отображения связей между организмами на различных трофических уровнях. Каждая ступенька пирамиды энергии отражает количество энергии (на единицу площади или объема), прошедшей через определенный трофический уровень за определенный период.

В 1942 г. американский эколог Раймонд Линдеман сформулировал закон пирамиды энергии, согласно которому с одного трофического уровня на другой через пищевые цепи переходит в среднем около 10 % энергии, поступившей на предыдущий уровень экологической пира-

миды («правило 10 %»). Остальная часть энергии тратится на обеспечение процессов жизнедеятельности. В результате процессов обмена организмы теряют в каждом звене пищевой цепи около 90 % всей энергии. Следовательно, для получения, например, 1 кг окуней должно быть израсходовано приблизительно 10 кг молоди рыб, 100 кг зоопланктона и 1 000 кг фитопланктона.

### Задание

1. Распределите виды по трофическим уровням.
2. Определите биомассу организмов в пищевой цепи.
3. Пользуясь правилом экологической пирамиды, подсчитайте, какая площадь соответствующего биогеоценоза может обеспечить питанием одну особь последнего звена в цепи питания.

### Индивидуальное задание к работе

Составьте схему пищевой цепи из перечисленных организмов:

- а) кулик, береговая улитка, сорока (200 г), фитопланктон;
- б) сельдь (400 г), диатомовые водоросли, веслоногие рачки;
- в) зоопланктон, полярная тресочка, тюлень, полярный медведь (600 кг), фитопланктон;
- г) личинки насекомых, торф, хариус, белый медведь (620 кг);
- д) утка-морянка (1 кг), фитопланктон, бокоплав;
- е) зоопланктон, мелкие рыбы, щука (10 кг), окунь, фитопланктон;
- ж) лосось, мелкие рыбы, медведь (300 кг), зоопланктон, фитопланктон;
- з) синий кит (150 т), фитопланктон, зоопланктон.

Биологическая продуктивность фитопланктона равна  $600 \text{ г/м}^2$  в год, растительности – 1 000, других видов биомассы –  $800 \text{ г/м}^2$  в год (в пересчете на сухое вещество).

## Т е м а 13. ОСНОВНЫЕ БИОМЫ ЗЕМЛИ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

**Цель работы:** изучить основные биомы Земли и их особенности.

**Материалы и оборудование:** учебные пособия по курсу общей экологии.

В зависимости от условий существования биоценоза все экосистемы, существующие на планете Земля, подразделяются на три типа:

- 1) наземные;
- 2) пресноводные;
- 3) морские.

**Типы наземных экосистем:**

- тундра;
- тайга;
- листопадные леса умеренной зоны;
- степи умеренной зоны;
- чапараль;
- тропические саванны и лугопастбищные земли;
- тропические леса.

Пять основных факторов влияют на биоту водных экосистем:

- соленость, т. е. процентное содержание (по весу) растворенных в воде солей, главным образом NaCl, KCl и MgSO<sub>4</sub>;
- прозрачность, характеризуемая относительным изменением интенсивности светового потока с глубиной;
- концентрация растворенного кислорода;
- доступность питательных веществ, прежде всего соединений химически связанного азота и фосфора;
- температура воды.

Пресноводные водоемы, как правило, делят на два типа:

- 1) стоячие – озера, пруды, болота;
- 2) проточные – родники, ручьи и реки.

Кроме того, до некоторой степени условно к пресноводным водоемам можно отнести эстуарии и лиманы – обширные, частично заболоченные акватории в устьях рек, вода в которые поступает как из рек, так и из моря за счет приливов и ветрового нагона.

Пресноводные экосистемы покрывают 0,8 % поверхности Земли и составляют 0,009 % от общего объема воды. Они генерируют почти 3 % чистой первичной продукции. Пресноводные экосистемы содержат 41 % всех известных в мире видов рыб.

Есть **три основных типа пресноводных экосистем:**

- стоячие: медленное перемещение воды, например бассейны, пруды и озера;
- проточные: быстро движущаяся вода, например ручьи и реки;
- болото: область, где почва насыщена или обводнена, по крайней мере иногда.

*Озеро* – компонент гидросферы, представляющий собой естественно возникший водоем, заполненный в пределах озерной чаши (озерно-

го ложа) водой и не имеющий непосредственного соединения с морем (океаном). Озера являются предметом изучения науки лимнологии. Всего в мире насчитывается около 5 млн. озер.

С точки зрения планетологии озеро представляет собой существующий стабильно во времени и пространстве объект, заполненный веществом, находящимся в жидкой фазе, размеры которого занимают промежуточное положение между морем и прудом.

Хотя химический состав озер остается относительно длительное время постоянным, в отличие от реки заполняющее его вещество обновляется значительно реже, а имеющиеся в нем течения не являются преобладающим фактором, определяющим его режим. Озера регулируют сток рек, задерживая в своих котловинах полые воды и отдавая их в другие периоды. В водах озер происходят химические реакции. Одни элементы переходят из воды в донные отложения, другие – наоборот. В ряде озер, главным образом не имеющих стока, в связи с испарением воды повышается концентрация солей. Результатом являются существенные изменения минерализации и солевого состава озер. Благодаря значительной тепловой инерции водной массы крупные озера смягчают климат и температуру прилегающих районов, уменьшая годовые и сезонные колебания метеорологических элементов.

По типу минерализации различают озера:

- пресные;
- ультрапресные;
- минеральные (соленые);
- солоноватые;
- соленые.

По химическому составу воды минеральные озера делятся:

- на карбонатные (содовые);
- сульфатные (горько-соленые);
- хлоридные (соленые).

Всего в мире существует около 5 млн. озер. Условия для жизни в озерах отличаются от морских, например в большинстве случаев озерная вода – пресная.

Рыбы здесь соответствующие – озерные. Их также называют речными, поскольку аналогичные виды часто водятся и в пресных реках. Одним из главных отличий таких рыб можно назвать небольшие размеры, развитый скелет и отсутствие большого количества ярких окрасок.

Из 46 видов рыб-аборигенов, обитающих в настоящее время в водоемах Беларуси, 24 вида широко распространены в реках и озерах и

занимают самые разнообразные места обитания; 18 видов являются обитателями рек и лишь случайно, единичными экземплярами могут заходить в проточные озера и пойменные водоемы. Из них пресноводные миноги, ручьевая форель, хариус, голян обыкновенный, голец населяют преимущественно верховья рек и ручьев с чистой холодной водой; стерлядь, подуст, белоглазка, синец, чехонь, ерш-носарь, бычок-песчаник – рыбы более теплолюбивые и обитают на равнинных участках рек; промежуточное положение занимают голавль, усач, быстрянка, обитающие на участках с теплой водой, но обязательно на течении.

Широко распространены по рекам елец, сырть и многие озерно-речные рыбы. Чисто озерными являются лишь ряпушка и снеток, обитающие в глубоких мезотрофных озерах бассейнов Западной Двины и Вилии, а также голян озерный, встречающийся в некоторых небольших озерах и пойменных водоемах бассейна Днепра. Такая ценная рыба, как стерлядь, встречается единичными экземплярами в Днепре и его крупнейших притоках, форель ручьевая – в верховьях некоторых притоков Немана и Березины (днепровской), хариус – в отдельных притоках Немана. Очень сильно подорваны запасы ряпушки, усача, сырты, сома и некоторых других ценных рыб. К сожалению, места обитания их продолжают сокращаться и если не принять срочных мер по их охране и воспроизводству, эти виды могут полностью исчезнуть из фауны Беларуси.

*Пруд* – искусственный или естественный водоем для хранения воды с целью водоснабжения, орошения, разведения рыбы (прудовое рыбное хозяйство) и водоплавающей птицы, а также для санитарных, противопожарных и спортивных потребностей. В российском законодательстве, например, прудами считаются искусственные водоемы площадью не более 1 км<sup>2</sup>.

Размер и глубина прудов может сильно варьироваться в зависимости от времени года; многие пруды образуются в период весеннего паводка из рек.

Пруды по определению обычно представляют собой довольно мелкие водоемы с различной численностью водных растений и животных. Глубина, сезонные колебания уровня воды, потоки питательных веществ, количество света, попадающего в пруды, форма, присутствие крупных млекопитающих, состав сообществ рыб и соленость – все это может влиять на типы присутствующих сообществ растений и животных.

Пищевые цепи основаны на свободно плавающих водорослях и водных растениях. Обычно существует множество разнообразных

водных организмов, в том числе водоросли, улитки, рыбы, жуки, водяные клопы, лягушки, черепахи, выдры и ондатры. Главные хищники могут включать крупную рыбу, цапель или аллигаторов. Поскольку рыба является основным хищником личинок земноводных, те водоемы, которые ежегодно пересыхают и вызывают гибель обитающей там рыбы, являются важным убежищем для размножения амфибий. Пруды, которые ежегодно полностью пересыхают, часто называют весенними бассейнами.

В зависимости от водного режима или задач прудового рыбхозейства пруды могут быть пресноводными или солоноватыми.

Величину солености воды для выбора вселенцев в пруд проще всего определить на вкус, конечно, при условии, что вода не содержит токсических веществ и отвечает санитарным требованиям. Соль в воде чувствуется при содержании 1–3 г/л. Количество солей в воде можно определить также с помощью солемера. Если вода имеет высокую соленость, то необходимо проводить ее анализ хотя бы один раз в год.

Только в пресной воде растут тростник, камыш, сагиттария, нимфейник, валлиснерия, рдесты, хара, кубышка; из моллюсков живут перловицы, прудовики, физы, из ракообразных – водяной ослик, щитни, а также личинки насекомых, рататра и т. д.

Повышение солености до 4–6 г/л уничтожает пресноводные водоросли и моллюсков – прудовиков, перловиц; в такой воде почти не встречается личинок стрекоз, водяного ослика.

*Река* – природный водный поток (водоток) значительных размеров с естественным течением по руслу (выработанному им естественному углублению) от истока вниз до устья и питающийся за счет поверхностного и подземного стока с его бассейна.

Для проточных экосистем важен свет, так как он обеспечивает энергией продуцентов посредством фотосинтеза и предоставляет убежище в виде тени для кормовых видов. Количество света, принимаемого экосистемой, зависит от внутреннего и внешнего течений. Территория вокруг небольшого ручья, например, может быть в тени окружающих его лесов или склонов долины. Большие речные системы, как правило, слишком широки, и внешние преграды не могут задержать солнечные лучи, поэтому они достигают поверхности воды. Такие реки, как правило, более бурные, однако частицы, взвешенные в воде, ослабляют свет с увеличением глубины. Сезонные и суточные факторы могут также играть роль в доступности света, так как из-за угла падения света может произойти его отражение и, как следствие, его



недостаток. По закону Бера известно, что чем меньше угол падения, тем больше света отражается, а количество солнечной радиации уменьшается логарифмически в зависимости от глубины. Дополнительное влияние на освещенность оказывают облачность, высота и географическое положение.

Большинство видов, обитающих в проточных экосистемах, – хладнокровные, температура их меняется с окружающей средой. Таким образом, температура – главный абиотический фактор для них. Вода может нагреваться или охлаждаться от излучения на поверхности и от воздуха. Мелкие потоки, как правило, имеют высокий уровень смешивания и поддерживают относительно равномерную температуру в пределах области. В более глубоких, медленнее движущихся водных системах, однако, может развиваться сильное различие между нижними и поверхностными температурами. Водные системы, наполняющиеся весной, имеют небольшие изменения, так как родники, идущие из грунтовых вод, как правило, имеют температуру, близкую к окружающей среде. Многие водные системы показывают сильные суточные и сезонные колебания, которые наиболее сильны в арктических, пустынных и умеренных системах. Количество затенения, климат и высота также влияют на температуру проточных экосистем.

Химический состав воды между системами сильно различается и зависит от отложений минеральных солей на дне русла. На него также влияют антропогенные загрязнения. Большие различия в составе воды обычно наблюдаются в мелких проточных экосистемах из-за высокого уровня смешивания. В крупных речных экосистемах содержатся питательные вещества, растворенные соли, и там снижается уровень рН с увеличением расстояния от источника реки.

Кислород является, вероятно, наиболее важным компонентом в проточных экосистемах, так как всем аэробным организмам он нужен для выживания. Он входит в воду путем диффузии на границе воды и воздуха. Растворенность кислорода в воде уменьшается с увеличением рН и температуры воды. Быстрые турбулентные потоки способны выставить больше поверхности воды к воздуху и, как правило, имеют низкую температуру, поэтому содержание кислорода в них больше, чем в медленных заводях. Кислород является побочным продуктом фотосинтеза, поэтому в системах с высоким обилием водорослей и растений концентрация кислорода в течение дня высокая. Этот уровень может значительно снижаться ночью, когда основные производители кислорода переключаются на дыхание. Кислорода может быть не-

достаточно, если циркуляция между поверхностью и более глубокими слоями плохая или если активность животных в проточной воде высокая и происходит большое количество органического распада.

Водоросли, состоящие из фитопланктона и перифитона, являются наиболее важными источниками первичной продукции в большинстве ручьев и рек. Фитопланктон свободно плавает в толще воды и, таким образом, не в состоянии поддерживать рост в быстрых ручьях. Он может, однако, развивать внушительную численность в медленно движущихся реках и болотах. Перифитон – это, как правило, нитевидные и ворсовые водоросли, которые могут присоединяться к объектам, чтобы избежать вымывания быстрым течением. В тех местах, где скорость потока пренебрежимо мала или отсутствует, перифитон может образовывать гелеобразный плавающий ковер.

Растения обладают ограниченной адаптацией к быстрым течениям и наиболее успешной в медленно текущих реках. Более примитивные растения, такие как мхи и печеночные мхи, присоединяются к твердым предметам. Это обычно происходит в более холодных верховьях, где в основном преобладает скалистый субстрат. Некоторые растения могут свободно плавать на поверхности воды в виде плотных ковров, например ряска или водяной гиацинт. Другие имеют корни и могут быть классифицированы как погруженные и плавающие. Укоренившиеся растения обычно встречаются в районах с ослабленным течением, где имеются мелкозернистые почвы. Укоренившиеся растения гибкие, с удлиненными листьями, которые обеспечивают им минимальное сопротивление течению.

До 90 % беспозвоночных в некоторых проточных экосистемах являются насекомыми. Эти виды очень разнообразны и могут быть обнаружены почти во всех доступных местах обитания, в том числе на поверхностях камней, глубоко под субстратом, на течении и в поверхностной пленке. Насекомые разработали несколько стратегий для жизни в разнообразных потоках проточных экосистем. Некоторые избегают районов с высокими течениями, обитают в субстрате или в защищенных сторонах скал. Кроме того, встречаются виды моллюсков, таких как улитки, морские блюдца, моллюски, жемчужницы, а также ракообразные, такие как раки и крабы. Как и большинство основных консументов, обитающих в проточных экосистемах, беспозвоночные часто полагаются на течение, приносящее им еду и кислород. Беспозвоночные являются важной частью речных экосистем и выступают как в роли консументов первого, так и второго порядков.

Рыбы, вероятно, самые известные жители проточных экосистем. Способность рыб жить в потоке воды зависит от скорости, с которой они могут плавать, и продолжительности придерживания рыбой этой скорости. Эта способность может значительно варьироваться между рыбами, привязанными к среде обитания, в которой они могут выжить. Постоянное плавание требует колоссальных затрат энергии, и, следовательно, рыбы проводят лишь небольшие периоды своей жизни на полном течении. Они обитают близко ко дну или берегу, прячутся за препятствиями, мешающими течению, выбираясь на течение только в период кормления или для изменения местоположения. Некоторые виды приспособились к жизни только на дне, никогда не углубляясь в открытый поток воды. Эти рыбы имеют плоскую форму тела для того, чтобы легче сопротивляться течению, и глаза, расположенные на верхней части головы для того, чтобы видеть то, что происходит над ними. Некоторые рыбы имеют чувствительные органы для того, чтобы проверять субстрат под собой.

Проточные экосистемы обычно соединяются друг с другом, образуя путь к океану (источник → ручей → река → океан), и жизненные циклы многих видов рыб состоят из стадий в пресной и соленой воде. Лосось, например, является анадромным видом, который рождается и развивается в пресной воде, а затем переселяется в океан, будучи взрослой особью. Угри являются катадромами: рождаются и развиваются в океане, а затем переходят в пресную воду, став взрослыми.

К другим позвоночным, обитающим в проточной воде, относят амфибий (например, саламандры, тритоны и лягушки), рептилий (например, змеи, черепахи, крокодилы и аллигаторы), различных видов птиц и млекопитающих (например, выдры, бобры, бегемоты и речные дельфины). За исключением нескольких видов, эти позвоночные не привязаны к воде, как рыбы, и тратят часть своего времени в наземной среде обитания. Многие виды рыб имеют важное значение в качестве консументов и кормовой базы для более крупных позвоночных.

*Болото* – участок ландшафта, характеризующийся избыточным увлажнением, влаголюбивым живым напочвенным покровом. Для болота характерно отложение на поверхности почвы не полностью разложившегося органического вещества, превращающегося в дальнейшем в торф. Слой торфа в болотах – не менее 30 см, если меньше, то это заболоченные земли.

Животные болот умеренного пояса:

- европейская болотная черепаха (*Emys orbicularis*);
- различные виды жаб и лягушек;

- лоси, еноты, выдры, норки, ондатры;
- птицы (журавли, куропатки, цапли, кулики, чибисы, утки, камышницы и пр.)

Растения болот:

- брусника, произрастающая на торфяных болотах;
- голубика;
- клюква, произрастающая на верховых и переходных болотах;
- морошка, произрастающая на торфяных болотах;
- росянка, из-за недостатка минеральных веществ в почве занимающая пассивной ловлей насекомых;
- болотный кипарис, распространенный в Северной Америке и акклиматизированный в дельте Дуная;
- мох сфагнум;
- багульник;
- осока;
- аир;
- пузырчатка.

Для рыбы в болотах годами формируются идеальные условия существования. Для болот характерно отсутствие хищников, наличие обилия водных растений и пищи, а также почти полное отсутствие рыболовов. Единственным плохим условием для рыбы на болотах является минимальное содержание кислорода. Именно поэтому из всего многообразия рыб в болотах обитает только карась, которому практически не мешает такой кислородный режим.

Самыми рыбными местами на болоте являются места с глубиной от одного до двух метров. В таких местах обычно сосредоточивается максимальное количество рыбы. Здесь ловят сазанов. Кто-то называет их одичавшими карпами. Это большая и вкусная рыба. В болотах ловят и окуня, что удивительно. Но везде пишут, что щуки в болоте нет. Видимо, это связано с кислородом. Вообще в системе озеро – болото чаще всего обитают плотва, окунь, щука, налим, елец, язь, голянь, укляк, вьюн, девятиглая колюшка, трехглая колюшка, ерш.

***Типы морских экосистем:***

- открытый океан;
- воды континентального шельфа (прибрежные воды);
- районы апвеллинга (плодородные районы с продуктивным рыболовством);
- эстуарии (прибрежные бухты, проливы, устья рек и т. п.).

## Задание

1. Опишите водные экосистемы исходя из текста данных методических указаний, приложения и личных исследований, заполнив табл. 11.

2. Сделайте выводы и заключения по табл. 11.

Таблица 11. **Описание водных экосистем**

Название биома	Физико-химические свойства	Характеристика	
		Растительный мир	Животный мир
1. Озеро	Температура Содержание кислорода в воде Соленость и т. д.	Рдест и т. д.	Карась и т. д.
2. Пруд			
3. Река			
...			

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

### 1. Термин «экология» предложил:

- 1) Э. Геккель;
- 2) В. И. Вернадский;
- 3) Ч. Дарвин;
- 4) А. Тенсли;
- 5) А. Лоуренс.

### 2. Укажите, сколько видов рыб обитает в настоящее время в водоемах Беларуси:

- 1) 22–32;
- 2) 42–48;
- 3) 56–68;
- 4) 82–102;
- 5) 150–200.

### 3. Укажите, к какой экологической группе рыб по С. Г. Крыжановскому относятся рыбы, откладывающие икру на каменистых, гравийных грунтах рек с быстрым течением и олиготрофных озер:

- 1) фитофилы;
- 2) литофилы;
- 3) псаммофилы;
- 4) пелагофилы;
- 5) остракофилы.

### 4. Псаммофилы – это рыбы:

- 1) откладывающие икру на растительный субстрат в стоячей или слабопроточной воде;
- 2) выметывающие икру в толщу воды;
- 3) откладывающие икру на участках с песчаным грунтом;
- 4) откладывающие икру в мантийную полость моллюска;
- 5) откладывающие икру на каменистых, гравийных грунтах рек с быстрым течением и олиготрофных озер.

### 5. Укажите, к какой экологической группе относятся рыбы, имеющие неклеякую икру:

- 1) пелагофилы;
- 2) фитофилы;
- 3) литофилы;
- 4) псаммофилы;
- 5) остракофилы.

**6. Совокупность всех живых организмов, проживающих на общей территории, вместе с окружающей их неживой средой – это:**

- 1) биотоп;
- 2) биом;
- 3) популяция;
- 4) биоценоз;
- 5) экосистема.

**7. Процесс потребления вещества и энергии называется:**

- 1) катаболизм;
- 2) анаболизм;
- 3) экскреция;
- 4) размножение;
- 5) питание.

**8. Автотрофы – организмы, использующие в качестве источника углерода:**

- 1)  $\text{CH}_4$ ;
- 2)  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$ ;
- 3)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ;
- 4)  $\text{CO}_2$ ;
- 5)  $\text{H}_2\text{CO}_3$ .

**9. Изменение поведения организма в ответ на изменения факторов среды называется:**

- 1) мимикрия;
- 2) физиологическая адаптация;
- 3) морфологическая адаптация;
- 4) этологическая адаптация;
- 5) интервенция.

**10. Совокупность способных к самовоспроизводству особей одного вида, которая длительно существует в определенной части ареала относительно обособленно от других совокупностей того же вида, называется:**

- 1) популяция;
- 2) сообщество;
- 3) содружество;
- 4) группа;
- 5) класс.

**11. Укажите, на сколько экологических групп разделил С. Г. Крыжановский рыб исходя из особенностей размножения, характера нереста, эмбрионального и постэмбрионального развития:**

- 1) 2;
- 2) 3;
- 3) 5;
- 4) 10;
- 5) 20.

**12. Укажите, какой вид рыб относится к экологической группе псаммофилов:**

- 1) щука обыкновенная;
- 2) радужная форель;
- 3) пелядь;
- 4) сазан;
- 5) осетр.

**13. Закономерные массовые перемещения рыб для обеспечения благоприятных условий развития на разных этапах жизненного цикла – это:**

- 1) миграции;
- 2) таксисы;
- 3) кинезы;
- 4) эволюция;
- 5) биогеография.

**14. Абиотический компонент наземной экосистемы – это:**

- 1) биотоп;
- 2) биом;
- 3) популяция;
- 4) биоценоз;
- 5) экосистема.

**15. Экосистемы обычно не имеют четких границ, а переходная зона между двумя смежными экосистемами называется:**

- 1) биотоп;
- 2) биом;
- 3) экотон;
- 4) биоценоз;
- 5) биогеоценоз.

**16. Организмы, которые в качестве питательного материала используют простые неорганические вещества: воду, углекислый газ, нитраты, фосфаты и др., – называются:**

- 1) редуценты;
- 2) продуценты;
- 3) консументы;



- 4) фотоавтотрофы;
- 5) хемоавтотрофы.

**17. Организмы, которые используют в качестве источника энергии солнечный свет, а в качестве питательного материала в основном углекислый газ и воду, называются:**

- 1) редуценты;
- 2) фотоавтотрофы;
- 3) консументы;
- 4) хемоавтотрофы;
- 5) фитофаги.

**18. Организмы, которые используют в качестве источника энергии и питательного материала готовое органическое вещество или осуществляют процесс разложения органических веществ, называются:**

- 1) редуценты;
- 2) фотоавтотрофы;
- 3) консументы;
- 4) хемоавтотрофы;
- 5) фитофаги.

**19. Консументы первого порядка в водоеме питаются исключительно:**

- 1) хищными рыбами;
- 2) мирными рыбами;
- 3) растительностью;
- 4) детритом;
- 5) всей пищей водоема.

**20. Укажите, сколько стадий включает разработанная единая универсальная шкала зрелости половых желез самок и самцов по Киселевичу:**

- 1) 2;
- 2) 3;
- 3) 6;
- 4) 10;
- 5) 20.

**21. Перенос энергии пищи от ее источника – автотрофов (растений) – через ряд организмов, происходящий путем поедания одних организмов другими, называется:**

- 1) потребление;
- 2) питание;
- 3) пищевая цепь;

- 4) переваривание;
- 5) трофический уровень.

**22. Укажите, какая из стадий зрелости (по Киселевичу) и у самок, и у самцов всех видов рыб не повторяется, т. е. бывает только один раз в жизни:**

- 1) 1;
- 2) 3;
- 3) 5;
- 4) 6;
- 5) 2.

**23. Раздел экологии, в задачу которого входит изучение экологии сообществ (биоценология), ассоциаций популяций различных видов растений, животных и микроорганизмов, образующих биоценозы, их формирования и развития, структуры, динамики, взаимодействия с физико-химическими факторами среды, энергетики, продуктивности, а также других особенностей, – это:**

- 1) демэкология;
- 2) синэкология;
- 3) аутэкология;
- 4) общая экология;
- 5) специальная экология.

**24. Укажите, какая часть потенциальной энергии теряется при каждом переносе пищи с одного трофического уровня на другой:**

- 1) 10 %;
- 2) 20 %;
- 3) 50 %;
- 4) 90 %;
- 5) 100 %.

**25. Для теплолюбивых рыб оптимальной для роста и развития является температура воды:**

- 1) свыше 5 °С;
- 2) свыше 10 °С;
- 3) свыше 20 °С;
- 4) свыше 35 °С;
- 5) свыше 45 °С.

**26. Холодолобивые рыбы интенсивно питаются и растут при температуре воды:**

- 1) 5–8 °С;
- 2) 10–15 °С;
- 3) 18–25 °С;

4) 15–30 °С;

5) 25–35 °С.

**27. Первый трофический уровень в экосистеме водоема всегда занимают:**

1) растения;

2) животные;

3) моллюски;

4) рыбы;

5) ракообразные.

**28. Второй трофический уровень в экосистеме водоема всегда занимают:**

1) растения;

2) первичные консументы;

3) вторичные консументы;

4) третичные консументы;

5) ракообразные.

**29. Укажите, с чем связан процесс эвтрофирования в водоеме:**

1) повышение содержания в воде минеральных соединений азота и  $\text{CO}_2$ ;

2) повышение содержания в воде минеральных соединений азота;

3) повышение содержания в воде минеральных соединений фосфора;

4) повышение содержания в воде минеральных соединений кислот;

5) повышение содержания в воде минеральных соединений азота и фосфора.

**30. Раздел экологии, в задачу которого входит изучение естественных группировок особей одного вида, т. е. популяций, – это:**

1) демэкология;

2) синэкология;

3) аутэкология;

4) общая экология;

5) специальная экология.

**31. Скорость, с которой продуценты усваивают лучистую энергию в процессе фотосинтеза и хемосинтеза, образуя органическое вещество, которое может быть использовано в качестве пищи, – это:**

1) воспроизводство экологической системы;

2) стабильность экологической системы;

3) динамика экологической системы;

- 4) скорость экологической системы;
- 5) продуктивность экологической системы.

**32. Возможная репродуктивная способность организма или популяции, измеряемая числом гамет, – это:**

- 1) плодовитость;
- 2) половозрелость;
- 3) нерест;
- 4) половой диморфизм;
- 5) онтогенез.

**33. Число икринок, приходящееся на единицу массы (1 г или 1 кг) или длины рыбы, – это:**

- 1) относительная плодовитость;
- 2) абсолютная плодовитость;
- 3) рабочая плодовитость;
- 4) эталонная плодовитость;
- 5) сезонная плодовитость.

**34. Общая масса валового органического вещества, создаваемая растением в единицу времени при данной скорости фотосинтеза, включая и траты растения на дыхание (от 40 до 70 % от валовой продукции), – это:**

- 1) чистая первичная продукция;
- 2) вторичная продукция;
- 3) третичная продукция;
- 4) валовая первичная продукция;
- 5) репродукция.

**35. Та часть валовой продукции, которая не израсходована на дыхание, называется:**

- 1) чистая первичная продукция;
- 2) вторичная продукция;
- 3) третичная продукция;
- 4) валовая первичная продукция;
- 5) репродукция.

**36. Аутоакклиматизация – это:**

- 1) незавершенная акклиматизация;
- 2) интродукция особей вида в целях восстановления его популяции;
- 3) самостоятельное вселение водных организмов с последующей их акклиматизацией и натурализацией в водоеме;
- 4) регулярный выпуск молоди одного и того же вида рыб на нагул в апробированные водоемы;

5) любое переселение особей вида в водоем, не освоенный ими ранее.

**37. Раздел экологии, в задачу которого входит установление пределов существования особи (организма) и тех пределов физико-химических факторов, в диапазоне которых она может существовать, – это:**

- 1) демэкология;
- 2) синэкология;
- 3) аутэкология;
- 4) общая экология;
- 5) специальная экология.

**38. Важнейшим свойством биогеоценоза (экосистемы) является его устойчивость, сбалансированность происходящих в нем процессов обмена веществом и энергией между всеми компонентами, вследствие чего биогеоценозу свойственно состояние так называемого:**

- 1) баланса;
- 2) дисбаланса;
- 3) гомеопоза;
- 4) гомеостаза;
- 5) ускорения.

**39. Изменение внешних условий (температуры, давления) физико-химической равновесной системы вызывает в ней реакции, противодействующие производимому изменению. Это принцип:**

- 1) Э. Геккеля;
- 2) Ч. Дарвина;
- 3) Ле Шателье;
- 4) В. Шелфорда;
- 5) Г. Гаузе.

**40. Последовательная смена биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории в результате влияния природных факторов (в том числе внутренних противоречий развития самих биоценозов) или воздействия человека, называется:**

- 1) гомеостаз;
- 2) климакс;
- 3) сукцессия;
- 4) эмерджентность;
- 5) валентность.

**41. Экологическая сукцессия происходит в определенный отрезок времени, в который изменяется видовая структура сообщества**

**и абиотическая среда существования его вплоть до кульминации его развития – возникновения стабилизированной системы. Такую стабилизированную экосистему называют:**

- 1) гомеостаз;
- 2) климакс;
- 3) сукцессия;
- 4) эмерджентность;
- 5) валентность.

**42. Укажите, что предусматривает биологическая мелиорация, направленная на борьбу с зарастанием водоемов:**

- 1) выкашивание надводной растительности с помощью камышекосилок;
- 2) внесение химических веществ;
- 3) зарыбление щукой, сомом;
- 4) зарыбление белым амуром;
- 5) все варианты ответов верны.

**43. Укажите, к какой экологической группе относятся рыбы по срокам икротетания, если их нерест проходит в интервале от подвижки льда до достижения водой температуры 10–12 °С:**

- 1) весенне-нерестующие;
- 2) летне-нерестующие;
- 3) осенне-нерестующие;
- 4) зимне-нерестующие;
- 5) круглогодично нерестующие.

**44. При переходе с одного трофического уровня на другой теряется примерно:**

- 1) 10 % энергии;
- 2) 50 % энергии;
- 3) 90 % энергии;
- 4) 70 % энергии;
- 5) 20 % энергии.

**45. В состав термина «экология» входит греческое слово *oikos*, которое означает:**

- 1) жизнь организма;
- 2) окружающий мир;
- 3) дом, жилище;
- 4) закон, запрет;
- 5) наука, учение.

**46. Абиотическая среда – это:**

- 1) совокупность факторов не живой среды;

- 2) распространение живых организмов;
- 3) численность живых организмов;
- 4) совокупность факторов живой среды;
- 5) среда, формируемая человеком.

**47. Антропогенный фактор в экологии – это:**

- 1) совокупность факторов неживой природы;
- 2) влияние человека на окружающую среду;
- 3) совокупность химических факторов внешней среды;
- 4) совокупность физических факторов среды;
- 5) совокупность факторов живой среды.

**48. Ареал – это:**

- 1) нарушение целенаправленного движения косяка рыб;
- 2) область распространения вида, рода, семейства рыб;
- 3) совокупность чувствительных нервных окончаний, воспринимающих токсическое вещество;
- 4) совокупность химических факторов внешней среды;
- 5) нет правильного варианта ответа.

**49. Аэробные организмы – это:**

- 1) организмы, очень чувствительные к изменению температуры;
- 2) организмы, способные жить только при наличии свободного кислорода;
- 3) организмы, способные извлекать кислород для развития и размножения из сложных органических соединений путем их разложения;
- 4) совокупность химических факторов внешней среды;
- 5) нет правильного варианта ответа.

**50. Бентос – это:**

- 1) водные организмы, обитающие на грунте и в грунте водоемов;
- 2) элементы химических соединений, содержащиеся в организме рыб;
- 3) организмы, обитающие в толще воды;
- 4) организмы, обитающие у поверхности воды;
- 5) организмы, обитающие на поверхности воды.

**51. Зообентос – это:**

- 1) животные организмы, обитающие в грунте водоемов;
- 2) растительные организмы, обитающие в грунте водоемов;
- 3) растительные и животные организмы, обитающие в толще воды;
- 4) организмы, обитающие у поверхности воды;
- 5) организмы, обитающие на поверхности воды.

**52. Фитобентос – это:**

- 1) животные организмы, обитающие в грунте водоема;

- 2) растительные организмы, высшие водные растения;
- 3) химические вещества, попавшие в водоем;
- 4) организмы, обитающие у поверхности воды;
- 5) организмы, обитающие на поверхности воды.

**53. Биоценоз – это:**

- 1) ресурсы растительного мира;
- 2) закономерности распространения по поверхности земли (воды) живых организмов;
- 3) однородный участок земной и водной поверхности с определенным составом живых организмов;
- 4) организмы, обитающие у поверхности воды;
- 5) ресурсы животного мира.

**54. Биомасса – это:**

- 1) масса живых организмов одного вида, сообщества;
- 2) совокупная масса всех живых организмов (животных и растительных);
- 3) масса микроорганизмов;
- 4) масса растений;
- 5) масса продуцентов.

**55. Биомассу принято выражать:**

- 1) в граммах;
- 2) килограммах;
- 3) тоннах;
- 4) граммах на квадратный метр, граммах на кубический метр, килограммах на гектар;
- 5) штуках.

**56. Первичная продукция водоема – это:**

- 1) прирост ихтиомассы за месяц;
- 2) биологическая продукция, вырабатываемая всеми видами растительных организмов;
- 3) прирост биомассы всех гидробионтов за год;
- 4) совокупность химических факторов внешней среды;
- 5) биологическая продукция, вырабатываемая всеми видами животных организмов.

**57. Вторичная продукция – это:**

- 1) прирост биомассы растений за год;
- 2) биологическая продукция гетеротрофных организмов, которые питаются готовыми органическими веществами растительного или животного происхождения;



- 3) общая биомасса фито- и зоопланктона;
- 4) совокупность химических факторов внешней среды;
- 5) биосинтез сложных веществ из более простых.

**58. Зона комфорта рыбы – это:**

- 1) определенная территория водоема;
- 2) наиболее благоприятное сочетание факторов водной среды;
- 3) оптимальная температура воды;
- 4) совокупность химических факторов внешней среды;
- 5) наименее благоприятные факторы среды.

**59. Конкуренция – это:**

- 1) независимое развитие сходных, выполняющих одни и те же функции органов у разных организмов;
- 2) форма взаимоотношений между организмами одного вида или разных видов (пища, убежище, особи противоположного пола);
- 3) относительно стереотипные (шаблонные) двигательные реакции;
- 4) взаимодействие, полезное для одной стороны и безразличное для другой;
- 5) обоюдовыгодное сожительство.

**60. Синэкология – это:**

- 1) структурная часть биоценоза;
- 2) наука о способностях членов сообщества (стая рыб) узнавать друг друга;
- 3) раздел экологии, изучающий сообщества организмов (биоценоза, экосистемы);
- 4) наука о развитии особей;
- 5) раздел экологии, изучающий организм и его отношения с окружающей средой.

**61. Таксисы – это:**

- 1) двигательные реакции, направление которых определяется направлением их раздражителя;
- 2) проявление индивидуальных различий и свойств;
- 3) рецепторы осязания у рыб;
- 4) совокупность химических факторов внешней среды;
- 5) ненаправленное движение организма.

**62. Терморепторы – это:**

- 1) организмы, приспособившиеся к жизни в условиях высоких температур;
- 2) окончания нервных волокон, воспринимающие температурные раздражители (тепловые, холодовые);

- 3) специальные клетки в коже рыб, выделяющие слизь;
- 4) органы, воспринимающие химические факторы внешней среды;
- 5) органы, воспринимающие свет.

**63. Фотосинтез – это:**

- 1) реагирование на свет специальными образованиями;
- 2) преобразование растениями и некоторыми бактериями солнечной энергии в органическое вещество;
- 3) проявление жизнедеятельности как приспособительная реакция;
- 4) химические факторы внешней среды;
- 5) физические факторы внешней среды.

**64. Хеморецепторы – это:**

- 1) специальные химические вещества, образуемые в организме рыбы;
- 2) рецепторные клетки, возбуждающиеся при действии химических раздражителей (тяжелые металлы, кислоты, щелочи и др.);
- 3) клетки кожи рыб, выделяющие запаховые вещества;
- 4) клетки, воспринимающие механические воздействия внешней среды;
- 5) органы, воспринимающие свет.

**65. Поведение рыб описывает:**

- 1) этология рыб;
- 2) анатомия рыб;
- 3) морфология рыб;
- 4) экология рыб;
- 5) физиология рыб.

**66. К факторам абиотической среды относятся:**

- 1) межвидовые связи;
- 2) физические и химические свойства воды, грунта;
- 3) связи с кормовыми организмами;
- 4) отношение самцов и самок;
- 5) влияние человека на организм рыбы.

**67. К факторам биотической среды относятся:**

- 1) содержание кислорода в воде;
- 2) температура воды;
- 3) содержание солей;
- 4) отношения жертва – хищник;
- 5) влияние грунта.

**68. Автотрофные организмы, способные производить органические вещества из неорганических, называются:**

- 1) консументы;
- 2) литотрофы;

- 3) сапрофаги;
- 4) редуценты;
- 5) продуценты.

**69. Всеядные организмы называются:**

- 1) детритофаги;
- 2) фагоциты;
- 3) полифаги;
- 4) монофаги;
- 5) стенофаги.

**70. К видам, обладающим ограниченными ареалами распространения, относятся:**

- 1) убиквисты;
- 2) космополиты;
- 3) реликты;
- 4) виоленты;
- 5) эндемики.

**71. К автотрофным организмам водоема относятся:**

- 1) водоплавающие птицы;
- 2) водные животные;
- 3) хищные рыбы;
- 4) грибы;
- 5) растения.

**72. Совокупность всех растительных организмов водоема – это:**

- 1) экотип;
- 2) биофауна;
- 3) сообщество;
- 4) фауна;
- 5) флора.

**73. Наибольший вклад в учение о ноосфере внес ученый:**

- 1) Ю. Одум;
- 2) В. И. Вернадский;
- 3) Ч. Дарвин;
- 4) Дж. Харпер;
- 5) В. В. Докучаев.

**74. Основными направлениями в экологии являются:**

- 1) физическая, химическая, космическая экология;
- 2) био-, гидро-, демэкология;
- 3) гидро-, атмо-, литоэкология;
- 4) зоо-, фито-, антроэкология;
- 5) аут-, син-, демэкология.

**75. Укажите, в каком году экология оформилась как наука:**

- 1) в 1954 г.;
- 2) 1904 г.;
- 3) 1854 г.;
- 4) 1860 г.;
- 5) 1960 г.

**76. Организмы, использующие разлагающиеся частицы как источник питания, называются:**

- 1) детритофаги;
- 2) эврифаги;
- 3) полифаги;
- 4) монофаги;
- 5) фитофаги.

**77. Виды ископаемых животных, сохранившиеся до наших дней, – это:**

- 1) эндемики;
- 2) космополиты;
- 3) виоленты;
- 4) убиквисты;
- 5) реликты.

**78. Организмы, способные выносить значительные колебания температур, называются:**

- 1) стенотермные;
- 2) стенобионты;
- 3) пойкилогидрические;
- 4) оксибионты;
- 5) эвритермные.

**79. Последовательная смена биоценозов – это:**

- 1) стагнация;
- 2) флуктуация;
- 3) осцилляция;
- 4) сукцессия;
- 5) гомеостаз.

**80. Область распространения популяции рыб – это:**

- 1) экотоп;
- 2) экологический фактор;
- 3) ареал;
- 4) экологическая ниша;
- 5) зоогенный фактор.

**81. Укажите, кто является создателем учения об естественном отборе организмов:**

- 1) В. Вернадский;
- 2) В. Шелфорд;
- 3) Ч. Дарвин;
- 4) Р. Линдеман;
- 5) А. Тенсли.

**82. Вселение видов рыб в новые места обитания называется:**

- 1) осцилляция;
- 2) флуктуация;
- 3) эмиграция;
- 4) интродукция;
- 5) миграция.

**83. Программа ООН по окружающей среде – это:**

- 1) ЮНЕСКО;
- 2) ФАО;
- 3) МАГАТЭ;
- 4) ВОЗ;
- 5) ЮНЕП.

**84. К основным свойствам экосистем относятся:**

- 1) сукцессия, климакс, таксис, самоочищение;
- 2) способность осуществлять круговорот веществ;
- 3) гомеостаз, продуктивность, сукцессия, климакс, круговорот веществ, устойчивость, самоочищение;
- 4) гомеостаз, продуктивность, кинез, самоочищение;
- 5) самоочищение, устойчивость, кинез, таксис.

**85. Дно океана или моря как среда обитания донных организмов – это:**

- 1) литораль;
- 2) планктораль;
- 3) бенталь;
- 4) сублитораль;
- 5) пелагиаль.

**86. Экологическая ниша – это:**

- 1) совокупность условий существования популяции;
- 2) совокупность условий существования организмов;
- 3) условия существования видов;
- 4) условия существования популяции;
- 5) место вида в природе, преимущественно в биоценозе, включающее как положение его в пространстве, так и функциональную роль в сообществе, отношение к абиотическим условиям существования.

**87. Укажите, к какой экологической группе по Крыжановскому относится ручьевая форель:**

- 1) литофилы;
- 2) псаммофилы;
- 3) фитофилы;
- 4) пелагофилы;
- 5) остракофилы.

**88. Укажите, к какой экологической группе по Крыжановскому относится лещ:**

- 1) литофилы;
- 2) псаммофилы;
- 3) фитофилы;
- 4) пелагофилы;
- 5) остракофилы.

**89. Укажите, к какой экологической группе по Крыжановскому относится стерлядь:**

- 1) литофилы;
- 2) псаммофилы;
- 3) фитофилы;
- 4) пелагофилы;
- 5) остракофилы.

**90. Укажите, к какой экологической группе по Крыжановскому относится усач обыкновенный:**

- 1) литофилы;
- 2) псаммофилы;
- 3) фитофилы;
- 4) пелагофилы;
- 5) остракофилы.

**91. Укажите, к какой экологической группе по Крыжановскому относится серебряный карась:**

- 1) литофилы;
- 2) псаммофилы;
- 3) фитофилы;
- 4) пелагофилы;
- 5) остракофилы.

**92. Укажите, к какой экологической группе по Крыжановскому относится европейский сом:**

- 1) литофилы;
- 2) псаммофилы;
- 3) фитофилы;

- 4) пелагофилы;
- 5) остракофилы.

**93. Укажите, к какой экологической группе по Крыжановскому относится щука:**

- 1) литофилы;
- 2) псаммофилы;
- 3) фитофилы;
- 4) пелагофилы;
- 5) остракофилы.

**94. Рыбы, заходящие для размножения из морей в реки на большое расстояние до мест нереста или уходящие для размножения из рек в море, – это:**

- 1) проходные рыбы;
- 2) пресноводные рыбы;
- 3) солоноватоводные рыбы;
- 4) морские рыбы;
- 5) полупроходные рыбы.

**95. Популяция (стадо) – это:**

1) одновидовая разновозрастная самовоспроизводящаяся группировка рыб, приуроченная к определенному месту обитания и характеризующаяся определенными биологическими показателями (размерно-возрастной состав, темп роста, сроки нереста и т. д.);

2) группировка, состоящая в основном из рыб одного возраста, близких по физиологическому состоянию, и сохраняющаяся пожизненно;

3) группировка близких по возрастному составу и биологическому состоянию рыб, объединяющихся единством поведения на определенный период;

4) временное объединение ряда стай или элементарных популяций;

5) временная группировка рыб, состоящая из особей, как правило, одного пола, образующаяся в местах размножения или защиты кладок икры.

**96. Элементарная популяция – это:**

1) одновидовая разновозрастная самовоспроизводящаяся группировка рыб, приуроченная к определенному месту обитания и характеризующаяся определенными биологическими показателями (размерно-возрастной состав, темп роста, сроки нереста и т. д.);

2) группировка, состоящая в основном из рыб одного возраста, близких по физиологическому состоянию, и сохраняющаяся пожизненно;

3) группировка близких по возрастному составу и биологическому

состоянию рыб, объединяющихся единством поведения на определенный период;

4) временное объединение ряда стай или элементарных популяций;

5) временная группировка рыб, состоящая из особей, как правило, одного пола, образующаяся в местах размножения или защиты кладок икры.

**97. Скопление – это:**

1) одновидовая разновозрастная самовоспроизводящаяся группировка рыб, приуроченная к определенному месту обитания и характеризующаяся определенными биологическими показателями (размерно-возрастной состав, темп роста, сроки нереста и т. д.);

2) группировка, состоящая в основном из рыб одного возраста, близких по физиологическому состоянию, и сохраняющаяся пожизненно;

3) группировка близких по возрастному составу и биологическому состоянию рыб, объединяющихся единством поведения на определенный период;

4) временное объединение ряда стай или элементарных популяций;

5) временная группировка рыб, состоящая из особей, как правило, одного пола, образующаяся в местах размножения или защиты кладок икры.

**98. Стая – это:**

1) одновидовая разновозрастная самовоспроизводящаяся группировка рыб, приуроченная к определенному месту обитания и характеризующаяся определенными биологическими показателями (размерно-возрастной состав, темп роста, сроки нереста и т. д.);

2) группировка, состоящая в основном из рыб одного возраста, близких по физиологическому состоянию, и сохраняющаяся пожизненно;

3) группировка близких по возрастному составу и биологическому состоянию рыб, объединяющихся единством поведения на определенный период;

4) временное объединение ряда стай или элементарных популяций;

5) временная группировка рыб, состоящая из особей, как правило, одного пола, образующаяся в местах размножения или защиты кладок икры.

**99. Колония – это:**

1) одновидовая разновозрастная самовоспроизводящаяся группировка рыб, приуроченная к определенному месту обитания и характеризующаяся определенными биологическими показателями (размерно-возрастной состав, темп роста, сроки нереста и т. д.);



2) группировка, состоящая в основном из рыб одного возраста, близких по физиологическому состоянию, и сохранившаяся пожизненно;

3) группировка близких по возрастному составу и биологическому состоянию рыб, объединяющихся единством поведения на определенный период;

4) временное объединение ряда стай или элементарных популяций;

5) временная группировка рыб, состоящая из особей, как правило, одного пола, образующаяся в местах размножения или защиты кладок икры.

**100. Вид межвидовых взаимодействий, полезных для одной стороны и безразличных для другой, – это:**

1) мутуализм;

2) паразитизм;

3) комменсализм;

4) пищевая конкуренция;

5) взаимоотношения хищник – жертва.

**101. Вид межвидовых взаимодействий, характеризующихся как обоюдовыгодное сожительство, – это:**

1) мутуализм;

2) паразитизм;

3) комменсализм;

4) пищевая конкуренция;

5) взаимоотношения хищник – жертва.

**102. Взаимоотношения, приводящие к выработке у рыб ряда особенностей (у одних – сильные зубы, хорошее зрение и обоняние, быстрое передвижение и т. д., у других – шипы, колючки, панцирь, ядовитые железы и т. д.), – это:**

1) мутуализм;

2) паразитизм;

3) комменсализм;

4) пищевая конкуренция;

5) взаимоотношения хищник – жертва.

**103. Укажите, какое количество уровней организации живой материи выделяют:**

1) до 3;

2) до 5;

3) до 7;

4) до 10;

5) до 12.

**104. Место, где происходит размножение рыб (отложение икры и молок), называется:**

- 1) нерест;
- 2) нерестилище;
- 3) нерестовая миграция;
- 4) нерестовая кампания;
- 5) нерестовые условия.

**105. Перемещение рыб с места нагула или зимовки к местам размножения – это:**

- 1) нерест;
- 2) нерестилище;
- 3) нерестовая миграция;
- 4) нерестовая кампания;
- 5) нерестовые условия.

**106. Гидрологический, термический, газовый, солевой и другие режимы, наличие субстрата, пригодного для нереста данного вида рыб, а также присутствие видового партнера – это:**

- 1) нерест;
- 2) нерестилище;
- 3) нерестовая миграция;
- 4) нерестовая кампания;
- 5) нерестовые условия.

**107. Рыбы, обитающие в опресненных участках морей и дельтах рек, – это:**

- 1) проходные рыбы;
- 2) пресноводные рыбы;
- 3) солоноватоводные рыбы;
- 4) морские рыбы;
- 5) полупроходные рыбы.

**108. Рыбы, обитающие в опресненных участках морей и поднимающиеся на нерест невысоко в реки, – это:**

- 1) проходные рыбы;
- 2) пресноводные рыбы;
- 3) солоноватоводные рыбы;
- 4) морские рыбы;
- 5) полупроходные рыбы.

**109. Рыбы, обитающие только в пресных водах, – это:**

- 1) проходные рыбы;
- 2) пресноводные рыбы;
- 3) солоноватоводные рыбы;

- 4) морские рыбы;
- 5) полупроходные рыбы.

**110. Биогеография – это наука:**

- 1) об измерении рыб;
- 2) вскрытии рыб;
- 3) кормлении рыб;
- 4) нересте рыб;
- 5) распространении рыб.

**111. По спектру питания щука относится:**

- 1) к ихтиофагам;
- 2) планктофагам;
- 3) бентофагам;
- 4) фитофагам;
- 5) моллюскофагам.

**112. По спектру питания белый амур относится:**

- 1) к ихтиофагам;
- 2) планктофагам;
- 3) бентофагам;
- 4) фитофагам;
- 5) моллюскофагам.

**113. По спектру питания плотва относится:**

- 1) к ихтиофагам;
- 2) планктофагам;
- 3) бентофагам;
- 4) фитофагам;
- 5) моллюскофагам.

**114. По спектру питания лещ относится:**

- 1) к ихтиофагам;
- 2) планктофагам;
- 3) бентофагам;
- 4) фитофагам;
- 5) моллюскофагам.

**115. Автором классификации рыб по занимаемым участкам в реках Европы является:**

- 1) Г. В. Никольский;
- 2) С. Г. Крыжановский;
- 3) И. Ф. Правдин;
- 4) В. И. Вернадский;
- 5) К. А. Киселевич.

**116. Согласно классификации рыб по Г. В. Никольскому, участок форели – это:**

- 1) горная часть реки;
- 2) предгорная часть реки;
- 3) равнинная часть реки;
- 4) нижнее течение реки;
- 5) участок эстуария.

**117. Согласно классификации рыб по Г. В. Никольскому, участок эстуария – это:**

- 1) горная часть реки;
- 2) предгорная часть реки;
- 3) равнинная часть реки;
- 4) нижнее течение реки;
- 5) участок, где обитают и пресноводные, и солоноватоводные рыбы.

**118. В естественном водоеме потребление водородными кислотами кислорода особо интенсивно происходит:**

- 1) в утреннее время;
- 2) дневное время;
- 3) вечернее время;
- 4) ночное время;
- 5) равномерно на протяжении всего дня.

**119. Согласно классификации рыб по Г. В. Никольскому, сом живет:**

- 1) в горной части реки;
- 2) предгорной части реки;
- 3) равнинной части реки;
- 4) нижнем течении реки;
- 5) участке эстуария.

**120. Согласно классификации рыб по Г. В. Никольскому, окунь живет:**

- 1) в горной части реки;
- 2) предгорной части реки;
- 3) равнинной части реки;
- 4) нижнем течении реки;
- 5) участке эстуария.

**121. Согласно классификации рыб по Г. В. Никольскому, судак живет:**

- 1) в горной части реки;
- 2) предгорной части реки;
- 3) равнинной части реки;

- 4) нижнем течении реки;
- 5) участке эстуария.

**122. Согласно классификации рыб по Г. В. Никольскому, речная камбала живет:**

- 1) в горной части реки;
- 2) предгорной части реки;
- 3) равнинной части реки;
- 4) нижнем течении реки;
- 5) участке эстуария.

**123. Согласно классификации рыб по Г. В. Никольскому, бычки живут:**

- 1) в горной части реки;
- 2) предгорной части реки;
- 3) равнинной части реки;
- 4) нижнем течении реки;
- 5) участке эстуария.

**124. Согласно классификации рыб по Г. В. Никольскому, колюшка живет:**

- 1) в горной части реки;
- 2) предгорной части реки;
- 3) равнинной части реки;
- 4) нижнем течении реки;
- 5) участке эстуария.

**125. Согласно классификации рыб по Г. В. Никольскому, морская игла живет:**

- 1) в горной части реки;
- 2) предгорной части реки;
- 3) равнинной части реки;
- 4) нижнем течении реки;
- 5) участке эстуария.

**126. Фауногенез – это:**

- 1) развитие фауны рыб;
- 2) историческое развитие рыб;
- 3) индивидуальное развитие рыб;
- 4) постэмбриональное развитие рыб;
- 5) потребление растений рыбами.

**127. Укажите, какой из перечисленных видов рыб является типичным оксифилом:**

- 1) налим;
- 2) обыкновенный карась;

- 3) линь;
- 4) карп;
- 5) серебряный карась.

**128. Укажите, какой из перечисленных видов рыб не является типичным оксифилом:**

- 1) налим;
- 2) судак;
- 3) линь;
- 4) радужная форель;
- 5) рыбец.

**129. Филогенез – это:**

- 1) развитие фауны рыб;
- 2) историческое развитие рыб;
- 3) индивидуальное развитие рыб;
- 4) постэмбриональное развитие рыб;
- 5) развитие особи в икринке.

**130. Онтогенез – это:**

- 1) развитие фауны рыб;
- 2) историческое развитие рыб;
- 3) индивидуальное развитие рыб;
- 4) постэмбриональное развитие рыб;
- 5) развитие особи в икринке.

**131. По спектру питания судак относится:**

- 1) к фитофагам;
- 2) планктофагам;
- 3) бентофагам;
- 4) моллюскофагам;
- 5) ихтиофагам.

**132. По спектру питания окунь речной относится:**

- 1) к фитофагам;
- 2) планктофагам;
- 3) бентофагам;
- 4) моллюскофагам;
- 5) ихтиофагам.

**133. По спектру питания карп относится:**

- 1) к фитофагам;
- 2) планктофагам;
- 3) бентофагам;
- 4) моллюскофагам;
- 5) эврифагам.

**134. По спектру питания карась относится:**

- 1) к фитофагам;
- 2) планктофагам;
- 3) бентофагам;
- 4) моллюскофагам;
- 5) эврифагам.

**135. По спектру питания сом европейский относится:**

- 1) к фитофагам;
- 2) планктофагам;
- 3) бентофагам;
- 4) моллюскофагам;
- 5) ихтиофагам.

**136. Виды рыб, ареалы которых ограничены пределами определенной биогеографической единицы, называются:**

- 1) эндемики;
- 2) реликты;
- 3) автохтоны;
- 4) гетеротрофы;
- 5) автотрофы.

**137. Виды рыб, сохранившиеся от древней, широко распространенной в прошлом систематической единицы, называются:**

- 1) эндемики;
- 2) реликты;
- 3) автохтоны;
- 4) гетеротрофы;
- 5) автотрофы.

**138. Слой воды, в котором происходит фотосинтез, – это:**

- 1) фотический слой;
- 2) синтетический слой;
- 3) флотический слой;
- 4) форваторный слой;
- 5) тепловой слой.

**139. Считается, что фотический слой водоема равен:**

- 1) глубине прозрачности по диску Секки;
- 2) двум глубинам прозрачности по диску Секки;
- 3) трем глубинам прозрачности по диску Секки;
- 4) четырем глубинам прозрачности по диску Секки;
- 5) пяти глубинам прозрачности по диску Секки.

**140. Рыбы, населяющие быстро текущие реки и ручьи, – это:**

- 1) реофилы;

- 2) псаммофилы;
- 3) остракофилы;
- 4) фитофилы;
- 5) пелагофилы.

**141. Рыбы, предпочитающие стоячую воду озер и прудов, – это:**

- 1) лимнофилы;
- 2) псаммофилы;
- 3) остракофилы;
- 4) фитофилы;
- 5) пелагофилы.

**142. Рыбы, откладывающие икру, плавающую в толще воды, – это:**

- 1) оксифилы;
- 2) псаммофилы;
- 3) остракофилы;
- 4) фитофилы;
- 5) пелагофилы.

**143. Рыбы, откладывающие икру на прошлогоднюю растительность, – это:**

- 1) оксифилы;
- 2) псаммофилы;
- 3) остракофилы;
- 4) фитофилы;
- 5) пелагофилы.

**144. Рыбы, способные жить в условиях значительных колебаний температуры воды, – это:**

- 1) эвритермы;
- 2) стенотермы;
- 3) эврифаги;
- 4) стенофаги;
- 5) стенобаты.

**145. Поведенческая реакция рыб, связанная с возвращением их в реки, где они родились, называется:**

- 1) хоуминг;
- 2) кинез;
- 3) таксис;
- 4) инбридинг;
- 5) роуминг.

**146. Рыбы, способные жить в условиях незначительных колебаний температуры воды, – это:**



- 1) эвритермы;
- 2) стенотермы;
- 3) эврифаги;
- 4) стенофаги;
- 5) стенобаты.

**147. Укажите, благодаря чему плавучесть (отношение плотности тела рыбы к плотности воды) у многих рыб становится нулевой или нейтральной:**

- 1) благодаря свойствам воды;
- 2) плавательному пузырю;
- 3) боковой линии;
- 4) температуре тела рыб;
- 5) свету.

**148. Подвергание организма низким уровням стресса может привести к увеличению жизнестойкости организма, а длительное подвергание может в конечном счете привести к тому, что организм становится более восприимчивым к дополнительным стрессовым воздействиям. Это:**

- 1) закон Либиха;
- 2) закон Одума;
- 3) закон Шелфорда;
- 4) закон Рюбеля;
- 5) синдром общей адаптации.

**149. Закон, согласно которому отсутствие или недостаток некоторых экологических факторов может быть компенсирован каким-либо другим близким (аналогичным) фактором, – это:**

- 1) закон Либиха;
- 2) закон Одума;
- 3) закон Шелфорда;
- 4) закон Рюбеля;
- 5) синдром общей адаптации.

**150. Концепция, согласно которой существование и выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей, – это:**

- 1) закон Либиха;
- 2) закон Одума;
- 3) закон Шелфорда;
- 4) закон Рюбеля;
- 5) синдром общей адаптации.

**151. Закон, согласно которому существование вида определяется лимитирующими факторами, находящимися не только в минимуме, но и в максимуме, – это:**

- 1) закон Либиха;
- 2) закон Одумса;
- 3) закон Шелфорда;
- 4) закон Рюбеля;
- 5) синдром общей адаптации.

**152. Организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного экологического фактора и низкий в отношении другого. Это:**

- 1) закон Либиха;
- 2) закон Одумса;
- 3) закон Шелфорда;
- 4) закон Рюбеля;
- 5) синдром общей адаптации.

**153. Если условия по какому-либо экологическому фактору неоптимальны, то диапазон толерантности может сузиться и в отношении других факторов. Это:**

- 1) закон Либиха;
- 2) закон Одумса;
- 3) закон Шелфорда;
- 4) закон Рюбеля;
- 5) синдром общей адаптации.

**154. Многие факторы среды могут стать лимитирующими в критические периоды жизни организмов. Болезни, изменения физиологии в периоды размножения, роста или старения также могут ослабить организм и снизить его устойчивость к воздействию окружающей среды по одному или многим факторам. Это:**

- 1) закон Либиха;
- 2) закон Одумса;
- 3) закон Шелфорда;
- 4) закон Рюбеля;
- 5) синдром общей адаптации.

**155. Закон, согласно которому любой экологический фактор имеет определенные пределы положительного влияния на живые организмы, за которыми наступает угнетение жизнедеятельности организма, – это:**

- 1) закон генетической предропределенности организма;
- 2) закон Одумса;

- 3) закон оптимума;
- 4) закон неравномерности развития биологических систем;
- 5) синдром общей адаптации.

**156. Закон, согласно которому вид организмов может существовать до тех пор и постольку, поскольку окружающая его природная среда соответствует генетическим возможностям приспособления этого вида к ее колебаниям, – это:**

- 1) закон генетической предопределенности организма;
- 2) закон Одума;
- 3) закон оптимума;
- 4) закон Рюбеля;
- 5) синдром общей адаптации.

**157. Закон, согласно которому системы одного уровня (иерархии) обычно развиваются не строго синхронно (в то время как одни достигли более высокого уровня развития, другие остаются в менее развитом состоянии), – это:**

- 1) закон генетической предопределенности организма;
- 2) закон Одума;
- 3) закон оптимума;
- 4) закон неравномерности развития биологических систем;
- 5) синдром общей адаптации.

**158. Закон, согласно которому два вида не могут существовать в одной и той же местности, если они занимают одну и ту же экологическую нишу, – это:**

- 1) закон генетической предопределенности организма;
- 2) закон Одума;
- 3) принцип исключения Гаузе;
- 4) закон неравномерности развития биологических систем;
- 5) синдром общей адаптации.

**159. Универсальное свойство экосистем, заключающееся в том, что свойства системы как целого не являются простой суммой свойств слагающих ее частей или элементов, – это:**

- 1) валентность;
- 2) толерантность;
- 3) полярность;
- 4) эмерджентность;
- 5) сукцессия.

**160. Предельный возраст большинства пресноводных рыб Беларуси составляет в среднем:**

- 1) 5–10 лет;

- 2) 10–15 лет;
- 3) 15–20 лет;
- 4) 25–30 лет;
- 5) 35–50 лет.

**161. Специфической особенностью роста рыб является:**

- 1) равенство диссимиляции и ассимиляции;
- 2) преобладание диссимиляции над ассимиляцией;
- 3) отсутствие роста в течение большей части жизни;
- 4) наличие роста только до полового созревания;
- 5) преобладание ассимиляции над диссимиляцией.

**162. Характерным свойством рыб является снижение обмена (но без нарушения функций органов) при длительном недостатке или отсутствии пищи и быстрое восстановление его интенсивности при улучшении условий питания. Эта способность позволяет многим рыбам:**

- 1) сохранять массу тела;
- 2) впадать в анабиоз;
- 3) безболезненно переносить долгое зимнее голодание;
- 4) нереститься зимой;
- 5) быть организмом-эврифагом.

**163. Обычно до наступления половой зрелости рыбы:**

- 1) растут наиболее быстро;
- 2) растут наименее быстро;
- 3) растут одинаково равномерно;
- 4) растут скачкообразно;
- 5) практически не растут.

**164. В период старения организма линейный рост рыб:**

- 1) полностью отсутствует;
- 2) имеет отрицательную величину;
- 3) ускоряется;
- 4) сильно замедляется;
- 5) доминирует над весовым.

**165. Питание рыб за счет внутренних ресурсов организма называется:**

- 1) экзогенное;
- 2) смешанное;
- 3) эндогенное;
- 4) обратимое;
- 5) необратимое.

**166. Питание рыб за счет поступления пищи извне называется:**

- 1) экзогенное;
- 2) смешанное;
- 3) эндогенное;
- 4) обратимое;
- 5) необратимое.

**167. Рыбы, потребляющие пищу одного вида, – это:**

- 1) монофаги;
- 2) эврифаги;
- 3) стенофаги;
- 4) детритофаги;
- 5) бентофаги.

**168. Рыбы, потребляющие разнообразную пищу, – это:**

- 1) монофаги;
- 2) эврифаги;
- 3) стенофаги;
- 4) детритофаги;
- 5) бентофаги.

**169. Вся совокупность животных и растений, независимо от степени потребления их рыбами в качестве корма, называется:**

- 1) кормность водоема;
- 2) кормовые ресурсы водоема;
- 3) корм;
- 4) кормовой коэффициент;
- 5) набор кормовых организмов.

**170. Минимальный кормовой коэффициент характерен:**

- 1) для мирных всеядных рыб;
- 2) растительноядных рыб;
- 3) хищных рыб;
- 4) детритофагов;
- 5) эврифагов.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Рыбы Республики Беларусь

Отряд	Семейство	Род, вид
1	2	3
Карпообразные (Cypriniformes)	Балиториевые (Balitoridae)	Голец усатый ( <i>Barbatula barbatula</i> )
	Вьюновые (Cobitidae)	Вьюн обыкновенный ( <i>Misgurnus fossilis</i> ) Щиповка обыкновенная ( <i>Cobitis taenia</i> )
	Карповые (Cyprinidae)	Амур белый ( <i>Stenopharyngodon idella</i> ) Амур черный ( <i>Mylopharyngodon piceus</i> ) Белоглазка ( <i>Abramis sapa</i> ) Быстрянка ( <i>Alburnoides bipunctatus</i> ) Верховка обыкновенная ( <i>Leucaspis delineatus</i> ) Голавль ( <i>Leuciscus cephalus</i> ) Гольян обыкновенный ( <i>Phoxinus phoxinus</i> ) Гольян озерный ( <i>Phoxinus phoxinus</i> ) Горчак обыкновенный ( <i>Rhodeus sericeus</i> ) Густера ( <i>Blicca bjoerkna</i> ) Елец обыкновенный ( <i>Leuciscus leuciscus</i> ) Жерех обыкновенный ( <i>Aspius aspius</i> ) Карась золотой ( <i>Carassius carassius</i> ) Карась серебряный ( <i>Carassius gibelio</i> ) Красноперка ( <i>Scardinius erythrophthalmus</i> ) Лещ ( <i>Abramis brama</i> ) Линь ( <i>Tinca tinca</i> ) Пескарь обыкновенный ( <i>Gobio gobio</i> ) Плотва обыкновенная ( <i>Rutilus rutilus</i> ) Подуст обыкновенный ( <i>Chondrostoma nasus</i> ) Рыбец, или Сырть ( <i>Vimba vimba</i> ) Сазан, или Карп ( <i>Cyprinus carpio</i> )

1	2	3
		Синец ( <i>Abramis ballerus</i> ) Толстолобик белый ( <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> ) Толстолобик пестрый ( <i>Hypophthalmichthys nobilis</i> ) Уклейка ( <i>Alburnus alburnus</i> ) Усач обыкновенный ( <i>Barbus barbatus</i> ) Чебачок амурский ( <i>Pseudorasbora parva</i> ) Чехонь ( <i>Pelecus cultratus</i> ) Язь ( <i>Leuciscus idus</i> )
Осетрообразные (Acipenseriformes)	Осетровые (Acipenseridae)	Стерлядь ( <i>Acipenser ruthenus</i> )
Лососеобразные (Salmoniformes)	Лососевые (Salmonidae)	Кумжа ( <i>Salmo trutta</i> ) Семга, или Лосось атлантический ( <i>Salmo salar</i> ) Форель радужная ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) Форель ручьевая ( <i>Salmo trutta morpha fario</i> )
	Сиговые (Coregonidae)	Пелядь ( <i>Coregonus peled</i> ) Ряпушка европейская ( <i>Coregonus albula</i> ) Сиг чудской ( <i>Coregonus maraenoides</i> )
	Хариусовые (Thymallinae)	Хариус европейский ( <i>Thymallus thymallus</i> )
Корюшкообразные (Osmeriformes)	Корюшковые (Osmeridae)	Корюшка европейская, или Снеток ( <i>Osmerus eperlanus morpha spirinchus</i> )
Щукообразные (Esociformes)	Щуковые (Esocidae)	Щука обыкновенная ( <i>Esox lucius</i> )
Угреобразные (Anguilliformes)	Речные угри (Anguillidae)	Угорь речной ( <i>Anguilla anguilla</i> )
Сомообразные (Siluriformes)	Сомовые (Siluridae)	Сом европейский ( <i>Silurus glanis</i> )
	Иctalуровые (Ictaluridae)	Сомик американский ( <i>Ictalurus nebulosus</i> ) Сомик канальный ( <i>Ictalurus punctatus</i> )
Трескообразные (Gadiformes)	Налимовые (Lotidae)	Налим ( <i>Lota lota</i> )
Колошкообразные (Gasterosteiformes)	Колошковые (Gasterosteidae)	Колошка девятиглая ( <i>Pungitius pungitius</i> ) Колошка трехглая ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> )

1	2	3
Окунеобразные (Perciformes)	Окуневые (Percidae)	Ерш Балона ( <i>Gymnocephalus baloni</i> ) Ерш обыкновенный ( <i>Gymnocephalus cernuus</i> ) Ерш-носарь, или Ерш донской ( <i>Gymnocephalus acerinus</i> ) Окунь речной ( <i>Perca fluviatilis</i> ) Судак обыкновенный ( <i>Stizostedion lucioperca</i> )
	Головешковые (Odontobutidae)	Головешка-ротан ( <i>Percottus glenii</i> )
	Бычковые (Gobiidae)	Бычок-гонец ( <i>Neogobius gymnotrachelus</i> ) Бычок-кругляк, или Бычок черноротый ( <i>Neogobius melanostomus</i> ) Бычок-песочник ( <i>Neogobius fluviatilis</i> ) Бычок-цуцик ( <i>Proterorhinus marmoratus</i> )
Скорпенообразные (Scorpaeniformes)	Керчаковые, или Погат- ковые (Cottidae)	Подкаменщик обыкновенный ( <i>Cottus gobio</i> )
Сельдеобразные (Clupeiformes)	Сельдевые (Clupeidae)	Тюлька черноморско-каспийская ( <i>Clupeonella cultriventris</i> )



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Усов, М. М. Экология и токсикология рыб. Демэкология и синэкология: метод. указания к лабораторным занятиям / М. М. Усов, О. В. Усова, А. Н. Иванистов. – Горки: БГСХА, 2016. – 24 с.
2. Купинский, С. Б. Биологические основы рыбоводства. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие / С. Б. Купинский, М. М. Усов, Р. М. Цыганков. – Горки: БГСХА, 2018. – 154 с.
3. Усов, М. М. Ихтиология: учеб.-метод. пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2020. – 168 с.
4. Тылик, К. В. Общая ихтиология: учеб. / К. В. Тылик. – Калининград: ООО «Аксиос», 2015. – 394 с.
5. Жуков, П. И. Справочник по экологии пресноводных рыб / П. И. Жуков. – Минск: Наука и техника, 1988. – 310 с.
6. Никольский, Г. В. Экология рыб / Г. В. Никольский. – Москва: Высш. шк., 1974. – 357 с.
7. Рыбы Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zdesriba.online/porody-ryb/ryby-belarusi-foto-s-nazvaniyami.html>. – Дата доступа: 30.01.2022.
8. Речные экосистемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Речные\\_экосистемы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Речные_экосистемы). – Дата доступа: 09.02.2022.
9. Трофическая структура биоценоза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://infourok.ru/prezentaciya-k-uroku-biologii-troficheskaya-struktura-biogeocenoza-klass-1724719.html>. – Дата доступа: 30.01.2022.
10. Озерные экосистемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Озерные\\_экосистемы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Озерные_экосистемы). – Дата доступа: 09.02.2022.
11. Болото [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Болото#Животные\\_болот\\_умеренного\\_пояса](https://ru.wikipedia.org/wiki/Болото#Животные_болот_умеренного_пояса). – Дата доступа: 09.02.2022.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	3
1. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ.....	3
1.1. История развития экологии.....	3
1.2. Предмет и задачи экологии. Взаимосвязь с другими науками.....	5
1.3. Уровни организации живых систем. Принцип эмерджентности.....	6
1.4. Основные разделы экологии.....	8
1.5. Методы экологических исследований.....	10
2. ЗАКОНЫ АУТЭКОЛОГИИ.....	11
3. ФАКТОРЫ СРЕДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЫБ.....	17
3.1. Абиотические факторы и их влияние на рыб.....	17
3.2. Биотические факторы и их влияние на рыб.....	22
4. ЭКОЛОГИЯ РОСТА РЫБ.....	24
4.1. Продолжительность жизни.....	24
4.2. Связь роста с развитием.....	25
4.3. Взаимосвязь роста с быстротой полового созревания.....	27
5. ЭКОЛОГИЯ РАЗМНОЖЕНИЯ И РАЗВИТИЯ РЫБ.....	28
5.1. Специфические особенности размножения.....	28
5.2. Плодовитость.....	29
5.3. Половая зрелость.....	30
5.4. Половой диморфизм.....	31
5.5. Деление рыб по срокам икротетания.....	32
6. ЭКОЛОГИЯ ПИТАНИЯ РЫБ.....	35
6.1. Эндогенное и экзогенное питание рыб.....	35
6.2. Классификация рыб соответственно их питанию.....	36
6.3. Качественная и количественная характеристика питания.....	38
6.4. Обеспеченность пищей и пищевые отношения у рыб.....	39
7. МИГРАЦИИ РЫБ.....	43
7.1. Классификация мигрирующих рыб.....	43
7.2. Нерестовые миграции.....	44
7.3. Нагульные миграции.....	46
7.4. Зимовальные миграции.....	47
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	48
Тема 1. Изучение принципов строения экологических систем.....	48
Тема 2. Изучение пищевых цепей и трофических уровней.....	52
Тема 3. Изучение энергетики и продукции экосистем.....	56
Тема 4. Изучение динамических процессов в экосистеме.....	59
Тема 5. Определение естественной кормовой базы прудов.....	65
Тема 6. Параметры роста популяции рыб.....	73
Тема 7. Определение типа пространственного распределения особей в популяции рыб.....	75
Тема 8. Влияние плотности родительских особей на динамику популяции рыб.....	79
Тема 9. Оценка состояния видовой структуры сообщества рыб.....	81
Тема 10. Типы взаимодействия видов рыб в среде живых организмов.....	84
Тема 11. Биотический баланс водоема.....	87
Тема 12. Экологические пирамиды водоема.....	89
Тема 13. Основные биомы Земли и их особенности.....	92
ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ.....	102
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	134
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	137

Учебное издание

**Усов** Михаил Михайлович  
**Усова** Оксана Владимировна

ЭКОЛОГИЯ РЫБ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Н. Н. Пьянусова*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 14.02.2023. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 8,14. Уч.-изд. л. 7,23.  
Тираж 50 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.  
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.