

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.04 Ихтиология

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	6
4. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	7
5. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	49

## 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 «Ихтиология» для аспирантов очной формы обучения составляет 180 часов, в том числе 94 часа для самостоятельной работы.

Цель дисциплины «Ихтиология»: овладение знаниями теории и практики современного рыбоводства, основными технологическими приемами и методами разведения и выращивания рыб.

Задачи дисциплины «Ихтиология»:

изучить:

- биологию (внешнее и внутреннее строение рыб);
- экологию (влияние абиотических и биотических факторов на рыб);
- питание, размножение, эволюцию и систематику рыб;
- влияние антропогенного воздействия на рыб.

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.	Компетенция реализуется в части: «Владение системой фундаментальных... знаний в области ихтиологии»	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы анатомии, систематики, строения, жизнедеятельности и биоразнообразие рыб.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- идентифицировать основные группы рыб;</li> <li>- оценивать физиологическое состояние рыб;</li> <li>- определять биологические параметры популяций рыб, а также этапы и стадии развития рыб.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками использования методических указаний по сбору и обработке ихтиологического материала.</li> </ul>
2.	ПК-3. Способность адаптировать результаты современных исследований в области ихтиологии для решения актуальных проблем, возникающих в деятельности организаций и предприятий.	Компетенция реализуется в части: «Способность адаптировать результаты современных исследований в области ихтиологии для решения актуальных	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- роль ихтиофауны в функционировании водных экосистем.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- адаптировать результаты современных исследований в области ихтиологии.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами идентификации промысловых рыб;</li> <li>- методами оценки биологических параметров рыб.</li> </ul>

		проблем...»	
3.	ПК-4. Готовность осуществлять научно-исследовательскую и педагогическую деятельности в области ихтиологии.	Компетенция реализуется в части: «Готовность осуществлять научно-исследовательскую... в области ихтиологии»	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- как производить вскрытие рыбы, определить пол, стадию зрелости, отметить состояние внутренних органов.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- на основании практического исследования конкретного объекта давать его разностороннюю характеристику.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками научно-исследовательской, научно-производственной работы.</li> </ul>

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Наименование тем	Объём работы для очной формы, час
<b>5 семестр</b>	
1. Предмет и содержание ихтиологии.	6
2. Общая ихтиология.	8
3. Внутреннее строение рыб.	6
4. Биология рыб.	8
5. Размножение.	6
6. Методы оценки и значение изучения биологических показателей.	6
7. Экология рыб.	6
8. Основные формы биотических отношений.	6
<b>6 семестр</b>	
9. Класс хрящевые рыбы.	4
10. Класс костные рыбы.	4
11. Подкласс лучеперые.	4
12. Костистые рыбы (Teleostei).	6
13. Отряд Лососеобразные (Salmoniformes).	6
14. Рыбоводство в естественных водоемах.	6
15. Выращивание рыбы в плавучих садках.	6
16. Правовая охрана рыбных ресурсов на внутренних водоемах страны.	6
<b>Итого:</b>	<b>94</b>

### **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ С КОСПЕКТОМ 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**

### **Раздел 1.**

**Предмет и содержание ихтиологии. Краткая история предмета. Совокупность проблем и задач современной рыбохозяйственной науки. Место рыб в системе позвоночных животных.**

**Ихтиология** – наука о рыбах ( с греч. «ихтиос» - рыба, «логос» - учение, наука ). Рыбы – наиболее многочисленная группа позвоночных животных, насчитывающая около 20 000 видов. С давних времён и до наших дней лов рыбы имеет первостепенное значение в жизни и экономике многих народов. Не случайно поэтому, что развитие ихтиологии тесно связано с развитием рыбной промышленности. Основной задачей ихтиологии является научное обоснование рационального ведения рыбного хозяйства, обеспечивающего планомерную работу рыбной промышленности.

**Ихтиология** выделилась из зоологии позвоночных животных. Обособление её как самостоятельной биологической дисциплины произошло раньше, чем других сходных дисциплин, вследствие большого значения объекта исследования и необходимости разработки специфических методов его изучения. Согласно Л. С. Бергу под ихтиологией понимают естественную историю рыб. Ихтиология изучает внешние признаки и внутреннее строение рыб (морфологию и анатомию), отношение рыб к внешней среде – неорганической и органической (экологию, иногда называемую биологией), историю развития – индивидуальную (эмбриологию) и историю развития видов, родов, семейств, отрядов и т. д. (эволюцию и филогению), наконец, географическое распространение рыб (зоогеографию). Ихтиология тесно связана с гидрологией и гидробиологией, изучающими физические условия обитания гидробионтов и их экологию, т. е. абиотические и биотические условия среды обитания. Развитие ихтиологии способствовало выделению из неё отдельных разделов или дисциплин: эмбриологии, физиологии, биохимии, поведения и болезней рыб, сырьевой базы рыбной промышленности, селекции и гибридизации рыб, прудового рыбоводства и рыбоводства в естественных водоёмах. Изучение рыб как низших позвоночных даёт возможность проследить за эволюцией животного мира. На их примере видно, как хорда превращается в позвоночник, двухкамерное сердце – в трёхкамерное и т. д. Значительное накопление знаний о рыбе позволило выделить из ихтиологии ряд самостоятельных разделов или дисциплин: физиологию рыб, экологию рыб, эмбриологию и сырьевую базу рыбной промышленности.

#### ***Вопросы к разделу***

1. История развития ихтиологии.
2. Краткая характеристика основных современных направлений в ихтиологии.
3. Значение рыбы в народном хозяйстве.

### **Раздел 2.**

**Общая ихтиология. Внешнее строение и форма тела рыб. Кожа и ее производные, их строение и роль. Особенности внутреннего скелета и мускулатуры рыб.**

Особенности внешнего строения, скелета и мускулатуры определяются приспособлением к водному образу жизни. Рассмотрим их на примере окуня. Тело его обтекаемое, сжато с боков и делится на три отдела: голову, туловище и хвост. Границей между головой и туловищем является задний край жаберной крышки, между туловищем и хвостом - анальное отверстие.

На голове находится ротовое отверстие, над ним пара ноздрей и пара глаз. На туловище расположен непарный спинной плавник, по паре грудных и брюшных

плавников. В хвостовом отделе непарные хвостовой и подхвостовой плавники. Впереди последнего расположены анальное и мочевыделительное отверстие. С боков, по средней линии тела, видны многочисленные отверстия канала боковой линии.

Тело окуня покрыто кожей с костными чешуями. Кожа двуслойная, эпителий многорядный с большим количеством одноклеточных слизистых желез. Слизь защищает кожу от проникновения болезнетворных микроорганизмов, а также уменьшает трение тела при движении в воде. Чешуи располагаются правильными рядами и выполняют защитную функцию. Передним краем их пластинки погружены в кожу, а задним накладываются на чешуи следующего ряда. Сверху они покрыты эпителием. Наличие пигментных клеток в эпителии определяет более темную окраску покрова на спинке и разбивку на полосы сбоку. Брюшная сторона светлая. Покровительственная окраска у окуня делает его незаметным среди водной растительности, скрывая и от врагов и от жертв.

Скелет рыб состоит из черепа, позвоночного столба, скелета непарных и парных плавников. По характеру образующей его соединительной ткани может быть хрящевым или костным. Позвоночный столб образует осевой скелет. Он состоит из 39-42 позвонков и подразделяется на туловищный и хвостовой отделы. Позвонки соединяются друг с другом суставными отростками. Каждый позвонок имеет двояковогнутое тело, от которого отходят верхние и нижние дуги. Верхние дуги срастаются друг с другом заканчиваются остистым отростком и образуют спинномозговой канал. К нижним дугам туловищного отдела прикрепляются рёбра. В хвостовом отделе они срастаются, образуя канал спинной аорты, и имеют остистые отростки. Череп делится на мозговой и жаберно-челюстной отделы. Мозговой череп образован множеством костей. В нём помещается головной мозг, органы обоняния, зрения, слуха. Жаберно-челюстной отдел состоит из челюстной, подъязычной и жаберных дуг, а также жаберной крышки. Скелет непарных плавников образован костными лучами. Пояс грудных плавников образован лопаткой и вороньей костью, а брюшных - костной пластинкой. Скелет свободной части грудных и брюшных плавников образован костными лучами. Парные плавники рыб являются гомологами конечностей наземных позвоночных.

Мышечная система туловищного и хвостового отделов состоит из сегментов, отделяющихся друг от друга соединительнотканными перегородками. Но есть уже и специализированные группы мышц. Это мышцы челюстного аппарата, жаберной крышки, парных плавников, глаз. Полость тела вторичная.

### ***Вопросы к разделу***

1. Совокупность проблем и задач современной рыбохозяйственной науки.
2. Многочисленность, многообразие, геологический возраст.
3. Внешнее строение и форма тела рыб.
4. Кожа и ее производные, их строение и роль.

### **Раздел 3**

**Внутреннее строение рыб. Общие принципы организации кровеносной и дыхательной систем. Строение и функционирование пищеварительной системы. Выделительная и воспроизводительная системы. Нервная система и органы чувств.**

***Пищеварительная система*** начинается ротовым отверстием, ведущим в ротовую полость. На челюстях, нёбе, сошнике окуня располагаются мелкие зубы. Все зубы однотипные, конической формы и служат для удержания пищи. Слюнные железы отсутствуют. Из ротовой полости пища попадает в глотку, которая прободена пятью парами жаберных щелей, а затем в пищевод и желудок. Из желудка частично переваренная пища поступает в тонкую кишку. В просвет её открываются протоки поджелудочной железы и печени. Начальный отдел тонкой кишки имеет несколько слепо



замкнутых выпячиваний. Они увеличивают всасывающую поверхность кишечника. Кишечник открывается наружу анальным отверстием.

Над кишечником в брюшной полости на спинной стороне у многих видов рыб имеется тонкостенный вырост кишки - плавательный пузырь. Он заполнен газом и выполняет гидростатическую функцию. Стенки пузыря оплетены сетью капиллярных сосудов, через которые кровь выделяет или поглощает газы, заполняющие пузырь. При расширении пузыря удельный вес рыбы уменьшается, при сжатии - увеличивается. Это позволяет ей, не затрачивая мышечной энергии, удерживаться на любой глубине, облегчает погружение и подъем к поверхности.

**Кровеносная система** замкнутая, сердце двухкамерное, состоит из предсердия и желудочка. К предсердию прилежит венозная пазуха, а желудочек переходит в луковичку аорты. Круг кровообращения один. Венозная кровь из желудочка через луковичку направляется в брюшную аорту, которая ветвится на 4 пары приносящих жаберных артерий. Проходя через жабры, венозная кровь отдаёт углекислый газ, обогащается кислородом. Артериальная кровь из жабер собирается в спинную аорту, идущую вдоль тела под позвоночником. От неё отходят артерии к внутренним органам. Венозная кровь собирается по венам в венозный синус откуда поступает в предсердие.

**Органы дыхания** - четыре пар жабер. Жабра состоит из жаберной дуги, жаберных лепестков и жаберных тычинок. Жаберная дуга выполняет опорную функцию. Жаберные тычинки выполняют функции цедильного аппарата, задерживающего взвешенные в воде пищевые частицы. Жаберные лепестки располагаются на выпуклой стороне дуг в два ряда. Внутри лепестков проходят капилляры жаберных артерий. Кислород, растворенный в воде, поступает через стенки жаберных лепестков в кровь, а углекислота из крови в воду.

Акт дыхания производится движением жаберных крышек. При поднимании жаберных крышек в околожаберной полости возникает разрежённое пространство. В результате вода из ротоглотки проходит через жаберные щели, омывая жаберные лепестки. При опускании крышки вода сквозь жаберное отверстие выталкивается наружу.

**Органы выделения** - пара лентовидных первичных почек, расположенных над плавательным пузырём. Продукты обмена фильтруются непосредственно из крови. Моча по паре мочеточников выводится в мочевой пузырь, который открывается наружу мочевыделительным отверстием. Конечным продуктом белкового обмена является у большинства пресноводных рыб аммиак. Для его удаления из организма требуется большое количество воды. Её потери быстро восполняются за счёт осмоса через кожу, жабры, т.к. внутренняя среда тела рыб гипертонична по отношению к пресной воде. У морских рыб в связи с солёностью воды и изотоничностью ее тканевой жидкости, осмосе ее невозможен. Поэтому в процессе белкового обмена образуется мочевины, удаление которой из организма требует меньшего количества воды.

**Нервная система** состоит из головного, спинного мозга и идущих от них периферических нервов. Головной мозг представлен пятью отделами: передним, промежуточным, средним, продолговатым мозгом и мозжечком. Передний мозг небольшой, крыша его не содержит серого вещества. От переднего мозга отходят небольшие обонятельные доли. Наиболее развиты у рыб средний мозг и мозжечок. Средний мозг является высшим зрительным центром. Здесь оканчиваются волокна зрительного нерва и происходит обработка воспринимаемой информации. Мозжечок регулирует мышечный тонус, сохранение равновесия, координацию движений. От головного мозга отходят десять пар черепно-мозговых нервов.

Спинной мозг лежит в спинномозговом канале. От него между каждой парой дуг позвонков отходят вправо и влево спинномозговые нервы к мышцам тела и плавников. Спинномозговые нервы смешанные - двигательные - чувствительные.

**Органы чувств** разнообразны и имеют некоторые особенности строения в связи с водным образом жизни.

**Органы зрения** представлены парой глаз, расположенных по бокам головы. Глаза не имеют век. Роговица их плоская, хрусталик шаровидный, что позволяет видеть только близко расположенные предметы. Аккомодация достигается приближением или удалением хрусталика от сетчатки, которая содержит и палочки и колбочки.

**Орган слуха** и равновесия представлен только внутренним ухом, перепончатый лабиринт которого заключён в скелетный лабиринт. Внутреннее ухо состоит из системы полукружных каналов и преддверия. Звуковые волны проводятся к рецепторам слуха, находящимися в преддверии, через кости черепа. Органы обоняния развиты хорошо и представлены парой обонятельных мешочков, внутри которых находятся обонятельные клетки. Мешочки открываются наружу ноздрями. Обоняние играет важную роль в поиске пищи, половых партнёров.

**Органы вкуса** представляют собой мелкие вкусовые почки, которые располагаются не только в ротовой полости, но разбросаны по всей наружной поверхности кожи.

**Органы осязания** представлены чувствительными рецепторами, залегающими в коже.

Особым органом чувств у рыб является **боковая линия**. Она представляет собой два канала, лежащие по бокам тела. Каналы сообщаются с внешней средой с помощью многочисленных отверстий, прободающих чешуи. На дне каналов лежат чувствительные клетки, воспринимающие изменение направления и силы течения воды, её давления. С помощью боковой линии рыбы воспринимают отражённые от водных предметов волны. Этот орган обеспечивает им совершенную ориентацию в воде в ночное и дневное время.

#### **Вопросы к разделу**

1. Особенности внутреннего скелета и мускулатуры рыб.
2. Характеристика внутреннего строения рыб.
3. Общие принципы организации кровеносной и дыхательной систем у рыб.
4. Строение и функционирование пищеварительной системы.
5. Выделительная и воспроизводительная системы рыб.
6. Нервная система и органы чувств у рыб.

#### **Раздел 4.**

**Биология рыб. Размеры, возраст и рост рыб, их питание, упитанность, жирность. Классификация рыб по характеру питания. Смена типа питания в онтогенезе.**

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 питается экзогенно. Однако у всех рыб питание в начальный период жизни – развитие в икринке и сразу после вылупления эмбриона – происходит за счёт запасов желтка и жира в желточном мешке (эндогенное питание). 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 их длительных передвижениях от мест нагула к местам нереста (осетровые, лососи, некоторые сельди, угри) и созревание 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.

Соотношение этих двух форм питания у разных видов различно. По разнообразию пищи среди рыб различают монофагов (потребляющих пищу одного вида), стенофагов (набор пищевых объектов невелик) и эврифагов (пища разнокачественна).

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

Мирные рыбы могут питаться беспозвоночными, растительностью и детритом. Сюда относятся мирные животоядные: планктонофаги, (сельди, некоторые сиги) и бентософаги (лещ, некоторые сиги); фитофаги (краснопёрка, растительноядные дальневосточные карповые – толстолобик, белый амур, амурский лещ); детритофаги (закаспийская храмуля).

Хищники питаются рыбой, а при случае даже другими позвоночными. 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.

Приспособленность разных видов рыб к определённому виду пищи четко проявляется в строении пищеварительного тракта – рот, жаберный аппарат, глотка, кишечник. Смена пищи на протяжении онтогенеза сопровождается морфофизиологическими изменениями.

Изменение характера питания обусловлено рядом биотических и абиотических факторов: возрастом, полом, степенью зрелости, состоянием здоровья, сезоном года и т. д.

#### Возрастные особенности питания рыб.

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 других – 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 ещё 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 – белый толстолобик, высшие растения – краснопёрка, белый амур и др. ), становятся бентосоядными (сазан, линь, карп и т. д. ) или рыбадыными (щука, окунь, судак и др. ); набор пищевых объектов по мере роста рыб расширяется.

Например, вобла начинает питаться мелким фито- и зоопланктоном, затем использует зоопланктон более крупный, далее переходит к бентосным организмам – главным образом личинкам хирономид, а став взрослой, питается преимущественно моллюсками. Соответственно возрастные изменения происходят в строении пищеварительного тракта.

#### Интенсивность питания.

Для каждого вида рыб характерны свои температурные границы, в которых питание происходит наиболее интенсивно, ослабевает или прекращается. Очень сильно влияет на интенсивность питания состояние рыбы — упитанная рыба питается менее интенсивно, чем истощенная: годовики карпа после зимнего голодания питаются гораздо активнее, чем сеголетки в конце лета. При определении интенсивности питания учитывают количество пищи, которое находится в пищеварительном тракте в данный момент, суточную ритмику питания и скорость продвижения пищи по тракту.

Индекс наполнения может быть общим, если учитывается масса всего пищевого комка, или частным, если определяют долю какого-то компонента. Индексы потребления

пищи, например, у личинок плотвы колеблются от 0 до 142%; на более поздних этапах максимальные индексы превышают минимальные в 3-10 раз.

В течение суток рыбы питаются неравномерно. Промежутки активного питания чередуются с периодами ослабления или даже прекращения потребления пищи. Определенные суточные ритмы обнаруживаются уже на самых ранних этапах развития. На этапе смешанного питания периоды интенсивного поглощения пищи чередуются с периодами полного прекращения питания (ночью). В дальнейшем полного опорожнения кишечного тракта ночью не наблюдается, но интенсивность питания снижается.

Суточная ритмика питания определяется биологическими особенностями самой рыбы и качеством и поведением пищевых объектов. У мирных рыб, особенно планктоноядных, перерывы в питании невелики, у хищных они могут длиться больше суток. Суточные ритмы питания многих карповых рыб имеют в большинстве случаев два максимума — утром и вечером. В неблагоприятных условиях, при резких сдвигах температуры, отсутствии пищи — суточные ритмы могут нарушаться. На интенсивности питания рыб отражаются также суточные миграции основных объектов питания — планктонных организмов, личинок хирономид, бокоплавов и т. д.

**Размеры рыб** существенно различаются и специфичны для каждого вида. Самые маленькие рыбки, крошечные бычки, населяющие воды Филиппинских островов, достигают половой зрелости при длине тел 7,5-14 мм. Некоторые представители океанических акул достигают длины более 20 м и массы 15 т (китовая акула), гигантская акула достигает длины 15 м и массы 4 т. Из промысловых рыб внутренних водоемов наиболее крупными рыбами являются осетровые - белуга и калуга, длина которых иногда превышает 4 м, масса - 1 т.

Рост рыбы – это увеличение ее биологических показателей за определенный промежуток времени. У рыб различают линейный рост (увеличение длины тела) и рост массы тела.

Рост массы тела сильнее подвержен колебаниям в зависимости от условий питания, чем линейный. В прудовом рыбоводстве основным показателем эффективности выращивания рыбы является рост массы тела рыб.

Особенностью рыб является постоянный рост, который не прекращается в течение всей жизни. Рыба растет неравномерно в течение жизни. Обычно до наступления половой зрелости рыбы растут быстрее. Пища используется главным образом на линейный прирост (продуцирующая пища). Поэтому в первые годы жизни идет наиболее быстрое нарастание линейных размеров. После наступления половой зрелости темп линейного роста снижается, а прирост массы нередко даже возрастает. Значительная часть потребляемой пищи расходуется на образование половых продуктов и резервных веществ для миграций, зимовки и т.д. Доля продуцирующей пищи уменьшается, увеличивается доля поддерживающей пищи (на поддержку жизнедеятельности организма). В период старения организма линейный рост сильно замедляется, пища расходуется главным образом на поддержание жизненных процессов.

У большинства рыб самцы растут медленнее самок.

**Рост рыб** в течение года неравномерен. Для обитателей северного и южного полушарий быстрый темп роста рыб характерен для периода интенсивного питания, что соответствует теплomu периоду года, замедление (или прекращение) роста имеет место в зимний период.

На скорость роста рыб значительное влияние оказывают условия внешней среды (температура, освещенность, газовый режим, плотность населения водоема, кормовые ресурсы и др.). Каждому виду рыб свойственны оптимальные температуры, при которых наиболее интенсивно происходит процесс обмена веществ. Большое значение для роста рыб имеют количество и доступность корма. Рост рыб одного и того же вида в различных водоемах, отдельных его популяциях и различных поколений одной и той же популяции может значительно различаться. Так, лещ в северных водоемах растет намного медленнее,

чем на юге, где период питания более продолжительный. Темп роста леща существенно отличается в Азовском и Каспийском морях, так как кормовые ресурсы в Азовском море лучше.

В то же время темп роста рыб в одном и том же водоеме может существенно изменяться в зависимости от многих факторов (гидрологических условий, количества и качества пищи, а также численности популяции или отдельных поколений рыб).

Резко меняется темп роста в связи с изменением условий обитания и характера питания рыб. Так, атлантический лосось в первые годы жизни в реке питается в основном личинками насекомых и растет очень медленно. Скотившись в море, лосось переходит на питание рыбой и резко увеличивает темп роста.

При ухудшении условий питания имеет место не только замедление роста, но и увеличение изменчивости роста, так в одновозрастной группе оказываются особи разного размера. Такое расхождение в росте позволяет более полно использовать кормовые ресурсы водоемов. У мелких и крупных особей спектр питания различается. При улучшении условий питания рост рыб выравнивается, рыбы переходят на питание сходным кормом.

Важным фактором, влияющим на рост, является промысел, который способен уменьшать численность популяции и создавать лучшие условия для откорма невыловленных рыб, что приводит к увеличению темпа роста. Перенаселение водоемов рыбой может приводить к снижению темпа ее роста.

На скорость роста рыб влияют также различные заболевания.

**Продолжительность жизни рыб.** Продолжительность жизни рыб различна. Некоторые виды, населяющие пресные воды Африки и Южной Америки, живут несколько месяцев и достигают половой зрелости уже на 2-3-м месяце жизни (афиосемион, цинолебия и др.), возраст некоторых осетровых рыб может достигать 100 лет (белуга и калуга)

Большинство небольших по размерам рыб имеют короткий жизненный цикл 2-3 года (анчоус, азовская тюлька, трехиглая колюшка и т.д.). Обычный возраст долгожителей составляет 20-30 лет (щука, сазан, сом, палтус и др.).

Естественная продолжительность жизни определяется видовыми особенностями обмена веществ. Некоторые виды погибают после первого нереста (горбуша, речной угорь).

Под влиянием различных факторов и интенсивного рыболовства рыбы не достигают своего предельного возраста. Поэтому в не облавливаемых водоемах популяции рыб могут включать большое количество рыб старшего возраста.

Существуют различные методы определения возраста. У большинства рыб возраст определяется по чешуе. На покровном слое чешуи образуются склериты. В периоды интенсивного роста рыбы ширина склеритов и расстояние между ними - широкие, в период медленного роста - суженные. Широкая и узкая полоса вместе составляют одну годовую зону.

Кроме годовых колец на чешуе рыб могут образовываться добавочные кольца: нерестовые метки (кольца) в результате частичного разрушения чешуи во время нереста (атлантический лосось и др.), мальковые кольца (на первом году жизни) в период резко изменяющихся условий обитания молоди, при переходе с питания планктоном на питание бентосом и т.д. (вобла, лещ и др.). Добавочные кольца часто имеют вид полукольца или кольца с разрывами.

При определении возраста рыб по чешуе бывает сложно различить годовые и добавочные кольца, а также определить годовые кольца у рыб старших возрастных групп. У некоторых видов число колец не соответствует количеству прожитых рыбой лет, так у речного угря закладка чешуи происходит на 3-5-м году жизни.

Возраст рыб можно определять также по костям и отолитам. На костях и отолитах у рыб образуются наслоения. Широкие слои образуются во время интенсивного роста рыбы, узкие - замедленного роста. Узкий слой принимают за годовое кольцо.

Для определения возраста используют различные кости: жаберную крышку (окунь), позвонки (налим, щука), лучи плавников (осетровые, сом, акулы), отолиты (корюшка, ерш).

Для большей достоверности рекомендуется одновременно определять возраст рыб по чешуе и костям.

#### **Вопросы к разделу:**

1. Размеры, возраст и рост рыб.
2. Питание, упитанность, жирность рыб.
3. Классификация рыб по характеру питания. Смена типа питания в онтогенезе.

#### **Раздел 5**

**Размножение. Формирование и созревание половых клеток. Стадии зрелости гонад. Особенности икрометания. Половой диморфизм. Плодовитость. Взаимосвязь плодовитости, заботы о потомстве и выживаемости рыб. Взаимосвязь биологических показателей и жизненных процессов рыб с их физиологическим состоянием и факторами среды.**

Способы размножения. Рыбы размножаются половым путем. В редких случаях у рыб встречается:

1. Партогенез (развитие икры без оплодотворения), развитие икры доходит только до стадии дробления (сельди, осетровые, лососевые карповые) и лишь в исключительных случаях до личинки, доживающих до рассасывания желточного мешка (налим, салака). В большинстве случаев такое развитие не приводит к получению жизнеспособной молодежи, но у иссыкульского чебачка при партеногенетическом развитии икры наблюдается нормальное потомство. У лососей неоплодотворенные икринки, оказавшись в нерестовом бугре в месте с оплодотворенными, нередко развиваются партеногенетически. В результате они не загнивают и вся кладка яиц не гибнет.

2. Гиногенез (рождение самок), сперматозоиды близких видов рыб проникают в яйцо и стимулируют его развитие, однако оплодотворения при этом не происходит. В результате такого размножения в потомстве наблюдаются одни самки. В Средней Азии, Западной Сибири и Европы встречаются популяции серебряного карася, в водоемах Мексики - моллинезии (отряд карпозубообразные), состоящие почти из одних самок.

Рыбы, как правило, однополы, но среди них встречаются и гермафродиты. Среди костистых рыб к гермафродитам относится каменный окунь, у которого в гонадах развиваются икра и сперматозоиды, но созревание их обычно происходит поочередно, и красный пагелл, у которого в течение жизни происходит изменение (реверсия) пола: у молодых особей гонады функционируют как яичники, у более старших - как семенники. Изредка гермафродитизм встречается у сельдевых, лососевых, карповых, окуневых рыб.

У рыб оплодотворение бывает:

- 1) наружное (у большинства рыб);
- 2) внутреннее (у хрящевых рыб, у некоторых костистых - морской окунь, бельдюга; многих карпозубообразных - гамбузия, гуппи, меченосцы и др.).

У рыб различают:

- 1) яйцекладущих, откладывающих яйца во внешнюю среду (большинство видов);
- 2) яйцеживородящих, рождающих мальков. Оплодотворенные яйца задерживаются в задних отделах яйцеводов и развиваются там до вымета молодежи (большинство хрящевых рыб - катран, белая акула, лисья акула, пилонос); у некоторых видов, например, у ската-хвостокола, стенки задних отделов яйцеводов («матки») имеют даже особые выросты, по

которым через брызгальца в ротовую полость эмбрионов поступает питательная жидкость;

3) живородящих - у рыб в задних отделах яйцеводов («матке») образуется нечто сходное с плацентой млекопитающих, а эмбрион получает питательные вещества с кровью матери (голубая акула, кунья акула и др.).

Приспособительное значение живорождения и яйцеживорождения рыб заключается в том, что при внутриутробном развитии обеспечивается большая выживаемость молоди.

В зависимости от характера размножения рыб разделяют на:

1) моноциклических - рыбы после однократного икрометания погибают (речной угорь, тихоокеанские лососи, речная минога, байкальская голомянка);

2) полициклических - рыбы размножаются в течение жизни по нескольку раз (большинство рыб).

Возраст наступления половой зрелости у рыб значительно колеблется - от 1 - 2 месяцев (гамбузия) до 15 - 30 лет (осетровые). Раньше созревают рыбы с коротким жизненным циклом (тюлька, снеток и некоторые бычки - в возрасте 1 года), рыбы с продолжительным жизненным циклом становятся половозрелыми значительно позже (атлантическая треска - в 7-10 лет, морской окунь - в 12-15 лет и т.д.).

Возраст полового созревания рыб зависит от видовой принадлежности, условий обитания рыбы, в первую очередь от условий откорма. Наступление половой зрелости у рыб происходит при достижении определенной длины. Как правило, чем лучше питается рыба, тем быстрее она растет, а следовательно, быстрее созревает. Самцы обычно созревают раньше самок.

На скорость созревания оказывают влияние и климатические условия. Так, у леща половая зрелость наступает в Аральском море в 3-4 года, в Северном Каспии в 3-6, на Средней Волге в 6-7, в Ладожском озере в 8-9 лет.

Возраст наступления половой зрелости имеет важное значение для определения размера вылова рыбы и оценки сырьевых ресурсов. У короткоциклических рыб, созревающих на 2-3-м году жизни (кильки, шпроты, сардины и др.), допустимое промысловое изъятие из популяции может составить 40-60%, у долгоживущих рыб это изъятие должно быть значительно меньше (5-20%).

**Половой диморфизм.** У большинства рыб половой диморфизм (вторичные половые признаки) не проявляется, самки и самцы внешне трудноразличимы. У некоторых видов вторичные половые признаки ярко выражены: самки крупнее самцов, самцам свойственны более яркая окраска, удлиненные плавники и др. Самцы полярной камбалы имеют ктеноидную чешую, самки - циклоидную. У самцов хрящевых рыб имеются совокупительные органы (птеригоподии), у самок их нет; у самцов линия в отличие от самок утолщен первый луч брюшных плавников и т.д.

У некоторых рыб в преднерестовый период под влиянием половых гормонов появляется брачный наряд, который исчезает после нереста. У многих карповых, сиговых рыб на голове и теле самцов развиваются роговые образования белого цвета - «жемчужная сыпь»; самцы бычка-кругляка ко времени нереста становятся полностью черными; брюшко самца колюшки из серебристого становится ярко-красным. У тихоокеанских и атлантических лососей во время нереста серебристая окраска темнеет, на теле появляются черные, малиновые пятна, наблюдаются значительные морфологические изменения (челюсти удлиняются и загибаются, наблюдаются изменения черепного скелета, у горбуши вырастает горб).

**Соотношение полов.** Соотношение полов является приспособительным свойством рыб и направлено на обеспечение успешного воспроизводства. У большинства рыб оно близко 1:1.

Соотношение полов у рыб может меняться под воздействием различных факторов. У группы значительное развитие сапролегии иногда сопровождается превращением большей

части выживших самок в самцов. Воздействие высокой температуры на мальков зеленого меченосца приводит к преобладанию самцов.

Гормональные препараты также могут способствовать изменению нормальных соотношений полов у рыб. В рыбоводстве при разведении товарной рыбы может иметь место направленное изменение пола путем введения в корм стероидных гормонов (радужная форель).

Среди рыб различают:

1) моногамов - с одной самкой обычно нерестится один самец (семга);

2) полигамов - на одну самку приходится 3-4 и более самцов (сазан) или один самец обеспечивает оплодотворение икры нескольких самок (колюшка).

Сроки размножения и особенности икрометания. В зависимости от сроков размножения различают рыб:

1) весенне-нерестующих (щука, окунь, хариус);

2) летнее-нерестующих (сазан, осетр, хамса);

3) осенне-зимне-нерестующих (семга, тихоокеанские лососи, сиги, налим, навага).

Сроки размножения каждого вида, а также сроки выклева личинок и развития молоди связаны с обеспеченностью их пищей. Так, щука размножается сразу после таяния льда - значительно раньше карповых рыб, что позволяет ее молоди достичь длины 5-6 см и полностью перейти на питание личинками карповых рыб.

Сроки размножения одного и того же вида могут быть различными. Так, мойва у Финмаркена и западного Мурмана нерестится с марта по май, у восточного Мурмана - в июне-июле, в восточной части Баренцева моря - в августе-сентябре. Обитатели средних широт нерестятся обычно один раз в году, но некоторые из них откладывают икру не ежегодно, а с промежутками от 2 до 6 лет (осетровые), многие тропические рыбы размножаются в течение года неоднократно.

По продолжительности периода икрометания выделяют 2 группы рыб:

1) с единовременным нерестом - вся икра созревает одновременно (щука, сиг, лосось);

2) с порционным икрометанием - икра созревает и выметывается порциями в течение длительного времени (хамса, уклейка, каспийские сельди, сом и др.).

У колюшки процесс икрометания измеряется несколькими секундами, у воблы и окуня - часами, у сазана и леща - сутками. Треска, выметывающая за нерестовый сезон 3-4 порции икры, проводит на нерестилище 1,5-2 месяца, султанка - 3 месяца.

Нередко у одного и того же вида в одном водоеме наблюдается единовременное, а в другом порционное икрометание. Так, у леща в Аральском море наблюдается порционное икрометание, в северных водоемах (Онежское озеро и др.) он выметывает икру единовременно.

Порционное икрометание является приспособлением вида к воздействию факторов среды и способствует увеличению плодовитости, большей выживаемости икры и личинок, лучшему питанию молоди благодаря равномерному использованию кормовой базы.

Шкала, коэффициент и индекс зрелости. Для оценки степени зрелости половых продуктов у рыб применяются шкалы зрелости, из которых наиболее распространенной для полициклических рыб с единовременным икрометанием является шестибальная шкала.

I стадия - ювенальная (juvenales), неполовозрелые рыбы. Половые клетки яичников неразличимы простым глазом, и пол визуально не определяется. Яичники и семенники имеют вид тонких прозрачных тяжей желтоватого или розоватого цвета.

II стадия - созревающие особи или особи с развивающимися половыми продуктами после икрометания. Икринки очень мелкие и видны только под лупой. Яичники прозрачны и бесцветны, вдоль них проходит крупный кровеносный сосуд. Семенники увеличиваются в размерах, теряют прозрачность и имеют вид округлых тяжей сероватого или бледно-розового цвета.



III стадия - особи, у которых половые железы далеки от зрелости, но сравнительно хорошо развиты. Яичники заполняют от  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{2}{3}$  всей брюшной полости, наполнены непрозрачными икринками, ясно различимыми невооруженным глазом. Семенники плотные, упругие. При надавливании из семенников нельзя выделить жидких молок. Цвет их - от розовато-серого до желтовато-белого.

IV стадия - особи, у которых половые железы почти достигли полного развития. Яичники и семенники имеют наибольшую величину и заполняют до  $\frac{2}{3}$  всей брюшной полости. Икринки округлые, прозрачные и при надавливании вытекают. Семенники мягкие, белого цвета наполнены жидкими молоками, при надавливании вытекают.

V стадия - текущие особи. Икра и молоки настолько зрелые, что свободно вытекают при легком надавливании на брюшко.

VI стадия - отнерестившиеся особи (выбой). Половые продукты выметаны полностью. Гонады в виде спадающих мешков. В яичниках могут наблюдаться оставшиеся икринки, в семенниках - остатки спермы. Яичники и семенники воспалены, темно-красного цвета. Через некоторое время после размножения яичники и семенники переходят во II стадию зрелости.

У рыб с порционным икрометанием стадия зрелости определяется состоянием той порции, которая наиболее развита и раньше всех будет выметана. После вымета первой порции яичники переходят не в VI стадию, как у рыб с единовременным икрометанием, а в IV или III, и эти стадии зрелости обозначаются VI-IV или VI-III. Затем после завершения всего нерестового периода состояние яичника оценивается как находящееся в VI, а затем во II стадии. Если же оставшиеся овоциты (резерв будущего года) вступают в рост уже на VI стадии, то яичник из VI стадии переходит в III и обозначается VI-III.

При оценке степени зрелости гонад рыб используют коэффициент и индекс зрелости.

**Коэффициент зрелости** - отношение массы гонад к массе тела рыбы (в %). У рыб с весенне-летним нерестом коэффициент зрелости наиболее высок весной, уменьшается летом, начинает снова увеличиваться осенью (сазан, судак, вобла и др.). У рыб с осенне-зимним нерестом наиболее высокий коэффициент зрелости осенью (лососи). Индекс зрелости - процентное отношение коэффициента зрелости гонад, вычисленное в отдельные периоды созревания гонад, к максимальному коэффициенту зрелости.

**Строение половых продуктов.** Икринки рыб различаются формой, размером, цветом, наличием жировых капель, строением оболочки. У рыб икринки обычно имеют шаровидную форму, но встречаются и другие формы. У представителей сарганообразных - шаровидная икринка с нитевидными выростами; у бычковидных - грушевидные икринки на нижнем конце снабжены розеткой нитей для прикрепления к субстрату; у анчоусовых - эллипсовидные икринки и т.д.

Величина икринок, как и другие морфологические признаки, является стабильным признаком вида. Крупные рыбы откладывают икру большего диаметра. Размеры икринок зависят от содержания в них питательного вещества (желтка) и значительно колеблются. Среди костистых рыб наиболее мелкие икринки встречаются у камбалы-лиманды, самые крупные - у лососевых (кета). Хрящевые рыбы имеют самые крупные яйца, так у разнозубых акул длиной 1,5 м длина яйцевой капсулы около 10 см. Развитие эмбрионов у некоторых из них длится очень долго - 18-22 месяца (катран).

Окраска икринок специфична для каждого вида. Икра, развивающаяся в менее благоприятных кислородных условиях, обычно окрашена интенсивнее. У ряпушки икра желтая, у лососей - оранжевая, у щуки - темно-серая, у сазана - зеленоватая, у терпугов - изумрудно-зеленая, голубая, розовая и фиолетовая. Желтоватый и красноватый цвет икры объясняется наличием дыхательных пигментов (каротиноидов). Пелагические икринки, развивающиеся при достаточном содержании кислорода, пигментированы слабо. Икринки многих рыб содержат одну или несколько жировых капель, которые обеспечивают плавучесть икринок.

Икринки снаружи покрыты оболочками:

1.Первичная - желточная (лучистая) оболочка, образованна самим яйцом, пронизана многочисленными порами, по которым в яйцо поступают питательные вещества во время его развития в яичнике. У некоторых видов эта оболочка двухслойная (осетровые).

2.Вторичная - студенистая, липкая (развивается над первичной оболочкой), с разнообразными выростами для прикрепления яиц к субстрату.

На анимальном полюсе обеих оболочек расположен особый канал - микропиле, по которому при оплодотворении сперматозоид проникает в яйцо. У костистых имеется один канал, у осетровых их может быть несколько.

3.Третичная - роговая (у хрящевых рыб и миксин) и белковая (только у хрящевых).

У миног, как и у костистых рыб, икринки мелкие, у миксин они эллипсоидной формы длиной 2-3 см. На роговой оболочке миксин имеются крючкообразные отростки, с помощью которых яйца прикрепляются друг к другу и к подводным предметам. Роговая оболочка хрящевых рыб значительно больше самого яйца, часто от нее отходят роговые нити, с помощью которых яйцо прикрепляется к водным растениям.

Сперматозоиды значительно отличаются у разных видов рыб. В сперматозоиде различают головку, среднюю часть и хвост. Форма головки различна: шаровидная (у большинства костистых рыб), палочковидная (у осетровых и некоторых костистых), копьевидная (у двоякодышащих), цилиндрическая (у акул, кистеперых). В головке помещается ядро. Впереди ядра у акулообразных, осетровых и некоторых других рыб располагается акросома. У костистых ее нет. Сперма, выделяемая самцом, состоит из сперматозоидов, погруженных в спермиальную жидкость, сходную по составу с физиологическим раствором. В спермиальной жидкости сперматозоиды неподвижны. При соприкосновении с водой их активность резко возрастает. Встретив икринки они проникают в них через микропиле, после чего происходит оплодотворение. Продолжительность активности сперматозоидов зависит от солености и температуры воды. В соленой воде она значительно дольше - до нескольких суток (тихоокеанские сельди), в пресной воде - не более 1-3 минут (у большинства рыб - карповые, лососевые, окуневые).

У одного и того же самца сперматозоиды качественно не одинаковы и различаются по величине, при центрифугировании выделяют: мелкие (легкие), средние (промежуточные) и крупные (тяжелые). Среди крупных сперматозоидов в большом количестве встречаются X-гаметы, среди мелких Y-гаметы. Таким образом, из икры, оплодотворенной крупными сперматозоидами, рождаются преимущественно самки, мелкими - самцы. Это имеет важное значение при искусственном разведении ценных видов рыб.

**Откладывание икры.** Начало нереста рыб зависит от различных факторов (готовность половых продуктов, температура и соленость воды, наличия нерестового субстрата и др.). Из абиотических факторов важным является температура воды. Каждому виду в период размножения свойственны оптимальные и предельные температуры воды. При отрицательной температуре размножаются сайка, наваги, арктические и антарктические рыбы. Минимальная температура воды, при которой возможен нерест, у наваги  $-2,3^{\circ}\text{C}$ , трески  $+3,6^{\circ}\text{C}$ , атлантической сельди  $+4,5^{\circ}\text{C}$ , сазана  $13^{\circ}\text{C}$ . У многих карповых рыб наиболее интенсивный нерест наблюдается при температуре  $+18-20^{\circ}\text{C}$  и выше.

Рыбы откладывают икру в разных условиях, одни виды нерестятся в приливо-отливной зоне (пинагор), другие в океанической пелагиали на глубинах более 1000 м (угорь). Подавляющее большинство морских рыб нерестится в относительно прогреваемых районах прибрежной зоны на глубинах менее 500 м, там, где высокая концентрация кормовых организмов и личинки обеспечены пищей. Если условия для

размножения отсутствуют, и икрометание не происходит или икра выметывается не полностью, она рассасывается.

Икру различают:

- пелагическую (плавающую);
- донную (демерсальную), откладывается на грунт и донную растительность.

В зависимости от места нереста у рыб выделяют следующие группы:

- 1) литофилы - откладывают икру на каменисто-галечный грунт (осетровые, лососевые, кутум, шема, голавль, подуст);
- 2) фитофилы - откладывают икру на растения и водоросли (вобла, лещ, сазан, карась, окунь, тихоокеанская сельдь);
- 3) псаммофилы - откладывают икру на песок (пескарь);
- 4) пелагофилы - откладывают плавающую икру в толщу воды (кильки, хамса, атлантическая треска, чехонь, белый амур, толстолобик);
- 5) остракофилы - откладывают икру в раковины двустворчатых моллюсков (горчаки).

**Забота о потомстве.** Большинство рыб не заботятся о своем потомстве. Однако существует ряд видов, которые сооружают различные гнезда, охраняют икру и личинок.

Тихоокеанские и атлантические лососи хвостом вырывают в грунте гнезда длиной до 2-3 м, шириной 1,5-2 м, откладывают в них икру, оплодотворяют ее и засыпают гравием. Самец колюшки сооружает гнездо из растительных остатков в виде муфточки и охраняет икру. Самец судака расчищает на дне место для будущей кладки икры, затем охраняет ее, очищает от ила, смывая его сильными движениями грудных плавников. Если кладка остается без сторожевого самца, то охрану продолжает другой. Лабиринтовые рыбы строят гнездо из пузырьков воздуха, обволакивая их клейкими выделениями из рта. Самец пинагора охраняет кладку икры, отложенную в литоральной зоне и при обсыхании поливает икру из рта водой.

Некоторые рыбы вынашивают оплодотворенную икру, так, самка тилапии держит ее в ротовой полости. Наиболее совершенной формой заботы о потомстве можно рассматривать живорождение у рыб.

Плодовитость и воспроизводительная способность рыб. У рыб различают абсолютную (индивидуальную), относительную и рабочую плодовитости.

Абсолютная (индивидуальная) плодовитость - количество икры, откладываемое самкой в течение одного нерестового периода.

Плодовитость рыб является приспособительным свойством вида и значительно колеблется. Наиболее низкую плодовитость имеют хрящевые рыбы. Скат-манта рождает одного детеныша. У акул плодовитость колеблется от 2 до 100 яиц или мальков, и только полярная акула выметывает около 500 крупных яиц длиной 8 см (без роговой оболочки). У костистых рыб наибольшая плодовитость имеют рыбы, выметывающие пелагическую икру (луна-рыба - до 300 млн икринок, мольва - около 60 млн, треска - до 10 млн икринок).

Для рыб, проявляющих заботу о потомстве, характерна меньшая плодовитость. Так, живородящая бельдюга выметывает от 10 до 400 личинок, колюшка откладывает 60-550 икринок.

Количество и качество икры зависят от массы тела, возраста, жирности и факторов среды. С ростом рыбы и увеличения ее массы тела абсолютная плодовитость повышается.

Рыбы способны регулировать плодовитость в зависимости от изменяющихся условий среды. Большая плодовитость вырабатывается у видов в условиях более интенсивной смертности. Изменение абсолютной плодовитости регулируется через изменение обеспеченности пищей. Улучшение условий откорма приводит к ускорению темпа роста, а следовательно, к более высокой плодовитости одноразмерных рыб. В связи с этим плодовитость одного вида в разных водоемах различна, отражает условия существования рыб и направлена на обеспечение определенной величины пополнения.

Относительная плодовитость - это количество икринок, приходящееся на 1 г массы тела самки.

Рабочая плодовитость представляет собой количество икринок, получаемое от одной самки для рыбоводных целей. У пеляди она составляет около 70% абсолютной (индивидуальной) плодовитости.

В ряде случаев рассчитывают видовую абсолютную и популяционную плодовитости.

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.

Длительность инкубационного периода, выживаемость икры и личинок. У рыб длительность инкубационного периода колеблется от нескольких часов (данио) до 22 месяцев (колючая акула). Для инкубации икры требуется определенное количество тепла, выражаемое в градусоднях. Эта величина меняется в зависимости от температуры воды. При повышении температуры воды (в пределах, свойственных данному виду) развитие икры протекает быстрее. У карповых рыб икра развивается в течение 3-6 дней, у наваги - 3-4 месяцев, у лососей - до 5-6 месяцев

Численность популяции во многом зависит от выживаемости эмбрионов и обеспеченности пищей личинок на этапе перехода на активное питание. На эти периоды приходится наибольшая смертность по сравнению со всеми другими периодами жизни рыбы. Основными факторами, определяющими выживаемость эмбрионов и предличинок, являются температура воды, соленость, газовый режим, ветер, волнения. Большая плодовитость некоторых рыб не может свидетельствовать об их высокой численности, так как выживаемость икры и личинок очень низка.

Метаморфоз. У некоторых рыб развитие личинок проходит с метаморфозом (камбала, речной угорь, луна-рыба и др.). Камбала имеет симметричных личинок, которые плавают в верхних слоях воды спиной кверху, со временем они постепенно опускаются в более глубокие слои воды и утрачивают двустороннюю симметрию, один глаз у них переходит на другую сторону тела, и после завершения метаморфоза молодая камбала начинает вести придонный образ жизни. Личинки речного угря (лептоцефалы), выклеивающиеся из икринок в Саргассовом море, имеют листовидную форму. В течение 2-3 лет они дрейфуют с течением Гольфстрим, превращаются в прозрачных угребразных рыбок, которые заходят в реки Европы, где растут, теряют прозрачность и превращаются во взрослых угрей.

#### ***Вопросы к разделу:***

1. Размножение рыб. Формирование и созревание половых клеток.
2. Стадии зрелости гонад. Особенности икрометания. Половой диморфизм.
3. Плодовитость. Взаимосвязь плодовитости, заботы о потомстве и выживаемости рыб
4. Взаимосвязь биологических показателей и жизненных процессов рыб с их физиологическим состоянием и факторами среды.

#### **Раздел 6**

**Методы оценки и значение изучения биологических показателей. Виды и типы миграций рыб, их жизнеобеспечивающая роль и взаимосвязь с факторами среды. Значение изучения путей и сроков миграций рыб. Суточный ритм, зимовка и спячка рыб.**

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. Осимые 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.

#### ***Вопросы к разделу:***

1. Виды и типы миграций рыб, их жизнеобеспечивающая роль и взаимосвязь с факторами среды.
2. Значение изучения путей и сроков миграций рыб.
3. Суточный ритм, зимовка и спячка рыб.

#### **Раздел 7**

**Экология рыб. Взаимоотношения рыб с абиотической и биотической средой. Влияние температуры, солености, света, звука и лучистой энергии на рыб, их отношение к этим факторам среды и практическое использование их воздействия.**

Экология рыб представляет собою раздел ихтиологии, посвященный изучению образа жизни рыб, а именно: характера динамики их популяций, внутривидовых (стаи, косяки, колонии) и межвидовых группировок, распределения, миграций, суточного и сезонного ритма жизни, характера пищевых взаимоотношений, размножения. Экология исследует суточный, сезонный и жизненный цикл рыбы, характер взаимосвязей ее с абиотическим и биотическим окружением.

Естественно, что образ жизни всякого организма (в том числе и рыбы) неразрывно связан с его строением и функциями органов. Поскольку форма, функции и образ жизни животного неразрывно взаимосвязаны, изучение образа жизни животного (в том числе и рыбы) возможно только на основе познания его строения и функций его органов, как, в свою очередь, изучение строения и функций органов животного возможно на основе знания его образа жизни, характера его приспособительных взаимосвязей со средой.

Основное теоретическое положение современной экологии, включая и экологию рыб, — представление о диалектическом, противоречивом единстве организмов (вида) и их среды. Всякий организм, популяция, вид живет за счет своей специфической среды, вне взаимодействия с которой он прекращает свое существование. Специфика живого и заключается в его приспособительном взаимодействии со средой; обеспечивающем его развитие и существование. Естественно, что у всякого вида есть и общие элементы среды со средой других видов, но всегда имеется и своя существенная специфика.

### **Влияние на рыб температуры воды и давления**

Рыбы принадлежат к животным, имеющим переменную температуру тела. Она меняется вместе с изменением температуры окружающей среды и бывает всего на несколько десятых градуса выше ее. Лишь у тунцов температура тела может превышать температуру окружающей их водной среды на 8-9° С. Поэтому резкое изменение температуры (например, пересадка рыб из одного бассейна в другой с разницей температур 4—5°) вызывает их заболевание и часто гибель. Постепенный подъем или понижение температуры рыбы способны переносить без особых последствий.

На Чукотском полуострове в ручьях и мелководных озерах водится рыбка далия, которая замерзает при промерзании водоемов и оживает при их оттаивании. Но это, конечно, единичный пример, обычно же рыбы не могут переносить такого широкого колебания температур.

Температура оказывает большое влияние на жизненные функции рыб. Каждый вид их проявляет наибольшую жизнедеятельность в определенном промежутке температур. Например, оптимум питания для форели наблюдается при 10-12°, для щуки при 15-16°, для сазана при 23-28°. Выше и ниже определенной температуры рыбы вообще прекращают питаться. Форель не питается, если температура воды ниже 3° и выше 18°. Налим не питается при температуре воды выше 12°. Сазан начинает кормиться не ранее, чем температура воды достигнет 10°, и т. д. Приведенные цифры нельзя считать неизменными: бывают отклонения, связанные с приспособлением рыб к местным климатическим условиям.

С температурой воды тесно связано и размножение рыб. С повышением температуры в воде развиваются водоросли, высшие водяные растения, различные животные организмы и создаются лучшие условия для питания и роста рыб. Иногда повышение температуры воды может оказать и неблагоприятное воздействие (например, ухудшить кислородный режим водоема).

Осеннее понижение температуры заставляет большинство рыб менять образ жизни и уходить на более глубокие места, где температура воды более постоянна. Зимой жизненные процессы у теплолюбивых рыб замирают. Рыбы переключаются на глубины, почти перестают двигаться, прекращают питание и как бы впадают в спячку. Только налим, форель, лосось почти полностью сохраняют активность и в зимнее время. Частично продолжают питаться окунь, плотва, ерш, щука, режа — судак, лещ.

Температура воды оказывает решающее влияние на расселение рыб; для каждого вида существуют северная и южная границы распространения. Например, сазан держится в основном только в нижнем течении южных рек; усач редко поднимается по Днепру выше Дорогобужа; судак, широко распространенный в пределах Ленинградской области, совершенно отсутствует в бассейне Белого моря. В морских и океанических водоемах изотермы нередко являются границами распространения того или иного вида рыбы. Некоторые рыбы в одном и том же водоеме придерживаются его северной или южной части. Например, теплолюбивые рыбы — жерех и сырть — встречаются только в южной части Ладожского озера, а любящая холодную воду палья — только в северной его части. Интересный случай произошел в Ленинграде в 1951 г. Из живорыбного садка в Неву ушла партия сазанов, и вскоре они собрались у выхода теплых сточных вод, поступающих с завода. Там сазаны держались до 1955 г., изредка попадаясь рыболовам на донную удочку.

С увеличением глубины резко возрастает давление воды. Водопроницаемая структура тела рыбы дает возможность уравновесить внутреннее давление в организме с внешним. Но такая перестройка требует времени, и рыба, быстро поднятая с глубины на поверхность, погибает, так как внутреннее давление оказывается выше наружного, и в результате у нее через рот выдавливаются внутренности, вылезают из орбит глаза и т. д. Такое явление знакомо рыболовам-зимникам, которые ловят рыбу в озере Комсомольском

на Карельском перешейке. Желудок у пойманного на глубине 25—30 м и быстро извлеченного на поверхность окуня, как правило, выворачивается через рот. Самостоятельный постепенный подъем рыбы с глубины на поверхность не приносит ей вреда.

Не вполне ясно, как влияет на поведение рыб изменение атмосферного давления. Одни рыболовы считают, что рыбы лучше всего ловятся при понижении атмосферного давления, другие говорят, что при повышении. Большинство считает, что постепенное изменение давления не сказывается на клеве рыб, вредно отражаются только резкие скачки барометра.

Существует точка зрения, что на рыбах вообще не отражаются изменения атмосферного давления. Мотивируется это тем, что рыба даже при незначительном перемещении в толще воды по вертикали испытывает гораздо большие изменения давления, чем при самых резких барометрических скачках. Действительно, при изменении атмосферного давления на 50 миллибар (очень резкий скачок барометра) рыбе достаточно соответственно подняться или опуститься на 0,5 м, чтобы вовсе не ощутить такого «скачка».

#### **Вопросы к разделу:**

1. Экология рыб. Взаимоотношения рыб с абиотической и биотической средой.
2. Влияние температуры, солености, света, звука и лучистой энергии на рыб.
3. Отношение рыб к факторам среды и практическое использование их воздействия.

### **Раздел 8**

**Основные формы биотических отношений. Внутривидовые и межвидовые биотические связи. Взаимоотношения рыб и других позвоночных и беспозвоночных животных и растений. Специфика отношений хищник – жертва, паразит – хозяин.**

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.). Так, в Белом море сельдь в каждом из крупных заливов образует местные популяции.

Некоторые рыбы внутри вида способны образовывать большое число популяций и в то же время многие из популяций могут распадаться на весенне- и летнее-нерестующих расы (нерка).

**Элементарная популяция** – группировка, состоящая в основном из рыб одного возраста, близких по физиологическому состоянию и сохраняющаяся пожизненно. Элементарные популяции возникают в местах рождения и сохраняются длительное время, меняясь лишь за счет отсеивания части особей и присоединения сходных особей из других элементарных популяций.

Элементарные популяции отмечены у разных видов рыб (хамса, вобла, тюлька, красноперка, морской окунь, треска и др.). Они могут образовывать скопления различной величины, сливаясь в одно большое скопление (протяженность 20-30 миль и более). Элементарная популяция является частью стада.

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

Из всего многообразия рыб (более 20 тыс. видов) около 4 тыс. видов являются стайными, большинству видов свойствен одиночный образ жизни (щука, сом, скаты, луна-



рыба и др.). Стайнными являются в основном пелагические виды (анчоус, сельдь, ставрида, скумбрия и др.), большие стаи образуют полупроходные рыбы (вобла, лещ, судак и др.).

Стаи различаются по форме, величине, плотности и структуре. Протяженность цепи стай может достигать 100 км (каспийская кефаль).

Значение стай:

1) защита от врагов (рыбы раньше замечают опасность, менее доступны для хищников);

2) поиск пищи (рыбы быстрее находят скопления кормовых организмов, интенсивнее питаются);

3) поиск путей миграций (рыбы образуют общее биоэлектрическое поле, которое помогает им легче ориентироваться в пространстве, экономить энергию).

Устойчивость стаи поддерживается при помощи органов зрения, боковой линии и звуковых контактов, электрических полей.

**Скопление** – это временное объединение ряда стай или элементарных популяций.

Различают следующие типы скоплений:

1) нерестовые;

2) миграционные;

3) нагульные;

4) зимовальные.

**Колония** – это временная группировка рыб, обычно состоящая из особей одного пола, образующаяся в местах размножения для защиты кладок икры от врагов (ильная рыба, косатка-скрипун, панцирные американские сомы и др.).

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 нескольких поколений молоди в течение года (порционный нерест), которые расходятся в составе пищи на разных этапах развития. При плохой обеспеченности пищей у рыб наблюдается расширение спектра питания, а в условиях хорошей обеспеченности его сужение.

У ряда видов при неблагоприятных условиях питания образуются карликовые формы, для которых характерно замедление роста и созревание при небольших размерах (лосось, голец и др.). У хищных рыб при недостатке корма имеет место переход на питание собственной молодью - каннибализм (треска, навага, корюшка, щука, окунь).

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 лососей в нерестовых гнездах друг на друга оказывают влияние икринки. Неоплодотворенные икринки не гибнут, а развиваются партеногенетически, пока из оплодотворенных икринок не выведутся личинки.

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.** 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;

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 – 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 (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, гребневика). 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.

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 используют 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. Основные формы биотических отношений. Внутривидовые и межвидовые биотические связи у рыб.
2. Взаимоотношения рыб и других позвоночных и беспозвоночных животных и растений
3. Специфика отношений хищник – жертва, паразит – хозяин.

## **Раздел 9**

**Частная ихтиология. Основные принципы современной классификации. Основные понятия, применяемые в систематике. Концепция вида. Правила научной номенклатуры. Развитие систематики рыб. Положение рыб в системе позвоночных. Методика определения видовой принадлежности.**

Основной систематической единицей является вид. Виды объединяются в роды, роды - в семейства, семейства - в отряды, отряды - в классы, а классы - в тип. Разнообразие органических форм не всегда укладывается в эти основные систематические группы. Поэтому применяют некоторые промежуточные категории. При разделении рыб по крупным систематическим категориям (классам, отрядам, семействам) для удобства определения употребляют промежуточные обозначения - группа, ряд, подкласс, подотряд и т. д.

Научное (латинское) название вида обозначается двумя словами: родовым и видовым. Например, сазан называется *Cyprinus carpio L.*

После названия вида указывается фамилия автора, который впервые описал этот вид.

Принято, что единицы до отряда включительно имеют в своих латинских названиях определенное окончание: семейство оканчивается на *idae*, отряд - на *formes*. Например, семейство карповые - *Cyprinidae*, отряд карпообразные - *Cyprinoformes*. Задачей определения является установление вида данной рыбы. Для определения рыб пользуются специально изданными определителями.

Определитель состоит из таблиц (семейств, родов и видов рыб), составленных по принципу противопоставления - тезы и антитезы, в которых указывается какой-либо признак или комплекс признаков. Все положения тезы и антитезы пронумерованы по порядку. Каждая теза обозначена номером слева. В скобках за этим номером значится номер антитезы. Все таблицы рассматривают с первой тезы. Если признаки рыбы совпадают с указанными в тезе, можно переходить к следующей по порядку тезе. При несоответствии признаков данной тезе необходимо обратиться к антитезе, обозначенной в скобках. Так ведут определение до тех пор, пока не будет установлена систематическая группа (семейство, род), а затем видовая принадлежность.

Определение рыб связано с установлением признаков, характерных для определяемого вида. Ниже приведены необходимые сведения к терминологии, принятой в определениях.

Боковая линия - линия пор или трубочек в чешуях, тянущаяся по бокам тела, большей частью от головы до хвостового плавника. Есть виды рыб с неполной, прерывающейся боковой линией.

Брызгальце – отверстие, расположенное позади глаза (например, у осетровых). Брюшная присоска – видоизменение брюшных плавников, образующееся путем их срастания.

Ганипоры – мелкие отверстия в коже или сосочки с отверстиями на вершине, иногда соединяющиеся в бахромки.

Глоточные зубы расположены на глоточных костях; у карповых они сидят на нижнеглоточных костях, на пятой жаберной дуге и располагаются в один, два или три ряда.

Горло - пространство между местом прикрепления жаберных перепонки и основанием грудных плавников.

Грудь - часть брюшной стороны тела непосредственно за основанием грудных плавников.

Губы - хрящевые образования вокруг рта.

Жаберные дуги - пластинки, на которых расположены тычинки и жаберные лепестки.

Жаберная крышка - костная пластина, закрывающая жаберную полость.

Жаберные лепестки - палочковидные и пластинчатые выросты, расположенные на внешней стороне жаберных дуг.

Жаберные лучи - костные выросты жаберной перепонки, поддерживающие жаберную перепонку.

Жаберные перепонки окаймляют сзади жаберные крышки и служат для более плотного закрывания жаберных отверстий.

Жаберные тычинки - костные или хрящевые палочки на передней стороне жаберных дуг.

Жерновок - твердое роговое образование на нижней стороне черепной коробки.

Жучки - костные образования у осетровых, имеют коническую форму и расположены на теле продольными рядами.

Киль - острый край тела (брюха, спины). Киль может быть покрыт чешуей или быть голым.

Лоб - промежуток между глазами.

Межаберный промежуток - перегородка, разделяющая жаберные полости.

Панцирь - костные образования на теле и голове.

Подбородок - пространство на брюшной стороне головы, между нижней челюстью и местом прикрепления жаберных перепонки.

Расщеп - ряд расширенных чешуи, окаймляющих анальное отверстие и основание анального плавника. Рыло - передняя часть головы до глаз,

Фулькры - крупные измененные чешуйки на хвостовом плавнике у осетровых.

Щеки - пространство между глазом и задним краем жаберной предкрышки.

Определять рыбу лучше всего в свежем виде, когда у нее хорошо выражены окраска и все другие признаки. Если же рыбу необходимо сохранить, ее помещают в фиксатор - формалин или спирт (70-градусный).

### ***Вопросы к разделу***

1. Частная ихтиология. Основные принципы современной классификации.
2. Основные понятия, применяемые в систематике рыб.

3. Концепция вида. Правила научной номенклатуры. Развитие систематики рыб.
4. Положение рыб в системе позвоночных. Методики определения видовой принадлежности у рыб.

## Раздел 10

### **Класс круглоротые. Подклассы миксины и миноги. Распространение. Виды. Образ жизни. Промысловое значение.**

Тело круглоротых вытянутое, червеобразное. Ни щитков, ни даже чешуи у современных представителей нет – только голая кожа, богатая слизеотделительными железами. «Конечностей» – парных плавников по бокам тела – у круглоротых тоже нет, хотя имеются хвостовой и спинной плавники, необходимые для лучшего передвижения в воде. Длина тела современных взрослых круглоротых – от 10–15 см до 1 м.

На протяжении всей жизни у круглоротых сохраняется хорда, играющая роль главной опоры тела и «подставки» для нервного тяжа – спинного мозга. Скелет, сосредоточенный в переднем конце тела вокруг головного мозга и жабр, – исключительно хрящевой. Челюстей как таковых нет, круглый рот (присасывательная воронка) окружен кольцеобразным хрящом, хрящевую основу имеет и язык. И ротовая воронка, и язык снабжены роговыми зубами.

Головной мозг, имеющий, кстати, все типичные для позвоночных отделы, закрыт хрящом только снизу, а сверху его защищает соединительнотканая пленка. У миног, в отличие от миксин, имеется еще ряд хрящей: защищающие головной мозг с боков, образующие решетку в области жабр и маленькие хрящевые зубчики (зачатки позвонков) вдоль хорды, по бокам от спинного мозга.

Дыхательный аппарат круглоротых образован несколькими парами так называемых жаберных мешков, густо оплетенных кровеносными сосудами. «Мешки» эти сквозные и сообщаются, с одной стороны, с внешней средой, а другой – с полостью глотки. Кровеносная система круглоротых замкнутая, круг кровообращения, естественно, один, а сердце двухкамерное, наполненное венозной кровью. У миксин имеется еще три дополнительных «сердца», расположенные в области головы, печени и хвоста. Они бьются независимо друг от друга, способствуя лучшему току венозной крови.

Расположенный в глубине ротовой воронки рот бесчелюстных переходит в пищевод, а затем в прямой, не образующий изгибов и петель, кишечник, оканчивающийся анальным отверстием. Имеются слюнные железы, выделяющие особые вещества, и печень с желчным пузырем. Интересной особенностью круглоротых является то, что их половые железы непарные и не имеют специальных выводных протоков – созревшие половые продукты выпадают прямо в полость тела, а уже оттуда проникают в мочевой синус и выводятся наружу.

Современные миноги, среди которых выделяют 6–7 родов, встречаются в морях и пресных водоемах умеренных широт обоих полушарий (хотя к северу от экватора их разнообразие значительно выше, чем на юге).

Виды миног отличаются друг от друга жизненными стратегиями: большинство из них – проходные виды, проводящие взрослый период жизни в море. Но есть и такие, которые никогда не покидают рек и озер. Размножаются же все миноги исключительно в пресной воде.

Своеобразной особенностью биологии миног является их развитие с метаморфозом – из икринок выходят личинки, сильно отличающиеся от взрослых миног и внешним видом, и строением, и способом питания. Личинки эти получили название пескороек, и раньше их не раз принимали за самостоятельные формы.

С жизненным циклом проходных миног ознакомимся на примере европейской речной миноги (*Lampetra fluviatilis*), достигающей в длину 40 см при весе около 200 г. Спина и бока этой миноги окрашены в темно-серые, с легким металлическим блеском, тона, брюхо – нежно-желтое или белое. Распространена европейская речная минога от Италии до

Англии и Северной Норвегии, в том числе и в Балтийском море. Обитает в прибрежных морских водах, а в конце лета–начале осени большими стаями устремляется в реки.

С этого момента миноги перестают питаться и в их теле происходят серьезные изменения. Кишечник за ненадобностью дегенерирует и превращается в тонкий тяж, зубы становятся тупыми, а слюнные железы, находящиеся в ротовой воронке, прекращают свое функционирование. Но самое удивительное, что у миног уменьшается не только вес, но и длина тела – миноги перед размножением гораздо короче своих собратьев, только что вошедших в реки из моря. Ну и, разумеется, в теле вошедших в реки животных активно созревают икра и молоки.

На все эти изменения уходит несколько месяцев – к нересту миноги приступают весной или в начале лета. Они собираются в местах с песчаным или галечным дном, где самцы начинают устраивать для будущего потомства гнезда – довольно большие ямки на дне. Строящий гнездо самец миноги бешено крутится и бьет хвостом, взбаламучивая и разбрасывая песок, а камешки и гальку уносит в сторону, охватывая их присоской.

Чуть позже самцу начинают помогать и самки. Когда яма достигнет примерно полуметра в поперечнике, миноги приступают к икрометанию. Отыскав в гнезде опору (камешек или твердый грунт), самка присасывается к ней ртом, а самец, подплыв сзади, нежно присасывается к ее боку, а затем начинает скользить присоской по телу, пока не достигнет головы. При этом хвостом самец обхватывает тело подруги впереди спинного плавника и, продвигая эту «петлю» спереди назад, помогает самке освободиться от икры, одновременно выпуская в воду молоки.

Довольно часто несколько пар миног спутываются в один «брачный клубок» и откладывают икру в одно гнездо. Каждая самка выметывает в среднем около 20 тыс. икринок. Они опускаются на дно гнезда, после чего миноги, ударяя хвостами, засыпают их песком. Затем ослабевшие взрослые особи прячутся в какие-нибудь укрытия и вскоре погибают.

А из икры через 11–14 дней вылупляются личинки, первоначально напоминающие крохотных (около 3 мм) светло-желтых червячков. Еще примерно дней через 20, достигнув длины около 6 мм, личинки начинают покидать гнездо и дрейфовать вниз в поисках места со слабым течением и илистым дном. Найдя подходящее местечко, личинка зарывается в грунт, цементируя свою норку слизью. Затем, высунув из убежища голову, она начинает питаться, всасывая из окружающей воды диатомовые водоросли и различные органические остатки.

### ***Вопросы к разделу***

1. Распространение класса круглоротые, подкласса миксины и миноги.
2. Виды миксин и миног.
3. Образ жизни.
4. Промысловое значение класса круглоротые.

### **Раздел 11**

**Класс хрящевые рыбы. Подкласс пластинчатожаберные. Надотряды акул и скатов. Отряды ламнообразные, катранообразные, скатообразные, хвостообразные. Распространение, характерные признаки, экология. Хозяйственное значение акул и скатов. Виды опасные для человека. Признаки пластинчатожаберных и костных рыб. Особенности ныне живущих химер.**

#### ***Систематическое положение***

И акулы, и скаты, согласно общепринятой классификации, относятся к одному большому классу Хрящевые рыбы и подклассу Пластиножаберные рыбы, что предполагает наличие многих общих признаков в строении и поведенческих линиях. В

свою очередь, учитывая некоторые различия, Хрящевые рыбы подразделяются на Надотряды Акулы (*Selachomorpha*) и Скаты (*Batomorpha*).

Акулы, в большинстве своем, имеют торпедообразное тело с хорошо развитыми плавниками. У скатов же тело уплощенное с приросшими грудными плавниками и редуцированными лопастями хвостового плавника. Анальный плавник, в отличие от акул, отсутствует у всех видов скатов.

Также жаберные щели у скатов находятся на нижней стороне тела, а у акул на боках тела, что, в некоторых случаях, служит ярким отличительным признаком. Существуют отдельные виды акул, которых легко принять за скатов. И есть скаты, имеющие схожесть с акулами. Скватинообразные акулы по внешнему виду напоминают скатов, но расположенные по бокам тела жаберные щели и несросшиеся грудные плавники, позволяют относить их именно к акулам.

В свою очередь, акулхвостые и гитарные скаты, хоть и имеют уплощенное тело, но из-за удлиненного рыла и двухлопастного хорошо развитого хвостового плавника напоминают акул. Путаница возникает и при определении в разряд скатов или акул пилоносых рыб. Их существуют 2 разновидности – пилоносые акулы и пилорылые скаты (рыбы-пилы).

По внешнему строению они очень схожи между собой, хотя и относятся к разным систематическим единицам. Отличия только в расположении жаберных щелей и наличии пары длинных усиков на пиле у пилоносых акул.

#### ***Внутреннее строение хищников***

Акулы и скаты, принадлежащие к одному классу, имеют практически одинаковое внутреннее строение.

Основные признаки – хрящевой скелет, плакоидная чешуя, отсутствие жаберных крышек, наличие 5-7 жаберных щелей, отсутствие плавательного пузыря. У всех представителей этих двух надотрядов зубы растут в течение всей жизни, но весьма отличаются по внешнему виду.

У акул зубы лезвиевидные, у скатов – округлые, шиповидные или уплощенные, что в значительной степени связано с питанием. Брызгальца, участвующие в дыхании, у скатов более развиты, чем у имеющих их акул. Но скаты-рогачи, как и акулы, имеют редуцированные брызгальца и при передвижении захватывают воду ртом.

Для скатов, также как и для акул, свойственно внутреннее оплодотворение и разные формы появления потомства на свет.

#### ***Образ жизни скатов и акул***

Зачастую, форма тела рыб определяется способом жизни животных. Скаты, имеющие уплощенную дискообразную форму тела, как нельзя лучше приспособлены к жизни на дне водоема. А вытянутая и обтекаемая форма тела акул играет важную роль для быстрого передвижения в толще воды.

Вид и форма плавников зависит от способа передвижения. Акулы передвигаются благодаря движущей силе хвостового плавника, а скаты совершают волнообразные или машущие движения грудных плавников, создавая впечатление полета. Однако электрические скаты из-за преобразования большей части мускулатуры в электрические органы передвигаются посредством движений хвоста, как и акулы.

Акулы и скаты преимущественно хищники, питающиеся животной пищей. Их рацион зависит от размеров и места обитания и варьируется от беспозвоночных до костных рыб. А крупные виды акул не брезгают даже млекопитающими и своими собратьями.

Бентосные (обитающие на дне) виды скатов и акул питаются малоподвижными донными животными - моллюсками, ракообразными, червями, рыбой, а пелагические и неритические виды предпочитают более крупную добычу. Исключением являются акулы, питающиеся планктоном – гигантская, китовая и большеротая.

Скаты лишены злой славы акул, которая связана с историями нападений на людей и смертельными исходами. Но это не значит, что все скаты безопасны. Хвосты имеют на конце хвоста одну или несколько игл, которые содержат клетки, выделяющие яд.

При сильном ударе хвоста ската, шип может глубоко вонзиться в кожу человека. Действующий яд приводит к повышению температуры тела, конвульсиям, параличу и даже летальному исходу. Другие виды скатов, относящихся к Гнусообразным или электрическим, небезопасны из-за генерирования в случае опасности серий электрических разрядов.

#### ***Места обитания акул и скатов***

Акулы и скаты в большинстве обитатели морских вод, однако, есть и пресноводные виды. Наиболее широкое распространение хрящевые рыбы получили в тропических водах. Подавляющее большинство скатов – это бентосные виды, обитающие на дне водоема, тогда как такой образ жизни присущ только некоторым видам акул (кошачьи, акулы-няньки). Некоторые скаты и практически все акулы – пелагические (обитающие в толще воды открытого океана) и неритические (обитающие в прибрежных зонах материков и островов) виды.

#### ***Взаимоотношения между собой***

Акулы и скаты могут быть, как и конкурентами в борьбе за объекты питания, так и жертвами. Наблюдается значительная пищевая конкуренция между донными видами акул и скатов, которые проживают на одной территории и имеют общий рацион. Ромбовые и электрические скаты конкурируют с придонными мелкими видами акул. В открытом океане гигантская, китовая и большеротая акулы, питающиеся планктоном, конкурируют с такими же крупными скатами, имеющими похожий способ питания. Наиболее чаще это относится к мантам или морским дьяволам.

### ***Вопросы к разделу***

1. Распространение, характерные признаки, экология.
2. Хозяйственное значение акул и скатов.
3. Виды опасные для человека.
4. Признаки пластинчатожаберных и костных рыб. Особенности ныне живущих химер.

## **Раздел 12**

**Класс костные. Подкласс кистеперые. Латимерия, история поимки и биологическая характеристика. Подкласс двоякодышашие. Характерные признаки. Распространение.**

#### ***Общая характеристика***

Большинство видов этого класса приспособлено к быстрому плаванью, и форма их тела сходна с таковой акул. Менее быстро плавающие рыбы имеют более высокое тело (например, у многих видов карповых рыб). Виды, ведущие малоподвижный образ жизни на дне (например, камбалы), имеют такую же уплощенную форму тела, как скаты.

Покровы. Длина тела рыб различна — от нескольких сантиметров до нескольких метров. В отличие от хрящевых и древних костных рыб среди костистых множество мелких видов, освоивших малые биотопы, недоступные для более крупных видов. Кожа подавляющего большинства костистых рыб покрыта небольшими костными, сравнительно тонкими чешуями, черепицеобразно налегающими друг на друга. Они хорошо защищают рыб от механических повреждений и обеспечивают достаточную гибкость тела. Различают циклоидную чешую с закругленным верхним краем и ктеноидную с мелкими зубчиками на верхнем крае. Количество чешуи в продольных и поперечных рядах для каждого вида более или менее постоянно и учитывается при определении видовой принадлежности рыб. В холодное время рост рыб и чешуи замедляется или прекращается, поэтому на чешуе образуются годовые кольца,



подсчитывая которые можно определить возраст рыбы. У ряда видов кожа голая, лишенная чешуи. В коже множество желез, выделяемая ими слизь уменьшает, как и у других рыбообразных, трение при плавании, защищает от бактерий и т. д. В нижних слоях эпидермиса имеются различные пигментные клетки, благодаря которым рыбы малозаметны на фоне окружающей их среды. У некоторых видов окраска тела может меняться в соответствии с изменениями окраски субстрата. Подобные изменения осуществляются под влиянием нервных импульсов.

**Нервная система.** Размеры головного мозга по отношению к величине тела несколько больше, чем у хрящевых рыб. Передний мозг относительно мал по сравнению с другими отделами, но полосатые тела его велики и посредством связей их с другими отделами Центральной нервной системы влияют на осуществление некоторых довольно сложных форм поведения. Нервные клетки в крыше переднего мозга отсутствуют. Промежуточный мозг и отделившиеся от него эпифиз и гипофиз хорошо развиты. Средний мозг крупнее других отделов головного мозга, в верхней его части имеются две хорошо развитые зрительные доли. Мозжечок у хорошо плавающих рыб велик. Возросли размеры и усложнилось строение продолговатого и спинного мозга. Подчинение последнего головному мозгу по сравнению с тем, что наблюдается у хрящевых рыб, усилилось

**Органы чувств.** Произошли некоторые усложнения в органах чувств. Сейсмоденситивные органы расположены в каналах боковых стенок тела и образуют густую сеть на голове. Более развит круглый мешочек лабиринта, и вопреки долго существовавшему мнению, что костистые рыбы воспринимают лишь грубые сотрясения окружающей среды, многочисленными экспериментами доказано, что они реагируют на разнообразные звуковые колебания и используют их для общения внутри популяции. Способность к восприятию различных химических раздражений выражена очень хорошо. Многие виды воспринимают даже незначительные изменения температуры в окружающей их воде. Зрение костистых рыб рассчитано, как и у других рыб, на близкое расстояние; хрусталик шаровидный, неспособный менять свою кривизну, резкость изображения достигается перемещением его при помощи сокращения особой мышцы — серповидного отростка.

**Скелет.** В течение эволюции рассматриваемого класса скелет постепенно окостенел. Хорда сохранилась лишь у низших представителей класса, число которых незначительно. При изучении скелета нужно иметь в виду, что одни кости возникают в результате замещения хрящей костной тканью, другие развиваются в соединительнотканном слое кожи. Первые называются основными, вторые — покровными костями.

Мозговой отдел черепа представляет собой коробку, защищающую головной мозг и органы чувств: обоняния, зрения, равновесия и слуха.

Крыша черепа образована парными носовыми, лобными, теменными костями. Последние примыкают к верхней затылочной кости, которая вместе с парными боковыми затылочными костями и основной затылочной костью образует заднюю часть черепа. Низ черепа состоит (спереди назад) из сошника, парасфеноида (широкой длинной кости, очень характерной для черепа рыб) и основной кости. Передняя часть черепа занята капсулой, охраняющей органы обоняния; по бокам расположены кости, окружающие глаза, и ряд костей (обычно 5), защищающих органы слуха и равновесия.

Висцеральный отдел черепа состоит из ряда костных жаберных дуг, являющихся опорой и защитой жаберного аппарата и передней части пищеварительной системы. В состав каждой из упомянутых дуг входит несколько косточек. Дуг, к которым прикрепляются жаберы, у большинства рыб 5 (с каждой стороны). Внизу жаберные дуги соединяются между собой, а передняя из них связана с подъязычной дугой, которая состоит из нескольких костей. Верхняя из этих косточек — подъязычно-челюстная (гиомандибуляре) прикрепляется к мозговому отделу черепа в области слухового отдела и

связана через квадратную кость с костями, окружающими ротовую полость. Таким образом, подъязычная дуга служит для соединения жаберных дуг с остальными частями висцерального отдела, а ее верхняя кость — с мозговым отделом черепа.

Края рта и вся ротовая полость укреплены рядом костей. Верхнечелюстной ряд костей представлен (с каждой стороны) межчелюстной и верхнечелюстной костями. Далее идет ряд костей: нёбная, несколько крыловидных и квадратная. Квадратная кость вверху примыкает к подвеску (гиомандибуляре), а внизу — к нижней челюсти. Последняя состоит из нескольких костей: зубной (самой большой), угловой и сочленовной, соединяющейся с квадратной костью. У древних рыб (имевших еще хрящевой скелет) все дуги висцерального отдела черепа несли жабры, впоследствии же передние из этих дуг превратились в подъязычные дуги и челюстные ряды костей.

Позвоночный столб состоит из большого количества двояковогнутых (амфицельных) позвонков, в промежутках между которыми сохраняются остатки хорды. От каждого позвонка отходит вверх и несколько назад длинный остистый отросток. Основания этих отростков разделены, и они образуют канал, по которому проходит спинной мозг. От нижней стороны тел позвонков отходят два коротких поперечных отростка, к которым в туловищном отделе прикрепляются длинные изогнутые ребра. Они свободно оканчиваются в мышцах и образуют каркас боковых стенок тела. В хвостовой части тела от позвонков книзу отходят только нижние остистые отростки.

**Органы передвижения.** У костных рыб, как и у хрящевых, они представлены непарными (спинные, анальный, хвостовой) и парными (грудные и брюшные) плавниками. Лопasti плавников поддерживаются костными лучами. Одни лучи — мягкие, состоящие из ряда костных участков, другие — твердые, цельные, концы которых у многих видов заострены. Лучи спинных и анального плавников опираются на косточки — базалии (плавниковые подпорки), лежащие в мышцах у края тела. Парные плавники опираются на лежащие между мышцами пояса конечностей: грудные — на плечевой (или передний) пояс, состоящий из нескольких костей, верхняя из которых прикрепляется к черепу, брюшные — на тазовый (или задний) пояс, состоящий, как правило, из пары костей.

Лучи хвостового плавника опираются на заднюю часть позвоночного столба. У низших костных рыб (как и у хрящевых) хвостовой плавник гетероцеркальный, верхняя лопасть которого значительно больше нижней лопасти. У костистых рыб хвостовой плавник — гомоцеркальный, так как обе лопасти его приблизительно равны.

Постепенное окостенение скелета имело большое приспособительное значение в эволюции рыб, поскольку оно способствовало развитию крепкой опоры для мышц и надежной защиты центральной нервной системы и внутренних органов. Так как в состав костного скелета может входить большое количество мелких косточек, это явилось важным условием для возникновения множества видов, имеющих малую величину тела.

Костный скелет имеет большую массу, чем хрящевой, что могло бы затруднить плавание рассматриваемых рыб. Поэтому у последних развился путем ответвления от передней части кишки плавательный пузырь, лежащий над кишечником и заполненный смесью газов (азота, кислорода и углекислого газа), благодаря чему масса тела рыб значительно уменьшилась. У примитивных видов костных рыб (открытопузырных) пузырь остается соединенным с кишечной трубкой в течение всей жизни. У большинства видов (закрытопузырных), появившихся позднее, он полностью отделяется от кишки. В стенках пузыря имеются густые сплетения капилляров, которые обеспечивают наполнение его газами. Объем газов в закрытом пространстве, как известно, может при сжатии сильно уменьшаться и, наоборот, при уменьшении сжатия резко увеличиваться. Увеличение и уменьшение объема пузыря происходит вследствие работы мышц, окружающих брюшную полость. Поэтому плавательный пузырь не только уменьшает массу тела, но и выполняет также гидростатическую роль, т. е. облегчает подъем рыбы вверх при его расширении и погружение — при его сжатии. Плавательный пузырь

редуцировался у ряда видов рыб, ведущих малоподвижный образ жизни на дне, и у тех видов, которые, обладая сильной мускулатурой, способны быстро перемещаться вверх или вглубь. Наличие пузыря у последних могло бы вызывать при быстром подъеме сильное расширение его и выворачивание внутренностей, как это было доказано многими наблюдениями. У некоторых рыб плавательный пузырь, соединенный рядом косточек (веберов аппарат) с лабиринтом, способствует передаче в последний некоторых звуковых волн.

**Пищеварительная система.** У большинства костных рыб имеются некоторые особенности. Спиральной складки нет, увеличение поверхности кишечника происходит за счет его удлинения. Кроме того, от начальной части кишки у многих высших костистых рыб отходят пилорические отростки, тоже увеличивающие поверхность кишки. Экскременты удаляются через анальное отверстие; клоаки нет. Строение рассматриваемой системы различно в зависимости от характера питания. У хищников, нападающих на других рыб и более крупных беспозвоночных, широкий рот, обычно усаженный большими острыми зубами; желудок большой, резко отделенный от пищевода и начала кишки, общая длина кишечника значительно короче, чем у растительноядных видов. У последних и в особенности у видов, питающихся мелкими беспозвоночными и органическими остатками, зубы малы или их нет; желудок почти не выражен или отсутствует. У карповых и некоторых других рыб в глотке имеются особые глоточные зубы для механической обработки пищи. Печень хорошо развита, хотя не достигает такой величины, как у многих хрящевых рыб. Поджелудочная железа представлена отдельными дольками, находящимися в печени или в стенках начальной части кишечника, т. е. не имеет еще компактной формы, но развита лучше, чем у хрящевых рыб.

Изучение состава пищи разных рыб, особенно промысловых, имеет большое практическое значение, так как при наличии сведений о качественном и количественном составе органического мира определенных водоемов позволяет выяснить, какие виды и в каком количестве могут обитать в каждом из них, при каком сочетании видов кормовая база водоемов может быть всесторонне использована без ущерба для последующего восстановления ее.

**Дыхательная система.** Главными органами дыхательной системы являются жабры, состоящие из многих лепестков, прикрепленных проксимальными концами к жаберным дугам в отличие от жаберных пластин хрящевых рыб, прикрепленных одной стороной к межжаберным перегородкам. Следовательно, поверхность жабр костных рыб значительно больше, чем у хрящевых рыб. Более совершенен и механизм вдоха и выдоха. Довольно значительная часть газообмена (в среднем около 10%) совершается через кожу. В газообмене могут принимать участие плавательный пузырь и некоторые части кишечника.

**Кровеносная система.** Сердце состоит из предсердия и желудочка, Круг кровообращения один. Артериального конуса у костистых рыб нет, и артериальный сосуд, отходящий от желудочка, начинается луковицей аорты. Количество эритроцитов значительно больше, чем у хрящевых рыб, что способствует усилению интенсивности процессов диссимиляции. Селезенка хорошо развита.

**Выделительная система.** В выделительной системе особую роль играют туловищные почки, расположенные в виде двух длинных темно-красных узких лент вдоль позвоночного столба. Дистальные концы мочеточников (вольфовых каналов) соединяются и открываются наружу общим отверстием сзади анального отверстия. От дистальной части слившихся мочеточников отходит мочевой пузырь.

**Размножение.** Половая система костистых рыб по сравнению с хрящевыми и древними костными рыбами упрощена, но способна производить большое число гамет. Два удлиненных семенника (их часто называют молоками) находятся под почками по бокам плавательного пузыря. Семя выходит не через вольфов канал, а через короткую трубку, образованную оболочкой семенника. Оба семяпровода открываются наружу

общим половым отверстием сзади анального и мочевого отверстий или общим мочеполовым отверстием. Яичники (их обычно два) в период размножения представляют собой объемистые мешки, наполненные икрой, которая выходит наружу не через мюллеровы каналы (они редуцируются), а через короткие трубки, идущие от половых желез и открывающиеся наружу самостоятельным отверстием или в общее мочеполовое отверстие. Следовательно, созревшие яйцеклетки не попадают в полость тела, а быстро выходят из тела самок. Оплодотворение у подавляющего большинства видов костных рыб наружное. Внутреннее оплодотворение, а также живорождение свойственно сравнительно немногим представителям этого класса. Икра выметывается на водные растения и реже на другие подводные субстраты, а у меньшинства видов — в толщу воды. В связи с наружным оплодотворением масса гамет, зигот и мальков погибает. Поэтому плодовитость костных рыб очень велика. Например, карп производит более 1 млн икринок, щука — около 1 млн, палтус — 2—3,5 млн, треска — до 1 млн. Созревание половых желез зависит от разных факторов — внутренних и наружных. Ускоряющее воздействие на созревание половых желез оказывают гормоны гипофиза.

Оплодотворение икры можно осуществить в искусственных условиях, смешивая икру и семя рыб в присутствии небольшого количества воды. В настоящее время такая методика хорошо разработана и успешно применяется в широких масштабах на так называемых рыбоводных заводах. Оплодотворенная икра развивается в благоприятных условиях обычно до стадии мальков, способных добывать пищу в естественных водоемах, куда их выпускают. Такие мероприятия содействуют восстановлению ценных промысловых рыб, численность которых резко сократилась вследствие загрязнения водоемов, затруднения миграций рыб на места их размножения, их усиленной добычи.

На скорость роста рыб влияют различные условия жизни: питание, температура, состав растворенных в воде веществ и др. Рост в зависимости от изменений условий жизни идет неравномерно. Известно, например, что он замедляется в холодное время, что можно проследить на годовых кольцах чешуи рыб. Исследования роста рыб в разных водоемах имеют большое теоретическое и практическое значение, так как благодаря им можно выяснить, какие условия благоприятствуют ему, какие, наоборот, задерживают его, как восстанавливаются запасы промысловых рыб и т. д.

**Продолжительность жизни** рыб различна: одни живут менее года (некоторые виды хамсы и др.), другие — несколько лет (тихоокеанские лососевые — кета, горбуша и др.), третьи — несколько Десятков лет и даже около 100 лет (крупные осетровые, щука, сазан и др.).

### **Вопросы к разделу**

1. Как распределяются экологические группы рыб по водоёмам?
2. Латимерия, история поимки и биологическая характеристика.
3. Подкласс двоякодышащие.
4. Характерные признаки. Распространение.

### **Раздел 13**

**Подкласс лучеперые. Главнейшие роды. Состояние запасов, промысел, мероприятия по увеличению численности. Отряд сельдеобразные. Особенности жизненного цикла: миграции, размножение, нагул. Промысловое значение. Сем. Анчоусовые. Важнейшие представители. Черноморская и Азовская хамса, жизненный цикл, промысловое значение.**

#### **Отряд осетрообразные.**

Большинство видов крупных размеров: длина тела белуги до 4-5 м, русского и сибирского осетров — до 2-3 м (рис. 86) и т. д.; но стерлядь — небольшая рыба (длина тела — 40-60 см). Хвостовой плавник — гетероцеркальный. На теле пять рядов костных

пластинок (жучек), образовавшихся из ганоидных чешуи. Череп хрящевой, но окружен покровными костями. Хорда хорошо развита. Тел позвонков нет. Сохранилось брызгальце. Имеются артериальный конус и спиральная складка в кишке. Таким образом, у этих рыб, как и у других ганоидов, сохранился ряд признаков хрящевых рыб. Крупные осетровые — хищники, поедающие других рыб; остальные питаются мелкими беспозвоночными. Половозрелого состояния достигают поздно; самцы крупных видов в возрасте не ранее 10—12, самки — 12—15 лет; самцы стерляди — в 4—5 лет, самки — 7—8 лет. Большинство видов — проходные или полупроходные рыбы. Стерлядь обитает только в пресных водах, но совершает в реках довольно далекие нерестовые миграции. Всего известно 26 видов, из них 14 в России (главным образом в Каспийском и Азово-Черноморском бассейнах, в реках Сибири и Дальнего Востока). Издавна высоко ценились мясо и икра.

**Основные признаки родов алозы и океанической сельди.**

**Алозы** — род лучепёрых рыб из семейства сельдевых (*Clupeidae*).

Алозы отличаются от настоящих сельдей тем, что легко теряют свои зубы.

Тело с боков сжато и на брюшном крае по причине выступающих чешуй пилообразно. Глаза так прикрыты передними и задними веками, что остается видной только середина в виде горизонтального заостряющегося овала; большие чешуйки легко отпадают; брюшные плавники находятся под спинным плавником.

Из принадлежащих к данному роду видов сельдь Кесслера (*Alosa kessleri*), отличается оливкового цвета спиной с металлическим блеском, блестящими золотистыми жаберными крышками и боками, серебристым брюхом и многочисленными пластинками на внутренней стороне жаберной дуги; обитает в Каспийском море. Весной поднимается в реки, из которых на севере скоро возвращается. Ловят её удочками, сетями и вершами. Она достигает длины 60 сантиметров и весит около двух килограммов. Мясо её весьма вкусно, удобоваримо и в начале XX века ценилось на Рейне почти одинаково с мясом лосося.

От описанного вида трудно отличить верховодку (*A. finta*), совершенно сходную с ним по окраске, зубцам, форме тела и т. д., но имеющую на внутренней стороне жаберной дуги короткие толстые шипы. Она отличается, впрочем, ещё тем, что вдвое меньше и легче *A. vulgaris* и что позже её (в июле) поднимается в реки. Мясо *A. finta*, которую часто принимают за молодую *A. vulgaris*, мягко и безвкусно. В озёрах Ломбардии встречается ещё один вид, до сих пор точно не определенный.

В Каспийском море обитают 3 вида тюлек (килек): анчоусовидная, большеглазая и черноморско-каспийская, представленная подвидом каспийская тюлька *S. cultriventriscaspia*, известная более как обыкновенная килька. Из них каспийская тюлька является эвригалинной и распространена повсеместно в море, в реках Волге, Урале, Тереке, а также в Цимлянском и во всех волжских водохранилищах. Анчоусовидная и большеглазая тюльки - морские солонолюбивые виды и населяют Средний и Южный Каспий.

**Вопросы к разделу**

1. Состояние запасов, промысел.
  2. Мероприятия по увеличению численности отряда осетрообразные.
- Особенности жизненного цикла: миграции, размножение, нагул.
1. Промысловое значение. Сем. Анчоусовые. Важнейшие представители.
  2. Черноморская и Азовская хамса, жизненный цикл, промысловое значение.

**Раздел 14**

**Отряды трескообразные, кефалеобразные, окунеобразные, скорпенообразные, камбалообразные. Их подотряды, важнейшие семейства. Отличительные признаки, образ жизни и промысловое значение.**

**Отряд Трескообразные.** Характеризуются мягкими, расчлененными лучами всех плавников, расположением брюшных плавников впереди грудных и замкнутым плавательным пузырем. Огромное большинство представителей — чисто морские рыбы и имеют большое промысловое значение. Общий мировой улов около 24 млн. ц или 14% всего улова. Особенно велико значение *трески*, улов которой в мировом масштабе занимает второе место после сельдей. Кроме ее мяса, используется также и печень, из которой готовится медицинский рыбий жир. Типичные представители: *треска*, близкая к ней *пикша* и *навага*, добываемые в большом количестве в Баренцевом море и северной части Атлантического океана. К пресноводным формам, относится только *налим*.

**Отряд Окунеобразные.** К отряду принадлежит чрезвычайно большое число видов современных костистых рыб, широко распространенных как в морских, так и пресных водах. Особенно богато окунеобразные представлены в тропических водах. Характерно, что как парные, так и непарные плавники имеют известное число жестких нерасчлененных колючих лучей. Брюшные плавники располагаются под грудными или даже несколько впереди них. Брюшной пояс соединен связкой с плечевым. Обычно имеется два спинных плавника, причем первый обычно несет колючие лучи. Чешуя, если есть, обычно ктеноидная, реже циклоидная.

Многие окунеобразные имеют важное промысловое значение, например, в мировом промысле — *горбылевые, серрановые, скумбриевые, тунцовые* и *окуневые*, в нашем промысле — *скумбрия, морской окунь, судак*. Отряд включает около 20 подотрядов, из которых мы рассмотрим только главные.

**Подотряд окуневидные.** Содержит очень разнообразных рыб: сюда относятся яркоокрашенные коралловые рыбы, пресноводные ушастые окуни Северной Америки, цихлиды — обитатели пресных вод тропиков, среди них промысловый вид тилапия в озерах Африки; в наших водах обитают судак, окунь, ерш, ставрида, барабулька, зеленушки и др.

**Отряд Камбалообразные.** Представители этого отряда имеют сжатое с боков, сплющенное тело, окаймленное длинными спинным и анальным плавниками, и несимметричный череп с глазами, расположенными на одной стороне. Плавательного пузыря нет. Камбалы ведут донный образ жизни, лежат на дне и плавают на боку. Молодые рыбы имеют глаза, расположенные по обеим сторонам тела и плавают в нормальном положении, но затем ложатся на бок на дно, и один глаз перемещается на противоположную (“верхнюю”) сторону. К отряду относятся 5 семейств, в том числе *ромбы, камбалы* и *морские языки*. Камбалообразные распространены в тропических, умеренных и арктических водах Мирового океана. Почти все камбалы — морские рыбы, лишь немногие в период нагула входят в реки. Большинство камбал откладывает пелагическую икру, которая развивается в толще воды. Камбалообразные являются важнейшими промысловыми рыбами. Типичные представители: *черноморский калкан, обыкновенный* или *белокорый, палтус*, самая крупная из камбал, достигающая почти 5 м длины и до 300 кг веса, обитает в Северной Атлантике и северной части Тихого океана; *морская камбала, морской язык*, распространенный по побережью Европы от Черного до Северного морей.

### **Вопросы к разделу**

1. Отличительные признаки и образ жизни отрядов трескообразные, кефалеобразные, окунеобразные, скорпенообразные, камбалообразные.
2. Промысловое значение.

## Раздел 15

### **Термальное и геотермальное рыбоводство. Биотехнология разведения и выращивания различных видов рыб в бассейнах и садках с использованием геотермальных и отработанных вод ГРЭС.**

Рыбоводство — более древняя и развитая отрасль аквакультуры, занимающаяся искусственным выращиванием рыб и увеличением рыбных запасов в естественных водоемах. В рыбоводстве различают несколько направлений: прудовое рыбоводство, выращивание рыб на термальных водах (индустриальное рыбоводство), озерно-товарное хозяйство, подращивание молоди рыб для пополнения запасов ценных промысловых рыб (лососевых, осетровых), а также аквариумное рыбоводство. Все эти формы сходны по биотехнологии размножения и выращивания рыб.

Прудовое рыбоводство занимается выращиванием рыб в прудах, карьерах, рисовых чеках, небольших водохранилищах, озерах, а также в различных подсобных водоемах. Среди прудовых хозяйств различают специализированные рыбоводные хозяйства, занимающиеся только выращиванием рыбы, а также многоотраслевые предприятия, в которых рыбоводство является дополнительной отраслью животноводства в виде рыбоводных ферм, водоемов комплексного назначения и т. д. Прудовое рыбоводство дает наибольший объем продукции аквакультуры.

В последние годы широкое развитие получило рыбоводство на термальных (подогретых) водах ГРЭС, АЭС, крупных заводов, а также в естественных геотермальных источниках. Эту отрасль часто называют индустриальным рыбоводством, так как рыб здесь выращивают по высокоинтенсивной технологии, исключительно на искусственных кормах, в ограниченных емкостях (бассейнах, садках). По биотехнологии близко к тепловодной аквакультуре аквариумное рыбоводство.

Задачи пополнения запасов ценных промысловых рыб выполняют нерестово-выростные хозяйства и рыбоводные лососевые и осетровые заводы, которые занимаются отловом производителей, инкубацией икры и выращиванием молоди до возраста двухлетков и трехлетков и затем возвратом их в реки и моря. Они используют интенсивную или полунинтенсивную форму рыбоводства.

Озерно-товарные рыбоводные хозяйства предназначены для повышения рыбопродуктивности озер путем размножения и подращивания молоди сиговых и других видов рыб, последующего зарыбления озер и организации на них рыбоводно-мелиоративных работ.

В зависимости от видового состава выращиваемых рыб рыбоводные хозяйства делят на два типа: холодноводные и тепловодные. В холодноводных хозяйствах разводят в основном форель и других холодолюбивых лососевых рыб. Тепловодные или карповые хозяйства предназначены для выращивания теплолюбивых рыб: карповых, осетровых, сомовых.

По биотехнологии выращивания рыб различают полносистемные и неполносистемные хозяйства.

Полносистемные рыбоводные хозяйства занимаются разведением и выращиванием рыбы от икринки до получения товарной продукции. В них имеется рыбопитомный участок, где получают посадочный материал от производителей, и нагульный участок для выращивания товарной рыбы. Товарной продукцией этих хозяйств могут быть также оплодотворенная икра, посадочный материал (сеголетки или годовики) и производители.

Неполносистемные хозяйства — это рыбопитомники и нагульные хозяйства.

Рыбопитомники занимаются выращиванием и реализацией только рыбопосадочного материала: личинок, мальков, сеголетков, годовиков, а также двух- и трехлетков для племенных целей.

В нагульных хозяйствах выращивают только товарную (столовую) рыбу, получая посадочный материал из рыбопитомников.

Рыбоводные хозяйства в зависимости от климатической зоны и принятой технологии выращивания работают с одно-, двух- или трехлетним оборотом. Под оборотом в рыбоводстве подразумевается отрезок времени, необходимый для выращивания рыбы от икринки до товарной массы. В нашей стране принят в основном двухлетний оборот, когда товарную рыбу выращивают в течение двух лет (16-19 месяцев). В первый год получают посадочный материал — сеголетков и годовиков. В течение второго лета из них выращивают товарных двухлетков.

В северных районах и средней полосе России сейчас перешли на трехлетний оборот, когда товарную продукцию получают только к концу третьего лета (в течение 28-30 месяце). При этом выращивают крупную рыбу, например карпа массой 1 кг и более.

### ***Вопросы к разделу***

1. Биотехнология разведения и выращивания различных видов рыб в бассейнах и садках с использованием геотермальных и отработанных вод ГРЭС.
2. Термальное и геотермальное рыбоводство.

### **Раздел 16**

**Рыбоводство в естественных водоемах. Озеро – жизненная среда для рыб. Рыбохозяйственная классификация озер. Олиготрофные, эвтрофные и дистрофные озера. Рыбохозяйственная мелиорация в естественных водоемах. Особенности рыбоводного хозяйства в естественных водоемах.**

*По питательности содержащихся в озере веществ* различают три типа озер:

- *Олиготрофные* (с малым количеством питательных веществ) — озера характеризуются обычно большими или средними глубинами, значительной массой воды ниже слоя температурного скачка, большой прозрачностью, цветом воды от синего до зеленого, постепенным падением содержания  $O_2$  ко дну, вблизи которого вода всегда содержит значительные количества  $O_2$  (не менее 60% от содержания его на поверхности)
- *Эвтрофные* (с большим содержанием питательных веществ) — хорошо прогреваемые озера (слой ниже температурного скачка очень невелик), прозрачность невелика, цвет воды от зеленого до бурого, дно устлано органическим илом. Вода богата питательными солями, содержание  $O_2$  резко падает ко дну, где он часто исчезает совершенно.
- *Дистрофные* (бедные питательными веществами) — заболоченные озера с небольшой прозрачностью и желтым или бурым (от большого содержания гуминовых веществ) цветом воды. Минерализация воды мала, содержание  $O_2$  пониженное вследствие его расхода на окисление органических веществ.

В естественных водоемах, как и в прудах, происходят во времени процессы ухудшения условий жизни растительных и животных организмов. В результате резко снижается рыбопродуктивность водоемов. Причин таких изменений несколько.

*1. Неудовлетворительное состояние гидрологического режима.* Сюда относят сезонные и периодические колебания уровня воды. В результате происходит ухудшение газового режима водоема, его осолонение, сокращение естественных нерестилищ. Примером могут служить озера степной зоны Западной Сибири, а также водохранилища, построенные на равнинных реках.

В период снижения уровня воды в водоеме резко ухудшаются условия существования ихтиофауны, зимой наблюдается замор рыб. Усыхание озер может быть в



результате изменения климата: чередование периодов со значительным количеством осадков и засушливых периодов.

В естественных водоемах наблюдаются сезонные колебания уровня воды. Весной, благодаря стоку талых вод, они наполняются водой. Это иногда приводит к увеличению глубин для фитофильных рыб. В результате резко падает численность молоди этих рыб данного года. В дальнейшем в результате испарения уровень воды падает, гидрохимический режим водоема становится неблагоприятным для гидробионтов вплоть до заморных явлений.

В озерах с периодическим снижением уровня воды это ведет к их осолонению. В результате происходит гибель многих кормовых для рыб организмов, а для многих рыб осложняются нерестовые условия, так как часть пресноводных видов рыб размножается только при определенной солености воды.

2. *Зашление.* Оно является результатом притока в водоем вместе со стекающими в него водами большого количества взвешенных веществ. Интенсивность этого процесса зависит от характера водосбора, от строения почв, от наличия по берегам естественных водоемов лесных насаждений.

3. *Заращение водной и болотной растительностью.* Заращение и заболачивание мелководной части естественных водоемов является следствием бурного развития водной и болотной растительности. Этот процесс связан повышенной минерализацией мелководных участков и отсутствием борьбы с такой растительностью. Интенсивное развитие жесткой надводной растительности ведет к появлению сплавин.

4. *Загрязнение водоемов сточными водами.* В естественные водоемы с водосборной площади (поля, стоки животноводческих помещений и промышленных предприятий) поступают воды, богатые минеральными и органическими соединениями. При небольших их количествах они стимулируют рост водной растительности и зоопланктона. При чрезмерном загрязнении, особенно токсическими веществами, создаются условия, ведущие к гибели всех гидробионтов водоема.

5. *Сокращение биостока.* В этом случае в естественный водоем поступает мало воды. Ручьи и родники заиливаются.

Все мелиоративные мероприятия на естественном водоеме делят на текущие и коренные. Текущие и коренные мероприятия делят на технические, химические и биологические.

### **Вопросы к разделу**

1. Рыбохозяйственная классификация озер.
2. Олиготрофные, эвтрофные и диетрофные озера.
3. Рыбохозяйственная мелиорация в естественных водоемах.
4. Особенности рыбоводного хозяйства в естественных водоемах.

### **Раздел 17**

**Выращивание рыбы в плавучих садках. Виды рыб, выращиваемых в садках. Особенности выращивания ценных рыб в садках. Особенности выращивания ценных рыб в садках. Выращивание рыбы в стационарных и земляных садках, береговых бассейнах.**

#### ***Какие виды рыб выращивать в садках.***

Выбор объектов разведения зависит от климатической зоны. Так, для северных и северо-западных районов России больше всего подходят холоднолюбивые виды: радужная форель, пелядь, чудский сиг, стальноголовый лосось и другие. В центральной полосе России также возможно выращивать эти виды рыб, однако следует использовать для этого только весенний или осенний сезоны. Если же выращивание проводить летом, то либо садки устанавливают на глубине в зоне температурного скачка, либо на течении.

Но при этом хорошие результаты получают, как правило, только в годы с холодным летом.

Наиболее подходящими объектами в центральной зоне России являются осетровые: стерлядь, русский, сибирский осетры, бестер, остер, белуга. Температурный оптимум для них 15 — 25 °С. Именно такие температуры чаще всего бывают летом в центре Российской Федерации. Наиболее перспективным объектом считается стерлядь. Теплолюбивые виды рыб такие как карп, толстолобики, белый амур, канальный сом, теляпии выращивают на сбросных каналах ИРЭС, АЭС, в водоемах-охладителях, а также в южных районах страны. Если ваш садовый участок расположен на берегу реки или какого-либо водоема, то вы вполне можете установить в нем делевый садок и выращивать рыбу.

Для начала следует правильно выбрать вид, пользуясь приведенными выше рекомендациями. Следует также помнить, что в настоящее время себестоимость товарной рыбы, получаемой при выращивании в садках, а также бассейнах и системах с оборотным водоснабжением, примерно в 1,5 - 2 раза выше себестоимости прудовой рыбы. Происходит это из-за необходимости использовать полноценные сбалансированные корма, стоимость которых заметно выше, чем комбикормов, используемых в прудовом рыбоводстве. Поэтому, прежде чем начинать выращивание, нужно провести экономические расчеты, определить себестоимость продукции и сравнить её с ценами на аналогичную продукцию на рынке. Если она окажется сопоставимой с рыночными ценами, то нужно поменять объект сращивания.

Обычно в садках выращивают ценные дорогостоящие виды: осетровых, форель и другие. В этом случае ваше предприятие будет иметь экономический успех. При выборе в качестве объекта разведения карпа, клаиревого сома или теляпии следует хорошо все просчитать, чтобы не сработать себе в убыток. Клариевый сом и теляпии -виды достаточно экзотические для России и пока плохо рекламируемые. Вследствие этого население подчас предпочитает более знакомого карпа, хотя и сом, и теляпия обладают перед ним некоторыми преимуществами. Они менее костистые, обладают превосходным вкусом, а цены на них сравнимые с ценами на карпа.

Другая проблема, которая обязательно встанет перед вами, — охрана садков. Решать её придется каждому по-своему. Но без радикального её решения не стоит даже браться за дело. Итак, вы установили в реке или в другом водоеме один или несколько садков, приняли меры по их охране, выбрали вид рыбы. Теперь остается определиться с типом вашей небольшой садковой фермы. Вы можете закупать посадочный материал и проводить товарное выращивание. Можно также закупать личинок и выращивать посадочный материал с последующей его реализацией. Во втором случае несколько упрощается организация охраны, так как мелкая рыба не представляет такого интереса, как товарная, и вас будут меньше беспокоить потенциальные грабители.

И наконец, третий вероятный тип фермы — использовать садки для передержки и последующей продажи товарной рыбы. Закупая товарную рыбу в специализированных рыбхозах по цене производителей, реализовать её после передержки по розничным ценам. В этом случае следует также просчитать, какой объем рыбы позволит окупить все затраты и иметь прибыльное дело. Использование садков в качестве базы передержки не требует затрат на корма, так как рыбу при содержании не кормят.

При садковом содержании рыбу выращивают не во всем водоеме, а в отдельной, огороженной его части, которая называется садками. Садками могут являться различные сооружения: дель, натянутая на колья или любой другой каркас, деревянные плавучие решетчатые ящики, сетчатые металлические или пластмассовые емкости и другие. Садки устанавливают в проточном или непроточном водоеме. Садками называют также небольшие пруды площадью от 10 до 4000 м<sup>2</sup>, имеющие высокую проточность и служащие для передержки рыбы в осенне-зимне-весенний период. В этой главе мы не

будем касаться прудов-садков, а поговорим о классических садках - сетчатых емкостях, установленных в водоеме.

Садковое рыбоводство имеет свои преимущества по сравнению с классическим. Одно из них заключается в том, что садковые хозяйства могут располагаться непосредственно в водоемах, в том числе комплексного назначения и занимать только часть их, что позволяет использовать водные ресурсы не только для рыбоводства, но и для других отраслей. Другим преимуществом является то, что для садковых хозяйств не требуется изъятия значительных площадей земли из сельскохозяйственного оборота, как прудовых хозяйствах. Садки располагают в самом водоеме, а на берегу строят только вспомогательные сооружения: склады, жилые дома и т. д. При этом, если капитальные затраты на строительство береговых подсобных помещений примерно сопоставимы с такими же затратами в прудовых хозяйствах, то затраты на основные рыбоводные и гидротехнические сооружения в садковых хозяйствах значительно меньше.

В отличие от бассейновых хозяйств, о которых речь пойдет ниже, при выращивании рыбы в садках не требуется создания принудительного водообмена и расхода электроэнергии на перекачивание воды. В садках постоянно происходит пассивный, т. е. не требующий усилий со стороны человека, водообмен, создаваемый самой рыбой при движении в садках, а также за счет волнового перемешивания. Благодаря этому происходит постоянное обновление воды в садках, и ее качество находится в границах рыбохозяйственных норм даже при высоких плотностях посадки рыбы. В хорошо проницаемых садках из капроновой дели создается такой же физико-химический режим, как и в водоеме, в котором они установлены. Это позволяет расширить по сравнению с прудами количество выращиваемых видов рыб, в том числе и высокоценных, таких как лососевые и осетровые. Садковые рыбоводные хозяйства на озерах и водохранилищах позволяют использовать часть кормовых ресурсов водоемов. Вокруг садков создается зона с более высокой концентрацией зоопланктона, фитопланктона, бентоса, дикой рыбы, которые привлекаются остатками комбикормов и экскрементов, вымываемыми через отверстия в капроновой дели. Часть из них с током воды может попадать и в садки. Садковые хозяйства могут располагаться и зачастую располагаются вблизи или даже на территории населенных пунктов. Это позволяет получать некоторые преимущества, выражающиеся в наличии подъездных путей, обеспеченности рабочей силой, использовании готовых коммуникаций (линий электропередач, водопровода, газопровода).

Но наряду с преимуществами выращивание рыбы в садках имеет и свои отрицательные стороны. Главное из них - это эвтрофикация - загрязнение водоема органическим веществом. Название "эвтрофикация" происходит от греческого слова "эвтрофия", что в переводе на русский означает хорошее питание. Плотные посадки рыбы и интенсивное кормление приводят к прогрессирующей эвтрофикации водоема. Чтобы этого не происходило, следует неукоснительно соблюдать главное правило: площадь садков в водоеме не должна превышать 0,1% от площади всего водоема. Кроме того, рациональное кормление рыбы, использование эффективных рецептур кормов и способов кормления, о которых было уже рассказано, применение известкования, подсадки добавочных видов рыб, где это возможно, снижают отрицательное влияние садковых хозяйств на водоем. Однако даже если выполняются все вышеперечисленные меры, все равно количество органического вещества в водоеме возрастает. Вот почему не рекомендуется организовывать садковые хозяйства на водоемах, используемых в качестве источников питьевой воды для населения.

### **Классификация**

**садков.**

Главным рыбоводным оборудованием в садковых хозяйствах являются садки. Если хозяйство полносистемное, то в садках содержат круглый год и производителей, и ремонтное поголовье, выращивают сеголеток, проводят зимовку, выращивают товарную

рыбу. Если хозяйство товарное, то в садках выращивают только товарную рыбу из приобретенного на стороне посадочного материала. Все типы садков для выращивания рыбы разделяются на две большие группы: стационарные и плавающие.

#### *Стационарные*

*садки.*

Их применяют в водоемах с постоянным уровнем воды. В водоеме устанавливают свайную эстакаду с гнездами в центральной части для размещения садков. В гнездах помещают садки. Они имеют жесткий каркас, выполненный из дерева, металла, и обтянутый капроновой делью. Садок может не иметь каркаса. В этом случае он представляет собой делевый мешок в форме параллелепипеда. Верхние углы мешка закрепляют на эстакаде над поверхностью воды. К нижним углам привязывают груз. Таким образом садок сохраняет прямоугольную форму. Простейший стационарный садок может быть выполнен в виде делового мешка, растянутого на кольях, забитых в дно реки или пруда. Подход к нему осуществляет по мостику, проложенному с берега.

#### *Плавающие*

*садки.*

Наиболее распространены в рыбоводных хозяйствах. Им не страшны колебания уровня воды. Они могут быть установлены практически в любых водоемах. Плавающие садки можно, в свою очередь разделить на три группы по типу конструкции. К первой относятся садки на понтонах. На понтоны укладывают деревянные или металлические настилы - дорожки, с которых обслуживают садки, которые чаще всего выполняют из дели. Понтонные садки плохо приспособлены для замерзающих водоемов так как вмерзание в лед понтонов или сетчатых садков может привести к их деформации и разрушению. Поэтому понтонные садки чаще всего устанавливают на теплых водах: сбросных каналах и водоемах-охладителях АЭС, ГРЭС и других водоемах. Промышленные садки изготавливают секциями из шести штук. Понтон, поддерживающий на плаву секцию, состоит из заваренных с торцов герметичных стальных труб большого диаметра, соединенных металлическими конструкциями. Вдоль труб проходят мое тики - настилы. Размеры садков могут быть различными, чаще 4 x 3 x 3 м. Размер ячеек от 5 до 20 мм в зависимости от массы выращиваемой рыбы. Расстояние между садками около 1 м. Понтонные садки обычно устанавливают в водоемах площадью от 50 до 1000 га в местах, где глубина не менее 4-5 м. Расстояние от берега - от 5 до 20 м. Желательно, чтобы в месте установки садковых линий была небольшая проточность. Оптимальным считается скорость потока воды 0,5-1,0 м/с.

Ко второй группе относятся секционные садки, зарыбление и облов которых проводят или с берега, или на причале. Кормят рыбу с лодок. Садковые линии секционных садков представляют собой ряд из шести с каждой стороны соединенных металлических каркасов, обтянутых делью, между которыми проходит мостик для обслуживания. Плавучесть, обеспечивается герметичными трубами диаметром 300-1000 мм.

К третьей группе относятся плавающие автономные разборные садки, сокращенно ПАРС. Они состоят из облегченного каркаса, выполненного из дерева, пластмассы или металла, и капроновой дели. Обслуживают их с лодок. Размер садков 6 x 6 x 3 м. Устанавливают их в водоеме по отдельности на расстоянии 10-20 м друг от друга и 50-70 м от берега. Летом используют садки летнего типа, зимой - зимнего, погружаемые под лед. Зимние садки предназначены для зимовки посадочного материала, а также производителей и ремонта. В отличие от летних, зимние садки плотно закрывают сверху, так как весь садок помещают под воду на глубину, исключая его соприкосновение со льдом. При зимовке закрытопузырных рыб, у которых плавательный пузырь заполняется секреторно за счет образования газа внутри организма, и у которых зимой отсутствует потребность в атмосферном воздухе, используют зимние садки без вентиляционных устройств. К таким рыбам относятся стерлядь, бестер, сибирский осетр, чудской сиг, пелядь, карп и некоторые другие. Такие виды как русский осетр, радужная форель и другие, испытывают зимой потребность в атмосферном воздухе. Поэтому в зимних садках

для них делают специальные вентиляционные устройства - фонари. Их делают из дерева, пластмассы. Они могут иметь квадратное или круглое сечение. Фонари вмораживают в лед, и они выступают над поверхностью водоема. Сверху их закрывают крышкой. При постоянном движении рыбы в садке вода в фонарях обычно не замерзает и при необходимости рыбы могут заглатывать воздух. По целевому назначению рыбоводные садки, так же как и пруды, разделяются на нагульные, выростные, мальковые, личиночные, нерестовые и зимние. Они различаются по размерам каркаса и ячеей дели. Так, для нагульных и выростных садков нормативная глубина 3 м. Для всех остальных - 1 м. Площадь личиночных садков 2 x 2 м, мальковых - 3 x 1 м, нерестовых - 1,5 x 1,5 м и зимних 3 x 3 м. Длина нагульных и выростных садков обычно от 2,5 до 6 м, ширина - от 3 до 6 м. Размер ячеей для нагульных садков 5-20 мм, выростных - 3,6-4,0 мм, мальковых - 3,6 мм. Для личиночных садков используют капроновое сито N 7-17. Сетное полотно садков, где выращивают рыб, берущих корм в толще воды, со всех сторон делают одинаковым. Для рыб, берущих корм со дна (осетровые), дно садков делают из капронового сита N 7-17.

### ***Вопросы к разделу***

1. Виды рыб, выращиваемых в садках.
2. Особенности выращивания ценных рыб в садках.
3. Выращивание рыбы в стационарных и земляных садках, береговых бассейнах.

### **Раздел 18**

**Способы транспортировки живой рыбы и икры. Требования к транспортируемому рыбе и емкостям. Способы, технологии, оборудование и инвентарь для транспортировки икры, личинок, мальков и взрослой рыбы.**

#### ***Перевозка живой рыбы по воде в прорезях.***

Перевозка рыбы по воде в прорезях является самым простым, надежным и дешевым видом транспорта, обеспечивающим доставку рыбы на значительные расстояния без потерь.

Перевозят рыбу в несамоходных и самоходных баржах. Самыми удобными для перевозки являются прорези типа астраханских. Они имеют помещение для приемки рыбы, носовые и кормовые кингстоны для регулировки затопления, закрытый передний люк для посола свежей рыбы, руль («навесь»), обеспечивающий хорошую маневренность судна. Длина прорезей-живорыбниц по килю – от 9 до 10,5 м, ширина – 3–3,5 м, осадка – 0,6–0,75 м. Объем воды колеблется от 7 до 9 м<sup>3</sup> в зависимости от загрузки кингстонов. Средний объем из-за мелководья и для облегчения буксировки составляет 8 м<sup>3</sup>. Живорыбное отделение для удобства обслуживания, перевозки различных пород рыбы и сортировки разделено на три отделения.

При перевозке годовиков карпа или сазана в каждое отделение вкладываются деревянные садки из досок, обшитых дранкой, или дель с ячейей 6–8 мм. Края дели крепят к бортам прорези, дель набирается со слабиной, а в середине притапливается каким-либо грузом. Садки или выстилка делью предотвращают уход мелкой рыбы в отверстия прорези и значительно улучшают процессы разгрузки.

Нормы посадки рыбы зависят от длительности перевозок, температуры воды и сезона перевозок.

#### ***Безводная перевозка живой рыбы***

Первые безводные перевозки на самолете проведены в 1933 г. Проведенные опыты показали возможность транспортировки товарной рыбы без воды в течение 3–4 часов. Для транспортировки живого карпа, карася, линя, щуки, сома без воды из рыбоводных хозяйств, из живорыбных вагонов или городских садков в магазины рекомендуется использовать автомашины.

В специальные рамы кузова установлены 6 бочек для льдосолевого охлаждения воздуха.

При круглогодичном использовании этих машин для безводных перевозок живой рыбы рекомендуется:

- а) установить подвесной (съёмный) бак из белой нержавеющей жести емкостью 15–20 л с краном и отводящим распылителем для периодического увлажнения рыбы;
- б) подвести от мотора газовое отопление кузова для повышения температуры воздуха до 1–3 °С в зимний период;
- в) поставить в кузове передвижные закрепители из деревянных реек с металлическими зажимами для закрепления ящиков с рыбой.

В качестве тары для безводных перевозок живой рыбы можно использовать стандартные ящики из дюралюминия, используемые в торговой сети для перевозок рыбопродуктов и мяса. В ящик вмещается 20–22 кг живой рыбы. Для свободного стока воды и циркуляции воздуха в крышке, дне и боковых стенках ящиков надо сделать отверстия диаметром 10–12 мм с размещением их в шахматном порядке через 8–10 см.

Перед каждым рейсом за живой рыбой кузов машины и весь инвентарь необходимо тщательно промывать чистой водой. Рыбу размещают в ящиках в 2–3 слоя, взвешивают и погружают в кузов автомашины стойками, которые закрепляются зажимами. Наиболее благоприятны температуры воздуха для безводных перевозок живой рыбы 2–10 °С. При температурах наружного воздуха выше 10 °С, кроме льдосолевого охлаждения воздуха, в кузове рекомендуется устанавливать верхний ряд ящиков, заполненных дробленым льдом.

#### ***Перевозка личинок и мальков***

Основным условием успешной транспортировки молоди является наличие в воде достаточного количества кислорода во все время нахождения рыбы в пути.

Молодь всех рыб легко транспортировать в ранний период развития, когда она свободно плавает. При перевозке молоди после перехода на активное питание отходы ее в пути могут происходить не только от недостатка кислорода, но и от недостатка пищи. Поэтому при длительной перевозке (более 12 ч) молодь, перешедшую на активное питание, необходимо подкармливать яичным желтком, превращенным в суспензию.

В пути необходимо предохранять молодь от сильных встрясок, так как личинки с не полностью рассосавшимся желточным мешком очень нежны и легко повреждаются при сильном ударе или сотрясении. Поэтому при перевозке их в каннах или бидонах под брезентовый чан с водой в повозке или автомашине рекомендуется уложить солому, сено или мох.

Температура воды в транспортной посуде при перевозке должна быть такой же, как в водоеме, где молодь выращивалась. Резких колебаний температуры допускать нельзя, постепенное снижение или повышение допускается в пределах 3–5 °С. Мальков карповых рыб можно перевозить при температуре воды 10–12 °С.

При всех видах транспорта нельзя допускать повышения температуры воды выше 16 °С. Понижение температуры воды во всех случаях достигается внесением льда в сосуды.

#### ***Вопросы к разделу***

1. Требования к транспортируемым рыбе и емкостям.
2. Способы, технологии, оборудование и инвентарь для транспортировки икры, личинок, мальков и взрослой рыбы.

### **Раздел 19**

**Правовая охрана рыбных ресурсов на внутренних водоемах страны. Охрана и регулирование промысла живых ресурсов в территориальных водах, экономзонах,**

**на континентальном шельфе. Международное правовое регулирование использования живых ресурсов Мирового океана, международных рек и озер.**

**Правовая охрана рыбных ресурсов во внутренних водоемах страны.**

Фонд рыбохозяйственных водоемов страны, его структура и классификация. Биологические основы ведения рационального рыбного хозяйства. Законодательство об охране живых водных ресурсов и регулировании промышленного рыболовства во внутренних водоемах страны. Правила рыболовства, их структура, порядок разработки и утверждения. Правила осуществления мероприятий по воспроизводству рыбных запасов и рыбохозяйственной мелиорации водоемов. Порядок проведения работ по акклиматизации рыб и водных беспозвоночных.

**Международно-правовое регулирование использования живых ресурсов Мирового океана.**

Международный правовой режим открытого моря. Необходимость международно-правовой регламентации морского рыболовства и охраны живых ресурсов моря. Международное сотрудничество - основа рационального использования ресурсов открытого моря. Правовое регулирование рыболовства и межправительственные рыбохозяйственные организации (МПРО). Основные принципы международного регулирования морского и океанического рыболовства.

***Вопросы к разделу***

1. Охрана и регулирование промысла живых ресурсов в территориальных водах, экономзонах, на континентальном шельфе.
2. Международное правовое регулирование использования живых ресурсов Мирового океана, международных рек и озер.

**Контрольные вопросы для самостоятельных занятий и проверки знаний.**

1. Предмет и содержание ихтиологии.
2. История развития ихтиологии и сложившиеся направления – эволюционное, экспериментальное, экологическое.
3. Значение рыбы в народном хозяйстве.
4. Совокупность проблем и задач современной рыбохозяйственной науки.
5. Место рыб в системе позвоночных животных.
6. Многочисленность, многообразие, геологический возраст.
7. Внешнее строение и форма тела рыб.
8. Кожа и ее производные, их строение и роль.
9. Особенности внутреннего скелета и мускулатуры рыб.
10. Характеристика внутреннего строения рыб.
11. Общие принципы организации кровеносной и дыхательной систем у рыб.
12. Строение и функционирование пищеварительной системы.
13. Выделительная и воспроизводительная системы рыб.
14. Нервная система и органы чувств у рыб.
15. Размеры, возраст и рост рыб.
16. Питание, упитанность, жирность рыб.
17. Классификация рыб по характеру питания. Смена типа питания в онтогенезе.
18. Размножение рыб. Формирование и созревание половых клеток.
19. Стадии зрелости гонад. Особенности икрометания. Половой диморфизм.
20. Плодовитость. Взаимосвязь плодовитости, заботы о потомстве и выживаемости рыб
21. Взаимосвязь биологических показателей и жизненных процессов рыб с их физиологическим состоянием и факторами среды.
22. Экология рыб. Взаимоотношения рыб с абиотической и биотической средой.
23. Влияние температуры, солености, света, звука и лучистой энергии на рыб.

24. Отношение рыб к факторам среды и практическое использование их воздействия.
25. Основные формы биотических отношений. Внутривидовые и межвидовые биотические связи у рыб.
26. Взаимоотношения рыб и других позвоночных и беспозвоночных животных и растений.
27. Специфика отношений хищник – жертва, паразит – хозяин.
28. Частная ихтиология. Основные принципы современной классификации.
29. Основные понятия, применяемые в систематике рыб.
30. Концепция вида. Правила научной номенклатуры. Развитие систематики рыб.

#### **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. Пономарев С.В. Лососеводство: Учебник для вузов и средних проф. учебных заведений. – Москва: МОРКНИГА, 2012. - 546. (Библиотека МГТУ 24 экз.)
2. Пономарев С.В. Ихтиология: Учебник для высш. и средних проф. учебных заведений / С.В. Пономарев, Ю.М. Баканева, Ю.В. Федоровых. – Москва: МОРКНИГА, 2014. - 567 с. (Библиотека МГТУ 16 экз.)

### *Дополнительная литература*

1. Сабанеев, Л. П. Рыбы России : жизнь и ловля (уженье) наших пресноводных рыб. В 2 т. Т. 1 / Л. П. Сабанеев. - Москва : Терра, 1993. - 383 с. : ил. (Библиотека МГТУ 1 экз.)
2. Анохина В. С. Промысловая ихтиология [Электронный ресурс]: методические указания к самостоятельной работе аспирантов / Федеральное агентство по рыболовству. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2012. – Доступ из локальной сети МГТУ. – Загл. с экрана. – Режим доступа: [http://elib.mstu.edu.ru/2012/M\\_12\\_33.pdf](http://elib.mstu.edu.ru/2012/M_12_33.pdf)
3. Анохина В.С. Основы промысловой ихтиологии: Учебное пособие для вузов / В.С. Анохина, Д.К. Мамедов. – ФГБОУ ВПО "МГТУ". – Мурманск: МГТУ, 2012. - 179 с. (Библиотека МГТУ 50 экз.)
4. Журавлёва Н.Г. Биоэкологические аспекты защитных реакций рыб и беспозвоночных / Н.Г. Журавлёва, Г.Г. Матишов, О.Н. Оттесен, Е.Е. Минченок. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2013. - 259 с.: ил. (Библиотека МГТУ 9 экз.)
5. Шibaев С.В. Промысловая ихтиология [Электронный ресурс]: учебник/ Шibaев С.В.— Электрон. текстовые данные.— Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2017.— 400 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79996.html>.— ЭБС «IPRbooks»

### **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/>