

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические указания  
к самостоятельной работе и формам контроля**

по дисциплине Б1.В.06 Экология рыб

для направления подготовки 06.06.01 Биологические науки  
направленность (профиль) «Ихтиология»

Мурманск  
2019

Составитель: Тюкина Ольга Сергеевна, старший преподаватель кафедры биологии и водных биоресурсов.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика 18 июня 2019 г., протокол № 17

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО – МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	3
2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН	5
3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ С КОСПЕКТОМ ЛЕКЦИЙ	7
4. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	8
5. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	31

## ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО - МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Данные методические указания составлены в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования для аспирантов направления 06.06.01 Биологические науки.

Согласно рабочей программе обязательный минимум содержания дисциплины «Экология рыб» для аспирантов очной формы обучения составляет 144 часа, в том числе 94 часа для самостоятельной работы.

Цель дисциплины «Экология рыб»: изучение биологии рыб, их взаимоотношений между собой и с окружающей их средой.

Задачи дисциплины «Экология рыб»: дать необходимые знания об образе жизни рыб, а именно о характере и динамике их популяций, внутривидовых и межвидовых группировках, распределении, миграциях, суточном и сезонном ритме жизни, характере пищевых взаимоотношений, размножении, взаимоотношения рыб с абиотической и биотической средой.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки:

**Таблица 1 – Компетенции и результаты обучения**

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций)
1.	ПК-2. Владеть системой фундаментальных и прикладных знаний в области ихтиологии.	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<b>Знать:</b> - основные закономерности, характеризующие развитие и рост рыб. <b>Уметь:</b> - определять возраст рыб, упитанность, плодовитость. <b>Владеть:</b> - навыками оценивания физиологического состояния рыб
2.	ПК-3. Способность адаптировать результаты современных исследований в области ихтиологии для решения актуальных проблем, возникающих в деятельности организаций и предприятий.	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<b>Знать:</b> - принципы организации водных экосистем и физиологической регуляции организма рыбы в различных условиях среды. <b>Уметь:</b> - определять интенсивность и характер питания рыб. <b>Владеть:</b> - навыками участия в рыбохозяйственной экспертизе, разработке рекомендаций по рациональному использованию рыбных ресурсов.
3.	ПК-4. Готовность осуществлять научно-исследовательскую и педагогическую деятельность в области ихтиологии.	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и	<b>Знать:</b> - экологические группы рыб (по отношению к глубине обитания, к солености, к субстрату размножения и т.д.); <b>Уметь:</b> - анализировать состояния популяций рыб;

		компетенция реализуется полностью	- определять этапы и стадии развития рыб. <b>Владеть</b> - навыками ведения научной дискуссии на конференциях любого уровня.
--	--	-----------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Наименование тем	Объём работы для очной формы, час
<b>Взаимоотношения рыб с абиотической средой (4 семестр)</b>	
1. Влияние плотности, вязкости, давления и движения воды на поведение морских, пресноводных и проходных рыб. Влияние грунта и взвешенных в воде морских частиц на поведение морских рыб.	6
2. Роль света в жизни морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб. Значение температуры воды в жизни морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.	8
3. Роль звука и других колебательных движений в жизни морских, пресноводных, солоноватоводных рыб. Роль электрического тока и электромагнитных колебаний в биологических процессах морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.	6
4. Влияние лучистой энергии на поведение морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб. Действие радиоактивности на морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.	8
5. Влияние солёности воды на поведение морских, проходных и солоноватоводных рыб. Влияние растворённых в воде газов на жизнь морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.	6
6. Приспособления морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб к абиотическим факторам среды.	8
<b>Взаимоотношения рыб с биотической средой. Размножение. Миграции. Биологические основы рационального рыбного хозяйства (5 семестр)</b>	
7. Внутривидовые связи у морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб. Элементарная популяция. Стая. Скопление. Межвидовые связи у морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб. Взаимоотношения хищник – жертва.	10

8. Роль одноклеточных организмов в жизни морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб. Взаимоотношения морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб с растениями, моллюсками, червями и бактериями.	10
9. Значение ракообразных в жизни морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб. Влияние насекомых на морских, пресноводных, солоноватоводных рыб. Роль иглокожих в жизни рыб. Амфибии как объект питания рыб. Взаимосвязь между рыбами и рептилиями. Взаимоотношения птиц и рыб. Роль млекопитающих в жизни рыб.	12
10. Размножение рыб. Развитие рыб. Размеры рыб. Рост рыб. Возраст рыб. Суточный ритм жизни рыб. Зимовка как звено жизненного цикла рыб. Спячка рыб. Питание рыб. Динамика стада рыб.	10
11. Миграции рыб. Нерестовые миграции. Кормовые миграции. Зимовальные миграции. Закономерности распределения рыб в водоёмах земного шара. Значение рыбы в жизни человека. Биологические основания рационального рыбного хозяйства.	10
<b>Итого:</b>	<b>94</b>

### **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ С КОНСПЕКТОМ ЛЕКЦИЙ**

Пишите конспект чётким, понятным почерком, выделяя основные моменты на лекции. Просмотрите конспект сразу после занятий. Пометьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не получается разобраться в материале дисциплины, тогда сформулируйте вопросы и обратитесь на ближайшей лекции за помощью к преподавателю. По требованию преподавателя будьте готовы показать свой конспект лекций.

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

**Тема 1. Взаимоотношения морских, пресноводных и проходных рыб с абиотической средой. Влияние плотности, вязкости, давления и движения воды на поведение морских рыб. Влияние грунта и взвешенных в воде морских частиц на поведение морских рыб.**

Растворенные в воде углекислый газ и сероводород отрицательно влияют на жизнедеятельность рыб.

Углекислый газ образуется в результате дыхания животных и растений, при разложении органических веществ. Одним из показателей загрязнения водоема является большое его содержание в воде. Так, критическое содержание  $\text{CO}_2$  для форели составляет 120-140 мг/л, для карпа - 200 мг/л, для линя - больше 400 мг/л и т.д.

При отсутствии кислорода в некоторых водоемах накапливается сероводород. В Черном море глубоководная зона непригодна для обитания рыб, так как из-за отсутствия вертикального перемешивания вода лишена кислорода и насыщена сероводородом, образующимся в результате жизнедеятельности анаэробной бактерии микроспиры.

Для рыб большое значение имеет активная реакция среды (рН), которая зависит от соотношения растворенных в воде кислорода, свободной углекислоты, гидрокарбонатов.

В пресных водоемах избыток  $\text{CO}_2$  вызывает увеличение кислотности воды, в морской воде избыток углекислого газа связывается, и рН меняется мало. Таким образом, большинство пресноводных рыб по сравнению с морскими, приспособились переносить значительные колебания рН. Однако для каждого вида рыб характерны определенные значения активной реакции среды и при их изменении нарушается обмен веществ. Оптимальная величина рН для рыб обычно составляет 7-8.

Движение воды оказывает как прямое, так и косвенное влияние на рыб. Существуют различные виды движения водных масс:

1) течения переносят икру и личинок у многих видов рыб (тунец, сельдь и др.), являются миграционными путями (ориентирами) для половозрелых рыб (речной угорь и др.); изменяют гидрологический, химический и биологический режимы в водоемах; теплые течения создают благоприятные условия для развития кормовых организмов для рыб (Гольфстрим в Баренцевом море, Куроисио в северной части Тихого океана); в реках течения влияют на строение рыб, особенности размножения;

2) волнения перемешивают водные массы, влияют на выживаемость икры (от механических повреждений погибает икра сельди, трески, мойвы и др.);

3) вертикальная циркуляция воды вызывает перемешивание слоев воды, способствует выравниванию температуры и солености, подъему биогенных элементов из глубины;

4) приливы и отливы перемешивают слои воды и выносят в прибрежную зону биогенные элементы (у берегов Северной Америки и в северной части Охотского моря разница уровней прилива и отлива достигает 15 м);

5) смерчи захватывают огромные массы воды из морей и внутренних водоемов, переносят различных гидробионтов на большие расстояния.

**Грунт и взвешенные частицы.** Рыбы в различной степени связаны с грунтом, что определяется особенностями их питания, размножения и защитой от врагов. Пелагические виды откладывают донную икру (атлантическая сельдь, лососевые), большинство донных и придонных рыб в течение всей жизни связаны с грунтом.

В ряде случаев у рыб имеет место связь с определенным типом субстрата:



мягкие грунты, характерны для закапывающихся видов, рыбы обитают преимущественно в мелководных водоемах, прибрежных участках морей; так, камбалы и скаты маскируются, накидывая на себя грунт, ряд видов при высыхании водоемов могут долгое время жить, закопавшись в грунт (протоптерус, лепидосирен, карась и др.);

каменистые грунты, рыбы часто имеют присоски для прикрепления к грунту (бычки, пинагор и др.);

суша, рыбы для передвижения по суше имеют ряд особенностей в строении тела (тригла, морской черт, окунь-ползун).

Многие рыбы в значительной степени перекапывают грунт в поисках пищи (бентофаги), при постройке нерестовых гнезд во время размножения (лососи).

Цвет грунта, на котором рыбы находятся, может определять окраску рыб (камбалы).

Грунт и донные отложения во многом определяют рыбопродуктивность водоемов, так как являются местообитанием бентических организмов.

В жизни рыб большую роль играют взвешенные в воде частицы, которые снижают прозрачность воды, оказывают механическое воздействие на органы зрения и жабры рыб. В связи с этим у рыб, живущих в водоемах с мутной водой, выработался ряд приспособлений: уменьшение размера глаз (лопатонос, некоторые гольцы), усиленное выделение и особый состав слизи с сильными коагулирующими свойствами (лепидосирен и др.).

### Вопросы к разделу:

1. Влияние давления и движения воды на поведение морских, пресноводных и проходных рыб.
2. Влияние грунта и взвешенных в воде морских частиц на поведение морских рыб.
3. Влияние плотности, вязкости морских, пресноводных и проходных рыб.

### **Тема 2. Роль света в жизни морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб. Значение температуры воды в жизни морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.**

**Свет.** В воде главным источником света является солнечная энергия. В основном солнечный свет поглощается поверхностным слоем воды, только 0,45% его достигает глубины 100 м. В некоторых районах Мирового океана небольшое количество света проникает до глубины 1000 м. Лучи разной части спектра достигают разных глубин. Так, до 1 м проникают инфракрасные (тепловые) лучи, до 5 м - около 10% красных лучей, до 13 м - около 10% зеленых лучей, до 500 м и более проникают только фиолетовые и ультрафиолетовые лучи.

В связи с этим глаза рыб менее чувствительны к красным лучам и более чувствительны к желтым, зеленым, синим и фиолетовым и ультрафиолетовым лучам.

По отношению к свету различают рыб:

- 1) дневных (светолюбивых);
- 2) сумеречных (светобоязливых).

Большинство рыб ведут дневной образ жизни. Для них освещенность является фактором, который обуславливает их двигательную активность.

На различных этапах жизненного цикла некоторые виды по-разному реагируют на свет. Так, осетр и севрюга сразу после выклева относятся к свету положительно, при переходе к жаберному дыханию - безразличны к свету, на более поздних стадиях - избегают света.

Большинство рыб (за исключением сумеречных и большинства хрящевых) обладают цветовым зрением, что связано с возможностью распознавать окраски водных объектов.

Освещенность является одной из причин суточных вертикальных миграций рыб.

Свет по-разному влияет на скорость созревания гонад у рыб. Так, у одних видов икра под действием света развивается быстрее (севрюга, камбалы), у других - медленнее (лосось, форель).

У некоторых видов солнечный свет влияет на обмен веществ. У гамбузии, лишенной света, развивается авитаминоз, теряется способность к размножению.

У многих глубоководных рыб для приманивания добычи, отыскивания особей противоположного пола, ориентации и т. д. развиваются органы свечения. Биolumинесценция свойственна только морским рыбам. Существует около 300 видов светящихся рыб (из них 18 видов - хрящевые).

Рыбы по-разному реагируют на электрический свет, и их реакция на свет используется в промышленном и любительском рыболовстве. При помощи электрического света в Каспийском море ловят кильку, в Черном море - хамсу, в морях Дальнего Востока - скумбрию, сайру и т. д.

По отношению к электрическому свету рыб разделяют на группы:

- 1) уходящие от света (угорь, минога и др.);
- 2) привлекаемые светом независимо от наличия или отсутствия в зоне кормовых организмов (каспийские кильки, тюлька, хамса, снеток и др.);
- 3) привлекаемые светом, если в зоне есть кормовые организмы (сайра, сельди, сарган, скумбрия и др.);
- 4) безразличные к свету (осетр, судак и др.).

Некоторые рыбы имеют сильную положительную реакцию на цветное освещение. Так, атлантическая сельдь реагирует на синий цвет, круглая сардинелла - на красный и т.д.

Температура. Рыбы являются пойкилотермными животными, и температура их тела близка к температуре окружающей среды. У большинства видов она на 0,5-1°C выше температуры воды, у тунцов во время быстрого движения разница температур может достигать 10°C.

Рыбы живут в водоемах с различной температурой воды. Так, представитель отряда карпозубообразных - ципринодон - может жить в горячих источниках Калифорнии при температуре плюс 52°C, а арктические и антарктические виды способны переносить температуру воды до минус 2°C (сайка, ледяная рыбы и др.)

Температура окружающей среды влияет на скорость биологических процессов у рыб, на их распределение и поведение.

В зависимости от пределов температур рыб разделяют на:

- 1) теплолюбивых (сазан, линь, кефаль и др.);
- 2) холодолюбивых (лосось, форель, сиг, навага и др.).

Рыб по отношению к способности переносить температуру делят на:

- 1) stenothermных - обитают при узкой амплитуде колебаний температуры 5-7°C (тропические, субтропические, арктические, антарктические и глубоководные рыбы);
- 2) эвритермных - выдерживают значительные колебания температуры, в несколько десятков градусов (рыбы умеренных широт - щука, сазан, карась, окунь, тюлька).

Каждому виду свойственны предельные и оптимальные температуры воды. Для карася нижняя предельная температура составляет 0°C, верхняя - 30°C, оптимальная - 25°C.

Большинство рыб чувствительны к незначительным колебаниям температуры и нередко гибнут при резких ее изменениях. Так, массовая гибель хамсы наблюдалась в Черном море при быстром понижении температуры воды до 5°C. При значительных понижениях температуры рыбы могут впадать в состояние, близкое к анабиозу.

С повышением температуры в пределах свойственных данному виду у рыб активизируются многие жизненные процессы (повышается темп роста и т.д.). Температура влияет на время и продолжительность созревания половых продуктов, сроки нереста, длительность инкубационного периода икры и т. д.

У рыб нерест обычно наступает при определенной температуре. Так, судак начинает размножаться при температуре 17-18°C, налим - при 0,2-4°C и т.д. Большое влияние оказывает температура воды и на выживание икры, при аномально низких температурах наблюдается повышенная гибель икры.

Для многих видов рыб диапазон оптимальных температур составляет не более 10-15°C, поэтому сезонные изменения температур и географические отличия оказывают влияние на распределение и поведение рыб. Для каждого вида рыб характерно обитание не только в той или иной температурной области, но и в ее отдельных регионах, которых он придерживается в определенные периоды жизни.

На распределение рыб влияют сезонные и многолетние изменения температурных режимов водоемов. Так, в периоды потепления атлантическая треска проникает в Карское море, может образовывать промысловые скопления у берегов Гренландии. В Норвежском море в холодные годы сельдь зимует к югу от 65° с.ш., в то время как в обычные - к северу от 65° с.ш.

Изменение температуры воды часто служит сигналом для миграций рыб.

Температурный режим может оказывать влияние и на анатомическое строение рыб. Инкубация икры от одной самки при различной температуре, можно привести к получению особей с разным числом позвонков. При более высокой температуре инкубации рыбы будут иметь меньшее число позвонков, при более низкой - большее.

В зимний период на некоторых водоемах образуется ледовый покров. Во время ледостава почти полностью прекращается влияние ветров на воду, замедляется поступление кислорода из воздуха, иногда лед оказывает на рыб и икру механическое воздействие. В водах Антарктиды нижняя поверхность льда обрастает перифитоном, здесь держатся кормовые для рыб организмы.

#### **Вопросы к разделу:**

1. На какие группы разделяют рыб по отношению к электрическому свету?
2. Группы рыб по отношению к свету.
3. Роль света в жизни морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.
4. Значение температуры воды в жизни морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.
5. В зависимости от пределов температур на какие виды подразделяют рыб?

**Тема 3. Роль звука и других колебательных движений в жизни морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб. Роль электрического тока и электромагнитных**

## **колебаний в биологических процессах морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.**

**Звук и электрический ток.** Рыбы способны улавливать и издавать различные звуки. Издаваемые рыбами звуки подразделяются на:

1) биологические - издаются специальными органами (плавательный пузырь, жаберные крышки, глоточные зубы и др.); они включают агрессивные и оборонительные, нерестовые, ориентировочные сигналы;

2) механические - издаются непроизвольно в процессе питания, движения и т.п.

Издаваемые рыбами звуки напоминают скрип, хрюканье, карканье, барабанный бой, писк. У большинства рыб звуки издают самцы.

Имитация звуков рыб, связанных с питанием, движением, угрозой применяются в промышленном рыболовстве. Так, имитацию звуков движения рыб используют при лове тунцов; сомов привлекают в зоны облова на булькающие звуки; скумбрию удерживают в кошельковом неводе с помощью звуков, издаваемых дельфинами.

Рыбы способны воспринимать изменения электрического поля в воде. Вызывает интерес поведение рыб в сильном электрическом поле. Оно зависит от напряжения и характера электрического тока.

С увеличением напряжения в электрическом поле постоянного тока у рыб наблюдаются несколько стадий поведения:

- 1) пороговая реакция (рыба вздрагивает при включении и выключении тока);
- 2) реакция возбуждения (рыба проявляет беспокойство и стремится выйти из электрического поля);
- 3) анодная реакция (рыба поворачивается головой к аноду и плывет по направлению к нему);
- 4) электронаркоз (рыба теряет подвижность, при увеличении напряжения гибнет).

В электрических полях переменного и импульсного тока стадии реакций примерно такие же, как при воздействии постоянного тока.

Способность рыб реагировать на электрическое поле используется для управления поведением рыб при создании электрозаграждений, а также при организации электролова.

Электрозаградительные установки служат для отпугивания рыбы от опасных зон и в том числе от гидротехнических сооружений.

Электролов осуществляется путем оснащения сетных орудий лова (тралы) электродами, привлекающими рыбу в зону облова. При бессетевом электролове анодная реакция используется для привлечения, концентрации и электронаркоза рыбы, а ее подъем производится сачками или рыбонасосами.

**Влияние загрязнений на рыб.** В результате хозяйственной деятельности человека в водоемы поступают различные загрязняющие вещества. Наиболее сильно загрязняются внутренние водоемы.

Характер действия веществ на рыб зависит от их токсичности и концентрации. При больших концентрациях происходит отравление и гибель рыбы. Икра, личинки и молодь рыб наиболее чувствительны к загрязнению воды.

В водах Мирового океана наиболее распространенными и опасными загрязнениями являются нефть (и нефтепродукты), тяжелые металлы и радиоактивные вещества. Загрязнение нефтью происходит в результате добычи ее в шельфовых зонах, транспортировки, аварий судов.

Нефтяные загрязнения оказывают отрицательное влияние на всех гидробионтов. Они накапливаются и поражают жизненно важные органы, вызывают нарушение питания, размножения, поведения. Нефтяные загрязнения могут приводить к массовой гибели икры и личинок рыб.

Тяжелые металлы и радиоактивные вещества рыбы аккумулируют в себе как из воды, так и из кормовых организмов, поэтому содержание их в рыбе часто в несколько раз больше, чем в воде. Радиоактивные вещества накапливаются в основном в костях и внутренних органах рыб.

#### **Вопросы к разделу:**

1. Роль звука и других колебательных движений в жизни морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.
2. Роль электрического тока и электромагнитных колебаний в биологических процессах морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.

#### **Тема 4. Влияние лучистой энергии на поведение морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб. Действие радиоактивности на морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.**

Загрязнение рыб происходит путем непосредственной адсорбции радиоактивных веществ поверхностью тела, при поступлении с пищей и в результате других обменных процессов между организмом и окружающей средой. Во внутренние органы рыб радиоактивные элементы проникают через кожу, жабры и ротовую полость. Одним из важных источников заражения рыб является передача радиоактивных веществ по пищевым цепям. Молодь большинства рыб и многие взрослые рыбы питаются планктоном, который способен накапливать радионуклиды до концентраций, в сотни и тысячи раз превышающих их наличие в окружающей воде. Поэтому при малом содержании радиоактивных веществ в воде поступление их в организм рыб обуславливается в первую очередь загрязненной пищей.

Находясь в воде, загрязненной радиоактивными веществами, рыбы получают внешнее облучение. Адсорбированная на поверхности их тела радиоактивность вызывает облучение организма. Радиоактивные вещества, накапливающиеся в органах и тканях, создают внутренний источник облучения. Накопление радиоактивных веществ органами и тканями рыб, а также распределение и выделение их зависят от целого ряда условий, основными из которых являются химическая природа радиоизотопов и периоды их полураспада, концентрация радиоизотопов в воде, вид, возраст, физиологическое состояние рыб и экологические условия.

Опыты на рыбах ставили с радиоизотопами стронция, цезия, иттрия, церия, фосфора, кальция, урана, йода, кобальта, полония. Различные радиоизотопы, попадая в организм рыб, распределяются по органам и тканям неравномерно. Концентрация в тканях определяется в первую очередь их химическими свойствами. Встречаясь с различными химическими соединениями, входящими в состав тканей рыб или являющимися продуктами обмена веществ, радиоизотопы вступают с ними в обменные реакции. Так, радиостронций очень близок в химическом отношении к кальцию и, попадая в животный организм, откладывается в кальций-содержащих тканях, главным образом в костях. Повышение содержания нерадиоактивного кальция в водоеме ведет к снижению кумуляции радиостронция рыбами.

Таким образом, характер обменных реакций в организме рыб определяется соотношением между процессами накопления и выведения радиоизотопов организмом.

Аккумуляция (или кумуляция) радиоизотопов органами и тканями рыб зависит, прежде всего, от концентрации этих радиоизотопов в воде и времени пребывания в ней рыб. Чем выше степень радиоактивности воды, тем больше степень загрязненности рыб. В воде с высокой концентрацией радиоизотопов их кумуляция происходит в одних тканях, а с низкой - в других. При однократном загрязнении рыб даже большими количествами радиоизотопов накопление их в организме бывает незначительным. При длительном же загрязнении низкими концентрациями радиоизотопы могут накапливаться в организме в больших количествах. Наиболее интенсивная кумуляция радиоактивных веществ происходит в первые сутки. При разности процессов поступления и выведения радиоактивных элементов через два-три месяца наступает предельное накопление радиоизотопов органами и тканями. При достижении предела накопления радиоактивных веществ организмом дальнейшая кумуляция прекращается. Молодые и быстрорастущие рыбы аккумулируют радиоизотопы быстрее и в относительно больших количествах, чем рыбы среднего возраста и старые. У донных рыб накопление радиоизотопов идет быстрее, чем у пелагических.

Таким образом, экологические условия и физиологическое состояние рыб играют значительную роль в загрязнении их радиоактивными веществами. Изучение накопления цезия-137 водными организмами в природных условиях потребовалось для количественной оценки и прогнозирования перехода искусственных радионуклидов из внешней среды в живые организмы. В настоящее время наиболее интересны исследования в естественных условиях, так как они позволяют получать реальные количественные показатели миграционного переноса радионуклидов в те или иные элементы экосистемы. Для большей наглядности представим таблицу (слева), в которой показано, как накапливают радионуклиды морские и полупроходные рыбы Каспийского моря. В пресных водоемах ситуация с этими же рыбами может быть другой.

Ученые выявили, что уровни накопления рыбами радионуклидов находятся в обратной зависимости от минерализации водоемов и содержания в воде их химических аналогов. Существенно влияют на накопление радионуклидов в теле рыб сезонная смена года и температура воды: чем выше температура, тем активнее откладываются радионуклиды.

При одновременном загрязнении радионуклидами воды и корма накопление в тканях рыбы обычно выше, чем в случае его поступления только с кормом. Накопление радионуклидов в тканях во многом зависит и от физиологической активности рыбы: чем активнее ее образ жизни и чем она моложе, тем, как правило, больше откладывается в ее тканях радионуклидов. Хотя вопрос о радиационном поражении рыб изучен еще далеко недостаточно, однако имеющиеся материалы приводят к основному выводу, что ионизирующие излучения оказывают угнетающее и разрушающее действие на рыб (быть может, кроме самых низких доз облучения).

Такое разрушающее действие проявляется на всех стадиях развития: на оплодотворенной и развивающейся икре, на личинках, мальках и взрослых рыбах, на производителях и на их половых продуктах - икре и спермиях. В потомстве облученных производителей можно ожидать значительных генетических поражений, правда, еще мало изученных. В зависимости от дозы облучения наблюдаются тяжелые поражения половых желез, кроветворных и других жизненно важных органов, дефекты в развитии и уродства у эмбрионов и личинок, отставание в росте и т. д. Кроме того, под действием облучения у рыб

отмечаются гипоксия (нехватка кислорода), резко выраженная лейкопения (снижение количества лейкоцитов), замедление роста, общая мышечная слабость, снижение реакции на внешнее раздражение и в конечном итоге - высокая смертность.

Еще более, чем рыбы, чувствительны к радиации кормовые объекты рыб - планктонные и бентосные беспозвоночные животные. На водные растения радиация оказывает меньшее влияние, а вот если сравнивать с млекопитающими, то у рыб большая резистентность (устойчивость организма) к радиации. То есть смертельной для рыб является доза 3500-4000 рентген. Первые изменения в организме появляются при действии дозы в 600 рентген. Так, у молоди карпа после такой дозы облучения появляются изменения в крови (лейкопения - уменьшение количества лейкоцитов).

Повышение дозы до 1400 рентген ведет к дальнейшему развитию лейкопении и соматическим нарушениям. Личинки рыб могут жить некоторое время после действия на них 20 000-40 000 рентген. Действие, производимое на рыб большими дозами облучения, выражается в виде шока или, наоборот, повышенного возбуждения. При небольших дозах облучения эти явления отсутствуют. Абсолютно смертельные дозы для рыб значительно выше, чем для млекопитающих, и только развивающаяся икра чрезвычайно чувствительна, особенно на самых ранних стадиях дробления в определенные моменты митотического цикла.

Неприятный и опасный момент для любителей рыбы в том, что характерной особенностью действия облучения рыб является наличие скрытого периода, в течение которого в организме нельзя обнаружить каких-либо изменений. Он длится у рыб одну-три недели, а затем появляются поражения. В дальнейшем наступает период, когда рыбы гибнут или выздоравливают. Гонады относятся к наиболее радиочувствительным органам, причем не только у рыб. У млекопитающих репродуктивные органы тоже максимально чувствительны к облучению.

Изменения в половых железах сказываются как на плодовитости рыб, так и на жизнеспособности и полноценности потомства. В семенниках поражаются молодые сперматоциты и происходит нарушение клеточных ядер, что ведет к снижению плодовитости самцов. В яичниках в первую очередь поражаются молодые овоциты и значительно позднее - зрелые половые клетки. В нашей стране ученые достаточно подробно исследовали последствия аварии в водоемах охладителях Чернобыльской атомной электростанции. Полученные цифры и факты, к сожалению, подтверждают экспериментальные наблюдения специалистов.

#### **Вопросы к разделу:**

1. Влияние лучистой энергии на поведение морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.
2. Действие радиоактивности на морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.

**Тема 5. Влияние солёности воды на поведение морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб. Влияние растворённых в воде газов на жизнь морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.**

**Соленость.** Рыбы обитают в водах различной солености. В зависимости от количества растворенных солей различают воду пресную (до  $0,5\text{‰}$ ), солоноватую ( $0,5 - 25\text{‰}$ ), морскую ( $25 - 40\text{‰}$ ) и пересоленную (более  $40\text{‰}$ ). Моря различаются по солености: в Балтийском море  $4-16\text{‰}$ , Черном  $16-19\text{‰}$  и т.д. Соленость океанической воды достигает  $35\text{‰}$ .

По отношению к солености различают рыб:

- 1) стеногаллиных - не выдерживают больших колебаний солености (лопатонос, глубоководные рыбы);
- 2) эвригаллиных - выдерживают значительные колебания солености (кефаль, тюлька, атерина и др.).

Соленость воды является одним из основных факторов, определяющих расселение рыб. Большинство рыб приспособились к жизни в воде определенной солености. Одни рыбы живут только в пресной воде, другие - в морской, предпочитая определенную соленость. Многие рыбы могут переходить из морской воды в пресную и обратно.

Осолонение или опреснение вод может приводить к изменению видового состава сообществ гидробионтов. Так, осолонение Азовского моря привело к массовому развитию в нем медуз.

Соли могут оказывать косвенное воздействие на рыб через кормовую базу. Так, биогены (соли азотной, фосфорной и кремниевой кислот), поступающие в водоемы, способствуют увеличению биомассы планктона и бентоса, служащих пищей для рыб.

Внесение минеральных удобрений в прудовых хозяйствах создает благоприятные условия для развития кормовой базы. Некоторые элементы (фосфор) не только повышают продуктивность водоемов, но и непосредственно воздействуют на выращиваемую молодь рыб, повышая обмен веществ, стимулируя рост и развитие рыб. Большое влияние на обмен веществ рыб оказывают содержащиеся в воде соли различных металлов, которые могут как стимулировать, так и замедлять рост рыб.

**Растворенные в воде газы.** В воде содержатся различные газы: кислород, азот, углекислый газ и др. Большинство рыб дышат растворенным в воде кислородом.

Рыб по количеству необходимого для нормального дыхания кислорода делят на:

- 1) нуждающихся в очень большом содержании кислорода в воде -  $10-16\text{ мг/л}$  (кумжа, голянь, сиги);
- 2) требующих большого содержания кислорода в воде -  $7-10\text{ мг/л}$  (хариусы);
- 3) менее требовательных к содержанию кислорода -  $6\text{ мг/л}$  (окунь, плотва, щука);
- 4) выдерживающих слабое содержание кислорода - до  $0,7-3\text{ мг/л}$  (лινь, сазан, карась).

Потребление кислорода рыбами зависит от многих факторов:

- 1) от вида рыбы - морские виды более чувствительны к недостатку кислорода, чем пресноводные; чем рыба подвижнее, тем больше она потребляет кислорода. Так, пелагические виды (хамса, тюлька), нуждаются в большем количестве кислорода, чем донные (камбала, бычок);
- 2) от возраста - молодь рыб более требовательна к содержанию кислорода, чем старшие возрастные группы; личинки плотвы на 8-й день после вылупления гибнут при содержании кислорода ниже  $5\text{ мг/л}$ , а на 49-й день мальки выдерживают  $1,4\text{ мг/л}$ , взрослые рыбы -  $0,9\text{ мг/л}$ ;



- 3) от численности - при высокой плотности населения рыб потребление кислорода ими снижается; в холодный период у рыб, залегающих на зимовку в ямы, потребление кислорода по сравнению с одиночными рыбами значительно уменьшается (карповые);
- 4) от физиологического состояния - перед нерестом у некоторых видов потребление кислорода повышается на 25-50% первоначального;
- 5) от температуры воды - при повышении температуры воды у рыб усиливается обмен веществ и возрастает потребление кислорода;
- б) от солености - у пресноводных рыб при небольшом увеличении солености возрастает обмен веществ, а при значительном - замедляется, и потребление кислорода уменьшается.

При недостатке кислорода у рыб снижается интенсивность питания.

Для рыб неблагоприятен как недостаток, так и избыток кислорода в воде. При быстром повышении содержания кислорода рыбы могут получить кислородный наркоз и погибнуть от удушья. В эмбриональный период избыток кислорода в воде может вызывать у рыб анемию.

Количество растворенного в воде кислорода зависит от температуры, солености, ледового покрова, растительности, процессов распада органических веществ и др.

При повышении температуры и солености растворимость кислорода в воде уменьшается.

Снижение содержания кислорода может привести к летним и зимним заморам. Летние заморы чаще всего имеют место в заросших озерах в период массового развития водной растительности, особенно ночью, когда идет усиленное потребление растениями кислорода. Зимние заморы возникают в водоемах, покрытых льдом, где активно идут процессы разложения органических веществ, на окисление которых расходуется много кислорода.

Морская вода обычно хорошо насыщена кислородом. Однако и в Мировом океане есть районы, где наблюдаются дефицит кислорода и заморные явления, что затрудняет обитание рыб.

#### **Вопросы к разделу:**

1. Влияние солёности воды на поведение морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.
2. Влияние растворённых в воде газов на жизнь морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.

#### **Тема 6. Приспособления морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб к абиотическим факторам среды.**

Для каждого вида рыб характерны определенные условия среды, от особенностей которых в значительной степени зависят их строение и образ жизни.

В жизни рыб огромна роль физических свойств воды. От ее плотности и вязкости в значительной степени зависят условия движения рыбы. Оптические свойства воды и содержания в них взвешенных частиц влияют как на условия охоты рыб, ориентирующихся при помощи зрения, так и на условия их защиты от врагов. Температура воды сильно влияет на интенсивность обмена веществ у рыб. Изменение температуры во многих случаях служит натуральным раздражителем, определяющим начало нереста, миграции и т.д. Другие физические и химические свойства воды, также имеют огромное значение. Рыбы живут в среде значительно более плотной и вязкой, чем

воздух; с этим связан ряд особенностей в их строении, функциональности органов и поведении.

В процессе длительного исторического развития рыбы приспособились к многообразию условий водной среды, от особенностей которых зависят их строение и образ жизни; приобрели различные форму и окраску, развили или утратили многие специфические органы. Среди рыб встречаются парящие в воздухе, ползающие и даже прыгающие по суше виды. Одни из них питаются микроскопическими водорослями — фитопланктоном, другие — высшей водной растительностью, а некоторые способны поедать крупных животных. Многие рыбы заботливо охраняют потомство, зачастую ценой своей жизни. Имеются среди них и живородящие. Некоторые рыбы способны вырабатывать электрический ток высокого напряжения, а у антарктических рыб-белокровок кровь не содержит эритроцитов, бесцветна и т. д.

**Форма тела и пластические признаки.** Жизнь в различных условиях определила множество форм тела рыб. Наиболее распространенными являются следующие.

**Торпедовидная (веретеновидная).** Тело хорошо обтекаемое, рыло заостренное. К этому типу относятся хорошие пловцы, способные к продолжительным и быстрым передвижениям: тунцы, скумбрии, лососи. Большинство рыб имеют форму тела, близкую к этому типу (кефалевые, сельдевые, тресковые и др.).

**Стреловидная:** кости рыла вытянуты и заострены, тело рыбы длинное, по всей длине имеет одинаковую высоту, спинной плавник отнесен к хвостовому и располагается над анальным, чем создается имитация оперения Стрелы. Спинной и анальный плавники смещены к хвосту. Рыбы, обладающие такой формой тела, продолжительных передвижений не совершают, а держатся в засаде и способны молниеносно бросаться на добычу или спастись от опасности (щука, сарган, сайра).

**Коралловидные:** тело сильно сжато с боков, высокое при относительно небольшой длине - это рыбы коралловых рифов, зарослей донной растительности скалярии. Такая форма тела помогает им легко маневрировать среди препятствий.

#### Вопросы к разделу:

1. Приспособления морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб к абиотическим факторам среды.
2. Формы тел рыб.

**Тема 7. Внутривидовые связи у морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб. Элементарная популяция. Стая. Скопление. Межвидовые связи у морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб. Взаимоотношения хищник – жертва.**

Популяция или стадо – это одновидовая разновозрастная самовоспроизводящая группировка рыб приуроченная к определенному месту обитания и характеризующаяся определенными морфо-биологическими показателями. Жизнь популяции состоит в непрерывной смене поколений, их росте, созревании, воспроизводстве потомства и смерти.

Элементарные популяции представляют собой группировки, состоящие в основном из рыб одного возраста, близких по физиологическому состоянию и сохраняющиеся пожизненно. Стая (косяк) – это группировка близких по возрастному и биологическому

состоянию рыб, объединяющихся на более или менее длительный срок. Различают следующие типы структуры стай: ходовая, кругового обзора, оборонительная, питающаяся.

Скопление – это огромная масса рыб, представляющая собой ряд стай, которые могут сливаться или быть обособленными. Скопления бывают нерестовые, нагульные, миграционные и зимовальные.

Колонии – это временные защитные группировки рыб, обычно состоят из особей одного пола. Они образуются на местах размножения для защиты кладок икры от врагов. Внутривидовой паразитизм наблюдается у глубоководных удильщиков, крошечные самцы которые прирастают к телу самки и питаются через ее кровеносную систему.

Они довольно разнообразны и проявляются в форме пищевой конкуренции, хищника и жертвы, мирного сожительства, паразитизма и др.

Межвидовые взаимоотношения у рыб проявляются в форме пищевой конкуренции, хищник - жертва, мирного и паразитического сожительства.

Межвидовые связи у рыб выработались в процессе видообразования как приспособление к новым условиям обитания в определенной географической зоне. В результате сформировались фаунистические комплексы - группы видов, связанных общностью географического происхождения.

Взаимоотношения между разными видами у рыб одного фаунистического комплекса характеризуются ослаблением пищевой конкуренции путем расхождения спектров питания и мест кормления (особенно у взрослых особей). Конкуренция имеет место в основном из-за второстепенных кормовых объектов. В настоящее время фауна многих водоемов представлена рыбами различных фаунистических комплексов, и наиболее остро обострение пищевых отношений возникает между видами различных комплексов, занимающих сходные экологические ниши.

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

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

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

Формы взаимоотношений у рыб включают:

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

2) 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);

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

Ракообразные животные имеют большое значение в питании рыб. Ими питается молодь мирных и хищных рыб, а также большинство пелагических видов (сельдь, анчоус, скумбрия и др.). Некоторые ракообразные могут нападать на личинок рыб (циклопы). Некоторые виды являются промежуточными хозяевами паразитических червей.

Насекомые и их личинки являются важными пищевыми объектами рыб (хируномиды, ручейники, стрекозы и поденки).

Иглокожие используются некоторыми рыбами в пищу (пестрая зубатка). Многие иглокожие поедают донных беспозвоночных, иногда молодь рыб (морские звезды, морские ежи).

Земноводные периодически поедаются хищными рыбами (сом, щука и др.). Некоторые земноводные уничтожают икру и молодь рыб (лягушки).

Пресмыкающиеся частично или полностью питаются рыбой (водяные змеи, крокодилы, черепахи).

Рыбоядные птицы поедают большое количество рыбы (чайки, гагары, бакланы, цапли и др.), являются окончательными хозяевами некоторых паразитических для рыб червей, чем способствуют распространению ряда заболеваний (лигулез).

Водные млекопитающие питаются рыбой (киты, ластоногие). Некоторые хищные рыбы (щука, сом, гольцы, таймень и др.) могут употреблять в пищу мелких наземных млекопитающих (мышей, землероек), некоторые виды (акулы, пирания) нападают на крупных млекопитающих.

### Вопросы к разделу:

1. Внутренние связи у рыб появляются в образовании стад, элементарных популяций.
2. Пищевые взаимоотношения рыб.
3. Стаи, скопления, колонии.
4. Взаимоотношения между разными видами у рыб одного фаунистического комплекса.
5. Взаимоотношения хищник – жертва.
6. Формы взаимоотношений у рыб.

**Тема 8. Значение ракообразных в жизни морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб. Влияние насекомых на морских, пресноводных, солоноватоводных рыб. Роль иглокожих в жизни рыб. Амфибии как объект питания рыб. Взаимосвязь между рыбами и рептилиями. Взаимоотношения птиц и рыб. Роль млекопитающих в жизни рыб.**

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

Большое число заболеваний у рыб вызывают вирусы (краснуха, инфекционная водянка) и бактерии (фурункулез). Бактерии служат также пищей для рыб (белый толстолобик). 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).

Молодь рыб на ранних стадиях развития питается простейшими (инфузории и др.). Среди простейших есть паразитические формы.

Донная растительность используется рыбами как субстрат для откладывания икры (лещ, сазан, вобла и др.), ряд видов откладывает икру на плавающие водоросли (сайра). Также растительность используется рыбами для укрытия.

Кишечнополостные животные в небольшой степени используются рыбами для питания, некоторые виды являются убежищем для рыб (кораллы). Некоторые виды кишечнополостных поедают личинок и молодь рыб (гидра, медузы, гребневики). Многие из

кишечнополостных съедают большое количество зоопланктона. Так, в Азовском море массовое развитие медуз привело к активному выеданию планктона. Существуют паразитические кишечнополостные, которые поражают гонады осетровых рыб.

Черви имеют важное значение в питании рыб (круглые, мало- и многощетинковые). 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 двустворчатых моллюсков некоторые рыбы откладывают икру (горчак). Головоногие моллюски, кальмары и каракатицы являются хищниками и поедают рыб. Личинки двустворчатых моллюсков паразитируют на жабрах и плавниках рыб.

Иглокожие используются некоторыми рыбами в пищу (пестрая зубатка). Многие иглокожие поедают донных беспозвоночных, иногда молодь рыб (морские звезды, морские ежи).

Земноводные периодически поедаются хищными рыбами (сом, щука и др.). Некоторые земноводные уничтожают икру и молодь рыб (лягушки).

Пресмыкающиеся частично или полностью питаются рыбой (водяные змеи, крокодилы, черепахи).

Рыбоядные птицы поедают большое количество рыбы (чайки, гагары, бакланы, цапли и др.), являются окончательными хозяевами некоторых паразитических для рыб червей, чем способствуют распространению ряда заболеваний (лигулез).

Водные млекопитающие питаются рыбой (киты, ластоногие). Некоторые хищные рыбы (щука, сом, голец, таймень и др.) могут употреблять в пищу мелких наземных млекопитающих (мышей, землероек), некоторые виды (акулы, пирания) нападают на крупных млекопитающих.

#### **Вопросы к разделу:**

1. Роль одноклеточных организмов в жизни морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.
2. Взаимоотношения морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб с растениями, моллюсками и червями.
3. Взаимоотношения морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб с бактериями и вирусами.

**Тема 9. Значение ракообразных в жизни морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб. Влияние насекомых на морских, пресноводных, солоноватоводных рыб. Роль иглокожих в жизни рыб. Амфибии как объект питания рыб. Взаимосвязь между рыбами и рептилиями. Взаимоотношения птиц и рыб. Роль млекопитающих в жизни рыб.**

Ракообразные животные имеют большое значение в питании рыб. Ими питается молодь мирных и хищных рыб, а также большинство пелагических видов (сельдь, анчоус, скумбрия и др.). Некоторые ракообразные могут нападать на личинок рыб (циклопы). Некоторые виды являются промежуточными хозяевами паразитических червей.

Насекомые и их личинки являются важными пищевыми объектами рыб (хирономиды, ручейники, стрекозы и поденки).

Иглокожие используются некоторыми рыбами в пищу (пестрая зубатка). Многие иглокожие поедают донных беспозвоночных, иногда молодь рыб (морские звезды, морские ежи).

Земноводные периодически поедаются хищными рыбами (сом, щука и др.). Некоторые земноводные уничтожают икру и молодь рыб (лягушки).

Пресмыкающиеся частично или полностью питаются рыбой (водяные змеи, крокодилы, черепахи).

Рыбоядные птицы поедают большое количество рыбы (чайки, гагары, бакланы, цапли), являются окончательными хозяевами некоторых паразитических для рыб червей, чем способствуют распространению ряда заболеваний (лигулез).

Водные млекопитающие питаются рыбой (киты, ластоногие). Некоторые хищные рыбы (щука, сом, гольцы, таймень) могут употреблять в пищу мелких наземных млекопитающих (мышей, землероек), некоторые виды (акулы, пирания) нападают на крупных млекопитающих.

### Вопросы к разделу:

1. Значение ракообразных в жизни морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.
2. Влияние насекомых на морских, проходных, пресноводных, солоноватоводных рыб.
3. Роль иглокожих в жизни рыб.
4. Амфибии как объект питания рыб.
5. Взаимосвязь между рыбами и рептилиями.
6. Взаимоотношения птиц и рыб.
7. Роль млекопитающих в жизни рыб.

### **Тема 10. Размножение рыб. Развитие рыб. Размеры рыб. Рост рыб. Возраст рыб. Суточный ритм жизни рыб. Зимовка как звено жизненного цикла рыб. Спячка рыб. Питание рыб. Динамика стада рыб.**

#### Размножение и развитие рыб

Развитие организма представляет собой совокупность количественных и качественных изменений в результате взаимодействия организма со средой. В индивидуальном развитии рыб можно выделить ряд крупных отрезков – периодов, каждый из которых характеризуется общими для разных видов свойствами.

- I. Эмбриональный период – от момента оплодотворения яйца до перехода молоди на внешнее питание. Эмбрион питается за счёт желтка – запаса пищи, полученного от материнского организма. Этот период подразделяется на два подпериода:
  - 1) подпериод икринки, или собственно эмбриона, когда развитие происходит в оболочке;
  - 2) подпериод свободного эмбриона (предличинки), когда развитие идет вне оболочки.
- II. Личиночный период начинается с момента перехода на питание внешней пищей; внешний облик и внутреннее строение ещё не приняли формы взрослого организма. У личинок имеются специфические личиночные органы, которые в дальнейшем пропадают.
- III. Мальковый период – внешний облик близок к облику взрослого организма. Исчезают личиночные органы, появляются характерные для взрослых органы и

функции. Половые органы почти неразвиты. Энергетические ресурсы расходуются главным образом на рост. Вторичнополовые признаки обычно отсутствуют.

- IV. Период полувзрослого (неполовозрелого) организма: начинается более или менее быстрое развитие половых желез и вторично-половых признаков, но организм ещё не способен к размножению.
- V. Период взрослого (половозрелого) организма – состояние, при котором в определённый период года организм способен воспроизводить себе подобных; вторичнополовые признаки, если они свойственны данному виду, имеются. Энергия тратится преимущественно на развитие половой системы и создание запасов для поддержания жизнедеятельности во время миграций, зимовок, размножения.
- VI. Период старости – половая функция затухает; рост в длину прекращается или крайне замедляется.

В пределах подпериода или периода выделяют этапы. Теория этапности развития рыб разработана отечественными учеными школы академика А. Н. Северцова С. Г. Крыжановским и В. В. Васнецовым. На каждом этапе организм характеризуется специфическими приспособлениями к среде, т. е. определёнными особенностями строения, дыхания, питания, роста. На протяжении этапа организм растёт, но значительных изменений в его строении и отношениях со средой не происходит. При этом вырабатываются свойства, обеспечивающие переход к следующему этапу. Стадия обозначает любой данный момент развития.

Размножение – важнейший жизненный процесс, обеспечивающий существование вида. В органическом мире размножение может происходить двумя способами – бесполом и половым.

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, чебачок, окунь).

Некоторым видам рыб (серебряный карась *Carassius auratus gibelio*, молинизия *Molinisia 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 этом 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 (при специфическом ходе делений созревания).

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 происходит 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.

Плодовитость рыб много выше, чем у наземных позвоночных. Это приспособительное свойство вида к условиям существования. Количество икры, откладываемой разными видами, очень сильно варьирует – 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. ).

Сильнейшее влияние на плодовитость оказывает обеспеченность рыб пищей. У рыб одного размера плодовитость значительно выше в благоприятных условиях питания – в кормные годы, в разреженных популяциях. 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, несмотря на продолжающийся абсолютный рост.

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 180 тыс. шт./кг массы тела; этот показатель особенно удобен для сравнения, он четко показывает, как изменяется количество икры с ростом рыбы: до определённого 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.

Наступление половой зрелости у разных видов происходит в разном возрасте, причем во многих случаях самцы созревают на год раньше самок. Наиболее скороспелые промысловые рыбы, с коротким жизненным циклом (некоторые бычки, каспийская килька, хамса, снеток), созревают в годовалом возрасте. Рыбы с продолжительным жизненным циклом, например осетровые, становятся половозрелыми в 7–8 (севрюга), 12–13 (осетр) и даже 18–20 лет (белуга и калуга).

У рыб одного и того же вида половозрелость может наступать в разном возрасте, в зависимости прежде всего от температуры выращивания и наличия пищи. Карп в средней полосе созревает в возрасте 4–5 лет, в южных районах – в 2 года и затем нерестует 1 раз в год, в тропиках – на Кубе – в возрасте 6–9 месяцев и нерестует с полугодовым интервалом. У рыб одного вида ритм полового созревания в тропиках иной, чем в средней полосе. Обычно время наступления половой зрелости связано с достижением особью определённых размеров. Чем медленнее рыба растёт, тем позднее созревает. Соотношение



полов у разных видов изменчиво, но у большинства близко к 1: 1, кроме тех, у которых наблюдается гиногенез.

Вторичных половых признаков у большинства рыб нет, поэтому у них самки и самцы внешне не различаются. Однако половой диморфизм проявляется в различной величине самок и самцов: среди одновозрастных рыб самки бывают крупнее самцов, за исключением некоторых видов – мойвы, нерки, канального сома. Однако 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. У некоторых видов нашей фауны вторичные половые признаки выражены достаточно четко.

По срокам икротетания рыб нашей фауны разделяют на:

- а) весенне-нерестующих (сельди, радужная форель, щука, окунь, плотва, орфа);
- б) летне-нерестующих (сазан, карп, линь, краснопёрка);
- в) осенне-зимне-нерестующих (многие лососи, сиги, налим, навага).

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

Время нереста сильно варьирует в течение суток: лососи, налим, хамса обычно выметывают икру ночью, анчоус – вечером, карп нерестует чаще всего на зорях.

Изменения половых желез рыб в течение года (годовые половые циклы) проходят по одной схеме. Однако у разных видов имеются особенности в созревании и прежде всего в продолжительности разных стадий зрелости.

По продолжительности периода икротетания выделяют две группы рыб: с единовременным и порционным нерестом. У рыб единовременного икротетания икра откладывается сразу, единовременно: в короткий срок (одно утро) нерестуют 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 икротетании за сезон самка выметывает в 2–3 раза больше икры, чем при единовременном.

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

Существуют рыбы, которые хотя и не имеют резко выраженного порционного икротетания, 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 нерестуют порционно, в северной – единовременно (лещ, карп).

Порционное икрометание способствует увеличению плодовитости рыб и обеспеченности потомства пищей, а также лучшей выживаемости молоди в неблагоприятных условиях обитания. Например, в водоемах с колеблющимся уровнем значительно больше видов рыб с порционным нерестом.

Выметанные икринки у подавляющего большинства рыб шаровидны, 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 варьируют: у некоторых сельдей, камбал икринки имеют менее 1 мм в диаметре, у акул – до 8–9 см и выше, причем они увеличиваются по мере продвижения вида к северу и на глубины.

#### **Вопросы к разделу:**

1. Размножение рыб.
2. Развитие рыб. Размеры рыб.
3. Рост рыб. Возраст рыб. Суточный ритм жизни рыб.
4. Зимовка как звено жизненного цикла рыб. Спячка рыб.
5. Питание рыб. Динамика стада рыб.

#### **Тема 11. Миграции рыб. Нерестовые миграции. Кормовые миграции. Зимовальные миграции. Закономерности распределения рыб в водоёмах земного шара. Значение рыбы в жизни человека. Биологические основания рационального рыбного хозяйства.**

Жизненный цикл рыб от момента оплодотворения до естественной смерти включает ряд периодов:

1. Эмбриональный (зародышевый) - от момента оплодотворения яйца до момента перехода особи на внешнее питание, эмбрион питается за счет желтка, полученного от материнского организма. Включает 2 подпериода: собственно эмбриональный - развитие внутри яйцевой оболочки и предличиночный (свободного эмбриона) - развитие вне оболочки.
2. Личиночный период характеризуется переходом на внешнее питание с сохранением личиночных органов и признаков. Плавниковая складка не дифференцирована на зачатки парных и непарных плавников.
3. Мальковый – внешнее строение организма приобретает сходство с взрослым. Непарная плавниковая складка дифференцируется на плавники. Закладывается чешуя, начинается дифференциация пола, но половые органы неразвиты.
4. Ювенальный (юношеский) период характеризуется усиленным развитием половых желез, но рыбы еще неполовозрелые. Начинают развиваться вторичные половые признаки (если они имеются).
5. Период взрослого организма - с момента наступления половой зрелости. Рыбы обладают всеми признаками, характерными для полностью сформировавшегося организма.
6. Старческий период характеризуется замедлением роста или его прекращением. Рыба теряет способность размножаться.

#### Миграции

Миграции рыб - это периодические массовые их перемещения. Знание сроков и направлений миграций, закономерностей, которым они подчиняются, имеет важное практическое значение.

Оседлый образ жизни ведут немногие рыбы (рыбы коралловых рифов, некоторые бычки и др.). У большинства рыб миграции представляют собой определенные звенья жизненного цикла, неразрывно связанные между собой.

Различают горизонтальные и вертикальные миграции.

Горизонтальные миграции могут быть пассивными и активными.

При пассивных миграциях икра и личинки выносятся течениями из районов нереста в районы нагула. Так, икра и личинки атлантической трески, нерестящейся около Лофотенских островов (Норвегия) дрейфуют в струях Гольфстрима в Баренцево море; личинки европейского угря из Саргассова моря дрейфуют в течение 2,5-3 лет к берегам Европы и т.д.

Активные миграции в зависимости от цели бывают:

- 1) нерестовыми;
- 2) кормовыми;
- 3) зимовальными.

Протяженность миграций значительно колеблется. Одни виды совершают небольшие перемещения (камбала), другие могут мигрировать на тысячи километров (угорь, лосось). Нерестовые миграции (перемещения от мест нагула или зимовки к местам нереста). У полупроходных рыб различают миграции:

- 1) анадромные, рыбы идут на нерест из морей в реки (лососи, осетровые и др.);
- 2) катадромные - из рек в море (речной угорь, некоторые виды бычков, галаксиевые рыбы).

В процессе эволюции у некоторых проходных рыб произошла внутривидовая дифференциация, что привело к образованию сезонных рас - озимых и яровых (речная минога, атлантический лосось, некоторые осетровые и др.). Рыбы яровой расы входят в реки с развитыми гонадами незадолго до нереста, а озимой расы - осенью с неразвитыми половыми продуктами, проводят в реке от нескольких месяцев до года и размножаются на следующий год. У озимых рас нерестовые миграции совмещены с зимовальными.

Во время нерестовых миграций рыбы обычно не питаются или питаются слабо, а необходимые энергетические ресурсы для передвижения и развития половых желез рыбы накапливают заранее в виде жира.

Причины анадромных миграций связаны прежде всего с тем, что в пресных водах условия размножения и выживаемость икры и личинок более благоприятны, чем в море.

Многие морские и пресноводные виды совершают нерестовые миграции к берегам (треска, атлантическая сельдь, сиговые и др.), а некоторые из них для икрометания отходят на большие глубины (морская камбала, большеглазый зубан).

Кормовые миграции (перемещения от мест размножения или зимовки к местам нагула). У многих рыб кормовые миграции начинаются уже на стадии икринки. Перенос пелагических икринок и личинок от мест нереста к местам нагула представляет собой пассивную кормовую миграцию. Большое количество икринок и личинок пресноводных рыб сносится в реках течениями от нерестилищ в озера для нагула (сиговые и др.).

Полициклические рыбы после размножения совершают кормовые миграции различной протяженности. Атлантический лосось и осетровые после размножения в реках уходят для

нагула в море. Атлантическая сельдь нерестится у берегов Норвегии, после размножения мигрирует на откорм в район Исландии и далее на север. Иногда кормовые миграции совмещаются с нерестовыми (азовская хамса).

Зимовальные миграции (перемещения от мест размножения или нагула к местам зимовки). Зимовальную миграцию начинают рыбы, физиологически подготовленные, достигшие определенной упитанности и жирности. Так, хамса Азовского моря после нагула осенью мигрирует в Черное море и зимует на глубине 100-150 м. Зимовальная миграция может начаться только при накоплении рыбой достаточного количества жира (не менее 14%). Рыбы, не подготовленные к миграции, продолжают кормиться и не мигрируют.

У проходных рыб зимовальные миграции нередко являются началом нерестовых. Озимые формы некоторых из них после нагула в море осенью заходят в реки, и в них зимуют (речная минога, осетровые, атлантический лосось и др.). Некоторые виды обитающие в Волге при осеннем похолодании мигрируют в низовья реки и залегают в ямы (лещ, сазан, сом, судак).

Помимо горизонтальных миграций рыбам свойственны вертикальные миграции. Нерестовые вертикальные миграции совершает байкальская голомянка, которая перед выметом личинок всплывает с глубины около 700 м в поверхностные слои воды и после размножения погибает.

Многие морские и пресноводные виды совершают суточные вертикальные миграции, перемещаясь вслед за кормовыми объектами (сельдь, килька, шпрот, скумбрия, ставрида, ряпушка и др.). Молодь многих видов рыб также мигрирует по вертикали, следуя за кормовыми организмами.

Многие пелагические рыбы зимой опускаются в более глубокие и менее охлажденные слои, чем при нагуле и образуют крупные малоподвижные скопления (сельди, азовская хамса и др.).

Знание закономерностей миграций рыб имеет важное значение при организации рационального промысла. Одним из методов изучения миграций является мечение. Мечение может быть индивидуальным (каждая метка имеет свой номер) и групповым (всех рыб метят одинаково). Мечение позволяет изучить пути миграций, определить скорость движения рыбы, численность популяции, эффективность рыбоводных работ.

Современное распределение рыб в водоемах земного шара определяется как современными условиями их жизни, так и их историей. В прошлые геологические эпохи происходило исчезновение одних и появление других видов.

Воды, в которых обитают рыбы, занимают три четверти поверхности планеты. Условия обитания рыб значительно различаются. Виды приспособились к существованию в определенных условиях.

Основными факторами географического распространения рыб являются: геологические изменения морей и континентов, глубины, температура, соленость, газовый режим водоемов.

На континентах на распространение рыб существенно влияют механические преграды (горы, участки суши и т.д.), в океанах – материки, экологические факторы (температура, соленость, глубины и др.).

В настоящее время хозяйственная деятельность человека влияет на естественные границы географического распространения рыб. Так, в результате акклиматизации в

Белом море появилась горбуша (дальневосточный вид), в Каспийском море – азовская кефаль и т.д. Интенсивный промысел снизил численность и уменьшил ареал некоторых промысловых видов (перуанский анчоус, многие виды камбал и т.д.).

Распределение рыб в водоемах носит зональный характер. Различают географическую (широтную) зональность и изменение жизни по глубинам.

Условия жизни рыб в прибрежных зонах морей, открытых частях и на больших глубинах существенно различаются.

Прибрежная зона является районом повышенной продуктивности. Здесь обитает молодь различных видов рыб, типичными представителями являются донные виды (бычки, камбала, морские караси и др.). В пределах материковой отмели (7,4% акватории Мирового океана) добывают около 80% всего мирового улова рыбы.

Фауна поверхностных вод океана (глубины до 200 м) отличается меньшим разнообразием по сравнению с прибрежной зоной, однако численность некоторых видов значительно выше. Среди многих пелагических видов, как мирных, так и хищных, выражен стайный образ жизни (сайра, тунцы, летучие рыбы и др.).

Глубоководная ихтиофауна разнообразна (около 2 тыс. рыб) и состоит из планктофагов (светящийся анчоус, батилаги), бентофагов и хищников (алепизавр, большерот и др.).

Их разделяют на 2 группы:

1) истинно глубоководные – имеют специальные приспособления для жизни на глубинах: органы свечения, телескопические глаза и т.д., обитатели больших глубин (сельдеобразные, угреобразные, трескообразные);

2) шельфоглубоководные – не имеют специальных приспособлений для жизни на глубинах, встречаются в основном в пределах склона, не опускаются на глубины (окунеобразные, камбалообразные).

Глубоководная фауна количественно наиболее богата в верхних слоях батии (от 200 до 3000 м), с глубиной обеспеченность пищей снижается и уменьшается общая биомасса рыб.

Широтная зональность в распределении глубоководной ихтиофауны выражена очень слабо.

Основная закономерность географического зонального распределения рыб – это увеличение числа видов от высоких широт к низким. Так, в Белом море насчитывается около 50 видов рыб, в Черном – 180 видов, в Средиземном – 375 видов.

В целом рыбы распределяются по отдельным зоогеографическим областям, которые в свою очередь разделяются на подобласти.

Географическая или широтная зональность морской ихтиофауны в первую очередь связана с климатическими различиями высоких и низких широт (степенью прогреваемости океанических вод).

Широтная зональность океанических вод может нарушаться под влиянием течений. Так, теплые течения позволяют продвинуться на север тепловодной фауне и, наоборот, холодные течения – на юг холодноводной фауне.

В континентальных водоемах большое значение в распределении ихтиофауны имеет течение воды. Верховья рек, как правило, населены реофильными видами, приспособленными к обитанию в быстром потоке воды (форель, голянь, подкаменщик). В нижних участках с медленным течением обитают типично озерно-речные виды (лещ,

окунь, судак). В эстуарных участках рек, помимо пресноводных, встречаются солоноватоводные рыбы (речная камбала, бычки, колюшка). Кроме жилых рыб в ихтиофауне рек существенную роль играют проходные рыбы (лосось и др.).

Закономерности распределения рыб в крупных озерах схожи с таковыми в морях (донные, пелагические и др. виды), в озерах отсутствует глубоководная ихтиофауна (исключение оз. Байкал).

Пресноводная ихтиофауна разделена на зоогеографические области, значительно отличающиеся по составу ихтиофауны. По данным Л.С.Берга и Ф. Дарлингтона, существуют следующие области: Палеарктическая (Евразия), Неоарктическая (Северная Америка), Амурская, Китайско-Индийская (Сино-Индийская), Африканская (Эфиопская), Австралийская и Южно-Американская.

#### **Вопросы к разделу:**

1. Миграции рыб.
2. Нерестовые миграции.
3. Кормовые миграции.
4. Зимовальные миграции.
5. Закономерности распределения рыб в водоёмах земного шара.
6. Значение рыбы в жизни человека.
7. Биологические основания рационального рыбного хозяйства.

#### **Методические указания к подготовке самостоятельной работе по дисциплине**

Вопросы для самоконтроля, приводимые по каждой теме, обращают внимание обучающихся на наиболее важные моменты изучаемой темы. Большинство этих вопросов, так или иначе, включены в контрольные работы. Рекомендуется дополнять лекционный материал ответами на эти вопросы.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### *Основная литература*

1. Никоноров, И. В. Экология и рыбное хозяйство / И. В. Никоноров. - Москва : Экспедитор, 1996. - 256 с. : рис.,табл. - (Библиотека МГТУ 25 экз.)
2. Никольский, Г. В. Экология рыб / Г. В. Никольский. - Москва : Высш. шк., 1961. - 334, [1] с. (Библиотека МГТУ 2 экз.)

### *Дополнительная литература*

1. Дроздов В.В. Колебания климата и донные рыбы Балтийского моря [Электронный ресурс]: монография/ Дроздов В.В., Смирнов Н.П.— Электрон. текстовые данные.— Санкт-Петербург: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2008.— 249 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17920.html>. — ЭБС «IPRbooks»
2. Скопичев В.Г. Сравнительная анатомия рыб [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Скопичев В.Г.— Электрон. текстовые данные.— Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2017.— 224 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35798.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Пономарев С.В. Лососеводство: Учебник для вузов и средних профессиональных учебных заведений. – Москва: Моркнига, 2012. - 546. (Библиотека МГТУ 24 экз.)
4. Журавлёва Н.Г. Биоэкологические аспекты защитных реакций рыб и беспозвоночных / Н.Г. Журавлёва, Г.Г. Матишов, О.Н. Оттесен, Е.Е. Минченоч. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2013. - 259 с.: ил. (Библиотека МГТУ 9 экз.)

### **Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет»**

#### **Электронно-библиотечные системы**

Электронный каталог библиотеки МГТУ с возможностью ознакомиться с печатным вариантом издания в читальных залах библиотеки <http://library.mstu.edu.ru/MegaPro/Web>  
 Электронно-библиотечная система «IPRbooks» – <http://iprbookshop.ru/>

#### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы (ежегодно обновляемые):**

1. Электронная база данных ЭБД «EBSCO» – <http://search.ebscohost.com/>