

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Биологический факультет

Кафедра зоологии

СОГЛАСОВАНО

Председатель учебно-методической
комиссии биологического факультета
Поликсенова В.Д.



«26» октября 2016 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан
биологического факультета
Лысак В.В.



«26» октября 2016 г.

Регистрационный номер № УД-549

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Ихтиология

для специальности

1-31 01 01 Биология (по направлениям)

специализаций 1-31 01 01-01 01 Зоология и

1-31 01 01-02 01 Зоология

Составитель: канд. биол. наук, доцент Костоусов В.Г.

Рассмотрено и утверждено

на заседании

Научно-методического совета БГУ

« 01 » ноября 2016 г.

протокол № 1

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра ихтиологии и рыбоводства УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»;

В.К. Ризевский, заведующий лабораторией ихтиологии ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам», кандидат биологических наук

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	5
2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	49
Перечень лабораторных занятий	49
3. КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	50
Темы рефератов	50
Вопросы по курсу «Ихтиология»	50
4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ	52
Учебно-программные материалы	52
Список рекомендуемой литературы	52

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебно-методический комплекс (УМК) по учебной дисциплине «Ихтиология» создан в соответствии с требованиями Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования и предназначен для студентов специальности 1-31 01 01 Биология (по направлениям). Содержание разделов УМК соответствует образовательному стандарту высшего образования данной специальности. Главная цель УМК – оказание методической помощи студентам в систематизации учебного материала в процессе подготовки к итоговой аттестации по дисциплине «Ихтиология».

Структура УМК включает:

1. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

1.1. Теоретический раздел (конспект лекций для теоретического изучения дисциплины в объеме, установленном учебным планом по специальности).

1.2. Практический раздел (материалы для проведения лабораторных занятий по дисциплине в соответствии с учебным планом).

2. Контроль самостоятельной работы студентов (материалы текущей и итоговой аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в т.ч. вопросы для подготовки к зачету, задания, тесты, вопросы для самоконтроля, тематика рефератов и др.).

3. Вспомогательный раздел.

3.1. Учебно-программные материалы (учебная программа УВО).

3.2. Информационно-аналитические материалы (список рекомендуемой литературы, перечень электронных образовательных ресурсов и их адреса и др.).

Работа с УМК должна включать на первом этапе ознакомление с тематическим планом дисциплины, представленным в учебной программе УВО. С помощью учебной программы по дисциплине также можно получить информацию о тематике лекций и лабораторных занятий, перечнях рассматриваемых вопросов и рекомендуемой для их изучения литературы. Для подготовки к лабораторным занятиям и УСР необходимо использовать материалы, представленные в разделе учебно-методическое обеспечение дисциплины, а также материалы для текущего контроля самостоятельной работы. В ходе подготовки к итоговой аттестации рекомендуется ознакомиться с требованиями к компетенциям по дисциплине, изложенными в учебной программе, структурой рейтинговой системы, а также перечнем вопросов к зачету. Для написания рефератов могут быть использованы информационно-аналитические материалы, указанные в соответствующем разделе УМК.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Конспект лекций по дисциплине «Ихтиология» соответствует учебной программе и приводится ниже.

ПРЕДМЕТ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИХТИОЛОГИИ. МЕСТО В СИСТЕМЕ НАУК, ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ

1.1 Предмет, цели и задачи ихтиологии

Ихтиология – наука о рыбах (от греч. «ихтиос» – рыба, «логос» – слово, учение).

Ихтиология – часть (раздел) зоологии, связанный с естественной историей рыб.

Ихтиология изучает:

- внешние признаки и внутреннее строение рыб (морфология, анатомия);
- функции органов и систем организма рыб (физиология);
- отношение рыб к внешней среде (экология);
- историю развития – индивидуальную (эмбриология), различных таксонов – видов, родов, семейств, отрядов и т.д. (эволюция, или филогения);
- географическое распространение рыб (зоогеография).

Кроме того, ихтиология изучает поведение рыб и закономерности динамики популяций (колебания численности стад во времени и пространстве), разрабатывает способы определения промысловых запасов рыб и составления прогнозов промысловых уловов рыб, режимы использования природных ресурсов.

Положение ихтиологии в системе биологических наук.

Ихтиология тесно связана с такими дисциплинами как зоология, гидрология и гидробиология.

Из ихтиологии выделились такие дисциплины как физиология рыб, эмбриология рыб, болезни рыб, ихтиотоксикология, генетика и селекция рыб, рыбоводство, промышленное рыболовство, вопросы сырьевой базы рыбной промышленности и др.

Актуальные вопросы современной ихтиологии

Связаны с:

- интенсивным развитием рыболовства (океанического, морского, внутренних вод)
- интенсивным развитием управляемого рыбного хозяйства.

Направлены на:

- инвентаризацию ихтиофауны и поиск новых промысловых видов;
- изучение распределения, миграций и поведения рыб;
- изучение популяционной и генетической структуры популяций промысловых и культивируемых видов;

- изучение динамики численности стад рыб;
- репродуктивная биология рыб;
- биологические основы охраны рыб.

Основные разделы ихтиологии как науки.

- **морфология и анатомия** – внешние признаки и внутреннее строение рыб
- **физиология** – функции органов и систем организма рыб
- **экология**, или биология – отношение рыб к внешней среде
- **эмбриология** – индивидуальная история развития
- **эволюция**, или филогения – история развития различных таксонов – видов, родов, семейств, отрядов и т.д.
- **зоогеография** – географическое распространение рыб

Современные методы ихтиологических исследований:

- морфо-физиологические
- эколого-физиологические
- физиолого-биохимические

1.2 Место рыбообразных и рыб в системе животного мира

Рыбы и круглоротые в системе животного мира занимают самое низкое место среди позвоночных животных (низшие позвоночные, пойкилотермные).

Задачи ихтиологии в изучении и сохранении биологического разнообразия рыб.

В июне 1992 г. Рио-де-Жанейро – более 100 стран – главы государств и правительств (от РБ – Шушкевич, Кебич и Дорофеев) – подписали Конвенцию о биологическом разнообразии (БР-всеобъемлющий документ) – предусматривающую сохранение ландшафтного и биологического разнообразия. на основе устойчивого (неистощимого) использования природных ресурсов – повестка дня XXI века.

В соотв. со ст. 2 Конвенции о БР термин «**биологическое разнообразие**» означает вариабельность живых организмов из всех источников, включая, среди прочего, наземные, морские и другие водные экосистемы, и экологические комплексы, частью которых они являются; это понятие включает в себя разнообразие в рамках вида, между видами и разнообразие экосистем.

Биоразнообразие фауны рыб (включая круглоротых) водоемов Беларуси в настоящее время характеризуется наличием более 60 видов, из числа которых более 45 видов являются представителями аборигенной фауны, а более 15 видов являются интродуцированными (растительноядные рыбы, сиви, буффало и др.) и инвазивными (головешка-ротан, чебачок амурский, бычки). Отличительной особенностью фауны рыб водоемов Беларуси является наличие в ее составе представителей как морских, так и пресноводных фаунистических комплексов.

В Красную книгу Республики Беларусь (3 издание) включено 11 видов и форм рыб и рыбообразных (речная минога, стерлядь, атлантический лосось, кумжа, форель ручьевая, хариус европейский, ряпушка европейская, снеток, обыкновенный усач, рыбец, подуст), состояние популяций которых позволяет квалифицировать их как угрожаемые, редкие или находящиеся под угрозой исчезновения. В то же время более

20 видов фауны рыб водоемов Беларуси имеют международный (глобальный или европейский) охранный статус или относятся к категории охраняемых в соответствии с различными международными конвенциями (Бернская, СИТЕС и др.), договаривающейся стороной которых Республика Беларусь до настоящего времени не является.

Мигрирующие виды в составе фауны рыб водоемов Беларуси – проходные (лосось атлантический, кумжа, угорь европейский) и полупроходные (рыбец, или сырть) – характеризуют вариабельность живых организмов из разнотипных водных экосистем. Оценка таксономического и экологического статуса считавшихся ранее исчезнувшими из водоемов Беларуси кумжи и лосося, случаи захода которых в водоемы бассейна реки Неман на территории Беларуси отмечены в последние годы, должна быть положена в основу системы охранных мероприятий по сохранению этих видов.

Оценка состояния и использования биоразнообразия рыб показала, что степень изученности различных таксонов надкласса рыб чрезвычайно неодинакова вследствие ряда причин, в т.ч. ввиду различной ресурсной значимости видов. До настоящего времени не проведена инвентаризация фауны рыб и не выявлены закономерности динамики ихтиокомплексов водоемов, не имеющих рыбохозяйственного значения – малых рек, являющихся хранилищами генофонда преимущественного большинства аборигенных видов рыб, прежде всего редких и/или находящихся под угрозой исчезновения и включенных в Красную книгу Республики Беларусь, а также водоемов, находящихся в границах особо охраняемых природных территорий (ООПТ) – заповедников, заказников и национальных парков.

Решение проблем сохранения биоразнообразия рыб в водоемах Беларуси должно осуществляться в соответствии с Национальной стратегией и Планом действий по сохранению и устойчивому использованию биоразнообразия Республики Беларусь, одобренных Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 26 июня 1997 г. № 789, а также в рамках мер по контролю динамики состояния и использования биоразнообразия, к числу которых относятся:

- ведение Красной книги редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и растений;
- создание национальной системы мониторинга состояния биоразнообразия;
- создание системы государственного учета и кадастра животного мира;
- научное, научно-методическое и научно-техническое обеспечение сохранения и устойчивого использования биоразнообразия на основе разработки Республиканских комплексных программ.

1.3 История развития ихтиологии

Становление ихтиологии как науки.

Рыба – один из основных компонентов рациона человека с древних времен (свидетельство – настенные или наскальные изображения рыб). Но потребление не есть изучение.

Наиболее древние из известных суждений о рыбах как своеобразной группе живых существ известны из письменных источников Индии (VI век до н. э.), Китая (V век до н. э.), Древней Греции (IV век до н. э.)

История ихтиологии начинается 2 300 лет тому назад – великий ученый и философ древности Аристотель (384-322 гг. до н. э.) – первая попытка дать научный обзор современных ему представлений о животном мире – труд «История животных».

Аристотель: **рыбы** – животные, дышащие жабрами, отличные от водных беспозвоночных животных и китов (млекопитающие).

Описаны 116 видов рыб, указаны особенности внутреннего строения, экологии, в т.ч. миграции.

Основные этапы развития ихтиологии.

Только в XVI веке появляются попытки описать внешнее строение рыб (Белона, Ронделе, Сальвиани), создать их систематику (Рэй, Виллугби).

В XVII в. шведский ихтиолог Петр Артеди (труд «Ихтиология») – анализ работ прошлых времен, систематика рыб. Впоследствии К. Линней включил в свою известную работу «Система природы» классификацию рыб, предложенную П. Артеди.

С XIX в. многие естествоиспытатели уделяют большое внимание сравн. анатомии и палеонтологии рыб, уточнение и совершенствование системы рыб (Жорж Кювье, Иоганн Мюллер, А. Гюнтер, Г. Буланже, Т. Риген и др.).

Учение Ч. Дарвина оказало огромное влияние на развитие биол. науки, т.ч. ихтиологии – сравн. анат., эмбриология, палеонтология, систематика рыб.

Конец XIX в.-начало XX в. – ихтиология приобретает характер самостоятельной науки.

XIX век:

- научное исследование рыб как биологических ресурсов -Великая Северная экспедиция 1732-1743 гг. (Витус Беринг) – С.П. Крашенинников и его соратники и ученики Г.В. Стеллер, С.Г. Гмелин описали за 4 года животный мир, в т.ч. рыб северных морей России (от Архангельска до Камчатки).

- академик И.И. Лепехин описал ихтиофауну рек Волга, Западная Двина, Обь, дал характеристику рыбного промысла на Белом море и Новой Земле.

- академик П.С. Паллас исследовал бассейн Каспийского моря, озеро Байкал, реки Иртыш, Енисей, Обь, бассейн реки Амур – более 300 видов рыб – труд «Zoographia Rosso-Asiatica».

- Первая научно-промысловая экспедиция (1851-1870) под руководством К.М. Бэра и Н.Я. Данилевского. Материалы об образе жизни рыб и рыбном промысле в реках и прибрежных участках Каспийского, Аральского, Черного и др. морей – 9 томов «Исследования о состоянии рыболовства в России».

XX век:

Развитие ихтиологии и основные направления ихтиологических исследований

- профессор Н.М. Книпович – руководитель Первой морской Мурманской научно-промысловой экспедиции (1898-1908) – обоснование промысла трески и камбалы в Баренцевом море. Каспийские (1904-1915) и Азово-Черноморские (1922-1927) экспедиции – своеобразная научная школа морской промысловой ихтиологии

- академик Л.С. Берг (1876-1950) – глава советской ихтиологической школы – 700 работ.

Труды «Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран» и «Система рыб и рыбообразных, ныне живущих и ископаемых» (классика ихтиологии).

- В.К. Солдатов – исследования лососевых и осетровых рыб
- П.Ю. Шмидт – исследования рыб Дальне-Восточных морей, миграции рыб
- И.Ф. Правдин – методы изучения рыб
- Г.В. Никольский – исследования экологии рыб, теория динамики стада
- Н.Л. Гербильский – методы искусств. воспроизводства рыб

Развитие ихтиологии в Беларуси.

- **XIV-XVIII века – Великое княжество Литовское** – охрана рыбных запасов (Устав ВКЛ, указы Великих князей), прудовое рыбоводство – монастыри и магнаты (Радзивиллы – р/х «Альба» в Несвиже) – один из первых в Европе.

- **Северо-Западный край России** – отрывочные сведения о составе ихтиофауны и рыбных запасах бассейнов только важнейших рек (экспедиции общества естествоиспытателей рр. Припять, Зап. Двина, Днепр, озера), Витебская губернская р/х экспедиция.

- **Беларусь после революции** – Витебская р/х. экспедиция – результаты опубликованы в 1924 г. И.Н. Арнольдом.

- 1924-1928 гг. – Белорусская р/х. экспедиция – реки, озера северо-западных областей Беларуси, пруды.

- 1928 г. – на базе этой экспедиции Наркомзем БССР создал научно-исследовательскую станцию рыбного хозяйства.

(80 лет р/х. науки и института р/х – 15-16 октября 2008 г.)

- 1945 г. – возобновление научной деятельности – научно-исследовательская станция Главрыбпрома, а с 1957 г. преобразование в БелНИИРХ. Направление исследований – селекция рыб, прудовое и озерное рыбоводство, изучение ресурсной базы, промысловое рыболовство.

- 1951 г. формирование рабочей группы в Институте биологии АН БССР (лаборатория Ихтиологии – Кохненко С.В., Жуков П.И., позже Боровик Е.А, и Пенязь В. С.) – ихтиофауна, угорь

БГУ – профессор Макушок (биология американского сомика), Винберг Г.Г. Ляхнович В.П. (гидробиология, вопросы обмена у рыб, вопросы продуктивности прудов), Гладкий Г.В., Гальцова М.З., Невядомская П.А. – биология рыб Нарочанских озер (биостанция БГУ).

СИСТЕМАТИКА И ЭВОЛЮЦИЯ РЫБ

Место рыбообразных и рыб в системе животного мира.

Рыбы и круглоротые в системе животного мира занимают самое низкое место среди позвоночных животных.

- **тип Chordata** – наличие хорды как начального осевого скелета, у большинства рыб замещена позвоночником.
- **п/тип Vertebrata (Craniota)** – позвоночные или черепные
- **надкласс БЕСЧЕЛЮСТНЫЕ**
класс Круглоротые

подклассы Миксины и Миноги

- **надкласс ЧЕЛЮСТНОРОТЫЕ**
классы Хрящевые рыбы и Костные рыбы

Филогения

Древние рыбообразные. Начало происхождения восходит к наиболее древнему периоду (силуру) в осадках которого обнаружены остатки пластин панцирей древних рыбообразных (примерно 400 млн. лет назад). Их считают принадлежащими бесчелюстным рыбообразным и близкими к современным круглоротым. У некоторых из этих форм наметилось развитие парных плавников. Это панцирные или щитковые бесчелюстные рыбообразные, достигавшие 60 см длины, малоподвижных обитателей дна. У многих из щитковых имелись электрические органы. Рыбообразные дали начало ныне живущим миногам и миксинам, которые возможно возникли в то же время, но не оставили ископаемых остатков.

Все последующие и настоящие формы относятся к челюстным.

Древние челюстные. К ним относят животных, полностью вымерших в прошедшие эпохи. К наиболее древним относят акантодий, которым была свойственна полная жаберная щель между челюстной и гиоидной дугами, в связи с чем этих рыб еще называют челюстно-жаберными.

К древним рыбам принадлежат и плакодермы с хорошо развитым панцирем. Эти животные появились в верхнем силуре и наибольшего расцвета достигли в начале девона. Акантодии – небольшие рыбки до 30 см длиной. Для них характерно наличие настоящих костей в скелете, ганоидной чешуи, относительно развитой жаберной крышки, а также дополнительных шипов и плавников между брюшными и анальным плавниками.

Древние хрящевые. Наиболее древние остатки акул обнаружены в девонских отложениях. Расцвет акул приходился на пермский, триасовый и юрский периоды, после чего многие вымерли или уменьшили численность. В Юрском периоде происходит образование современных акул и появляются первые скаты. С этого времени акулообразные эволюционировали по двум направлениям – пелагические (акулы) и придонные (скаты).

Цельноголовые (химеры) рыбы. Известны с конца верхнего девона. По ископаемым данным никогда не были многочисленны. Считается, что химеры произошли от вымерших акулообразных предков и представляют собой ветвь, преемственно не связанную с костными рыбами.

Лучеперые и кистеперые. Вероятно, происходят от одних предков, близких к акантодиям и давших две ветви – собственно лучеперых и кистеперых. От кистеперых произошли двоякодышащие. Это высокоорганизованные животные, обладающие

костным скелетом. Отсутствуют в силуре и раннем девоне, но в среднем широко распространены в пресных водах. К концу палеозоя эти рыбы доминируют в реках и озерах, а мезозое появляются и в морях.

Наиболее древняя группа лучеперых рыб – палеониски возникли в среднем девоне и существовали до мелового пери Собственно, костистые произошли от костных ганоидов около 200 млн. лет назад.

Филогенетические связи рыбообразных и рыб по Г.В. Никольскому и Л.С. Бергу

От каких-то древних черепных водных животных произошли бесчелюстные и челюстные. группа панцирных бесчелюстных вымерла в конце девона. До настоящего времени сохранились только непанцирные бесчелюстные (миноги и миксины).

Наиболее древняя группа челюстных – панцирные рыбы (2 п/класса) вымерли к началу каменноугольного периода, а акантодии окончательно исчезли в пермском периоде к концу палеозойской эры.

По Л.С. Бергу от древних панцирных произошли акантодии, а от них – хрящевые и костные рыбы.

Хрящевые – акулобразные и цельноголовые, костные – кистеперые и лучеперые. От кистеперых произошли двоякодышащие.

Остатками древней фауны являются химерообразные, двоякодышащие и кистеперые. Хрящевые пережили свой расцвет в перми и трасе, расцвет двоякодышащих приходился на девон и каменноугольный период.

В развитии лучеперых большую древние палеонисциды. Эти формы, вероятно, дали начало хрящевым и костным ганоидам. От костных ганоидов произошли современные костистые прогрессивная боковая ветвь, отошедшая в сторону от общего ствола позвоночных.

СТРОЕНИЕ РЫБ

Особенности строения рыб, связанные со спецификой их образа жизни.

Разнообразие строения рыб – результат обитания в различных условиях:

- океаны, моря, реки, озера, временные водоемы, подземные пещеры
- стоячая и проточная вода, пресная и соленая (до 80 промилле)
- глубина водоема, температура воды (минус 2 – плюс 40 и более)
- разнообразие кормовых объектов или компонентов (планктон -бактерио-, фито-, зоо-, обрастания, бентос, водная растительность, др. водные ж-ные)
- условия и способы размножения (икромечущие, живородящие), забота о потомстве
 - электрические органы (скаты, сомы, угри), отсутствие эритроцитов (антарктич. рыбы-белокровки) и мн. другие приспособления.

Форма тела и движение рыб.

Форма тела определена в ходе эволюции разнообразием условий жизни в более плотной, нежели воздушная среде:

- торпедовидная (веретеновидная) – хорошие пловцы, способные к быстрому передвижению – большинство видов (акулы, лососи, тунцы, макрели и др.);
- стреловидная – засадчики или беглецы, не совершают длительных перемещений (щука, сайра, сарган);
- уплощенная с боков – наиболее сильно варьирующий тип, обычно его подразделяют на:
 - лещевидный тип;
 - тип луна-рыбы;
 - камбаловидный тип.

По образу жизни эти рыбы наиболее разнообразны: от пелагических видов (сельди, луна-рыба) до придонных (лещ) и донных (камбалы).

- лентовидная – обитатели больших глубин и дна, медленные пловцы (рыба-сабля, сельдяной король, долгохвосты, щиповка);
- змеевидная (угревидная) – обитатели дна, часто зарывающиеся (миноги, миксины, угри, вьюн и др.);
- плоская – тело сжато в спинно-брюшном направлении, как правило обитатели дна, плохие пловцы (скаты, морской черт);
- шаровидная – придонные и донные виды, плохие пловцы (рыба-еж, пинагор, удильщики).

Многие виды не могут быть отнесены к какой-либо из групп и занимают промежуточное положение.

Тело состоит из головы (до заднего края жаб. крышки), туловища (от конца жаберной крышки до анального отверстия) и хвоста.

Голова разнообразной формы (лопата, молот, трубка). На голове – рот, носовые отверстия, глаза, жаберные отверстия.

У костных рыб 1 пара жаберных отверстий, у скатов и большинства акул – 5.

Жаберная крышка есть только у костистых рыб.

Рот – его положение и строение зависит от характера питания: **верхний** (чехонь, толстолобик), **конечный** (пелядь), **полунижний** (лещ, карп), **полуверхний** (укляя), **нижний** (осетры), **выдвижной** (карповые), **воронкообразный (круглый)** --миноги, миксины, рот – **скребок** – подуст.

Осевой скелет и скелет конечностей.

Скелет – опорная, защитная и двигательная функции, определяет форму тела и его положение в пространстве, поддерживает и защищает внутренние органы от повреждений. Скелет вместе с мышцами образует двигательную систему.

Скелет **наружный** (если есть, то он всегда костный!) – у костных рыб – костная чешуя (у хрящевых рыб его нет!)

Скелет **внутренний** – осевой скелет (хорда или позвоночник, ребра – число позвонков различно от 15 – 20 до 350), **скелет черепа** (черепанная коробка и висцеральный), **непарных плавников** (спинной и анальный – их основа радиалии,

Мышечные сегменты (миомеры) отделены от других от соединительнотканными прослойками (миосептами).

Туловищная мускулатура различна по цвету (белые, красные и промежуточные мышечные волокна), структуре, биохимическому составу и функциям.

Соматическая мускулатура головы – наджаберные, поджаберные и глазные мышцы (6 пар).

Соматическая мускулатура плавников – пучки мышц, отходящие от туловищных миомеров.

Покровы – кожа и ее производные.

Покровы – защитная, участие в обмене веществ и в движении.

Кожа 2 слоя – верхний (эпидермис) и нижний (дерма). Кожу подстилает соединительная ткань с жировыми клетками.

В коже – железистые клетки (слизистые железы) – слизь уменьшает трение и защищает кожу (бактерицидное действие).

В коже – пигментные клетки – окраска адаптационная функция (защита).

В коже светящиеся органы, ядовитые железы и **чешуя**.

Типы чешуи – плакоидная, ганоидная и костная. Плакоидная чешуя хрящевых. Строение ганоидной чешуи. Костная чешуя состоит из органического вещества, пропитанного известью.

По характеру поверхности костной чешуи – циклоидная с гладким задним краем (карп) и ктеноидная вооруженная шипиками и резным задним краем (окунь)

Чешуя – пирамида, только очень плоская, новые слои (более широкие) растут снизу. Зоны прироста оканчиваются своеобразными валиками – т.н. склеритами. Зоны узких и широких склеритов – годовые кольца (способ определения возраста).

Органы дыхания.

Эволюция – два типа дыхания – водное (жабры и кожа) и воздушное (кожа, плавательный пузырь, кишечник и наджаберные органы – лабиринты).

Основные органы дыхания – жабры (костная жаберная дуга, на ней жаберные лепестки, покрытые жаберными лепесточками).

«Акт дыхания» – водообмен – активное (при помощи жаберных крышек) или пассивное (самотоком при открытом ротовом отверстии при отсутствии жаб крышек) – всасывание растворенного кислорода через жаберные лепестки, выведение углекислого газа.

Органы кровообращения.

Кровь: функции – питательная (питательные вещества), дыхательная (O₂), защитная (вредные вещества и микроорганизмы).

Для крови рыб характерны признаки примитивности (ядро в эритроцитах и тромбоцитах, небольшое кол-во эритроцитов, малое содержание гемоглобина), связанные с низким уровнем обмена веществ по сравнению с другими позвоночными животными, а также характерны черты высокой специализации (большое количество лейкоцитов 75 – 325 тыс., тогда как у человека – 6-8 тыс. в норме)

Кроветворные органы. Если у взрослых млекопитающих кроветворение осуществляется в красном костном мозгу, лимфатических узлах, селезенке, то у рыб в кроветворении участвуют специальные органы и очаги – в углублении черепа, в головном отделе почки и селезенке.

Кровеносная система – замкнутая, сердце (2-х камерное) и содержит только венозную кровь, один круг кровообращения (кроме двоякодышащих рыб!)

Лимфатическая система играет большое значение в обмене веществ, в отличие от кровеносной системы – незамкнутая и состоит из лимфатических сосудов, капилляров и более крупных стволов (**у рыб лимфатических узлов нет**).

Воспроизводительная система.

Воспроизводительная система состоит из половых желез (гонад) и выводных протоков.

Гонады – яичники (у самок) и семенники (у самцов), выводные протоки – яйцеводы и семяпроводы соответственно!

У круглоротых и хрящевых рыб воспроизводительная система связана с выделительной системой, имеет общие выводные протоки, у костистых – полное разделение этих систем.

У круглоротых гонады непарные, имеют дольчатое строение, без специальных выводных протоков. Зрелые половые продукты через разрывы в стенках гонад попадают сначала в полость тела, а затем через половые поры в мочеполовой синус и выбрасываются в воду (оплодотворение наружное)

У хрящевых рыб воспроизводительная система устроена сложнее – оплодотворение внутреннее (в яйцеводах, где имеются особые расширения – матки) – яйцеживорождение и живорождение

У костистых – яичники открытые (незамкнутые) и закрытые. Открытые яичники не имеют собственной полости (осетры, лососи). Семенники состоят из системы семенных канальцев. Перкоидный и циприноидный типы семенников.

Органы выделения.

Система органов выделения служит для выведения продуктов обмена и водно-солевого обмена.

Основные органы – парные туловищные почки с их выводными протоками (мочеточниками). Основная функциональная единица туловищной почки – нефрон (состоит из Мальпигиева тельца и выделительных канальцев). Моча отводится в мочевой пузырь. Основные компоненты мочи рыб – мочевины (хрящевые) и аммиак (костистые). Строение почек у рыб и функционирование связано с особенностями

водно-солевого обмена (осморегуляции). Выделительную функцию осуществляют также кожа, жабры и кишечник.

Пищеварительная система – пищеварительный тракт и пищеварительные железы.

Пищеварительный тракт – ротовое отверстие, ротовая полость с челюстями, глотка, пищевод, желудок и кишечник. В зависимости от характера питания у рыб строение этих отделов различно.

РОТ – форма и положение мы рассматривали ранее.

РОТОВАЯ ПОЛОСТЬ С ЧЕЛЮСТЯМИ – на челюстях (у некоторых на других костях ротовой полости, а также на языке, в глотке) зубы (укрупненная и видоизмененная плакоидная чешуя), без корней, по мере износа заменяются новыми, но у мирных рыб зубов нет! Языка нет! Его роль выполняет непарный элемент подъязычной дуги, покрытый слизистой оболочкой.

Глотка – ее стенки пронизаны жаберными щелями, окаймляются жаберными дугами, на дугах часто имеются видоизмененные тычинки – как зубы (щука).

ПИЩЕВОД – короткая трубка с продольно-складчатой поверхностью.

ЖЕЛУДОК – эластичная трубка, где происходит измельчение, перемешивание и переваривание пищи (у некоторых рыб желудка нет – карповые, бычки, морской петух – пища поступает прямо в кишечник).

КИШЕЧНИК – три отдела (передний, средний и задний). В передний отдел впадают протоки печени и поджелудочной железы. Спиральный клапан – вырост стенки кишки – приспособление (у всех древних по происхождению рыб) для увеличения всасывающей поверхности кишечника – до 50 оборотов, а также пилорические придатки – отростки кишечника (до 200), которые выполняют ферментативную функцию и увеличивают поверхность всасывания.

Пищеварительные железы – печень и поджелудочная железа.

Печень – обезвреживает ядовитые вещества, поступающие из кишечника, вырабатывает желчь, производит синтез белков и углеводов, накопление гликогена, жира, витаминов (рыбий жир!).

Поджелудочная железа – (компактный орган или островки ткани в печени, желчном пузыре, селезенке, кишечном мезентерии) – выделяет в кишечник ферменты для переваривания жиров, белков и углеводов, а также вырабатывает инсулин – регулятор уровня сахара в крови.

Плавательный пузырь и его функции.

Плавательный пузырь – результат выпячивания дорзальной стенки пищевода, орган гидростатического равновесия (его нет хрящевых рыб, и у донных костистых – бычки, камбалы).

Плавательный пузырь – эластичный мешок, расположенный под почками, одно- или двухкамерный.

Плавательный пузырь заполнен смесью газов – кислорода, азота и углекислого, но в иной пропорции, чем в атмосфере.

Открытопузырные (плавательный пузырь соединен с пищеводом с помощью особого воздухопроводного протока – хрящевые и костные ганоиды, из костистых – сельдевые, карповые, щуковые) и закрытопузырные (воздуховодного протока нет)

Первое заполнение плавательного пузыря газами – при заглатывании личинкой атмосферного воздуха.

Нервная система – центральная (головной и спинной мозг) и периферическая (нервы, отходящие от спинного и головного мозга). Периферическая нервная система состоит из соматической и вегетативной.

Головной мозг – (как и у других позвоночных) состоит из 5 отделов (переднего, промежуточного, среднего, мозжечка и продолговатого). Передний – обоняние, регулятор функции стайного поведения, промежуточный – зрение, средний – зрительные центры, равновесие тела, мозжечок – координация движений, продолговатый – дыхание, слух, равновесие, осязание.

Спинной мозг – имеет сегментное строение (число сегментов равно числу позвонков). От головного мозга рыб отходят 10 пар нервов (у высших позвоночных – 12) обонятельные, зрительные и слуховые функции.

Органы чувств у рыб (органы зрения, боковая линия, химические рецепторы).

Обоняние – органы обоняния в носовой полости, органы необонятельной рецепции (кусковые почки) ротовая полость, усики, жабры, голова, лучи плавников.

Кожные органы чувств – рецепторы кожи: тактильные (прикосновения, давление), болевые и температурные.

Органы зрения – глаза, имеют особенности строения в связи с жизнью в воде – хрусталик шаровидный, роговица плоская, зрачок неподвижный (у большинства рыб кроме угря и некоторых др.), нет век, аккомодация (резкость изображения) путем перемещения хрусталика внутрь глаза. Зрение монокулярное – недостаток неточное определение расстояния. Рыбы близоруки – видят максимум 10 – 15 м (хрящевые способны сужать зрачок), но видят и различают предметы в воздушной среде из воды. Глаза воспринимают цвет (подтверждение рефлекторное изменение окраски).

Боковая линия – сейсмодатчик – только у рыб и земноводных – состоит из обычных и ампулярных органов.

«Обычный» орган – невромаст – чувствующая почка – комплекс чувствительных клеток, находящихся в замкнутых каналах вдоль туловища. Снаружи каналы имеют отверстия – боковая линия.

Ампулярные органы – ампулы Лоренцини – только у пластиножаберных, являются органами электрорецепции.

Эндокринная система – железы внутренней секреции, осуществляют гормональную регуляцию.

Эндокринная система – щитовидная железа, аденогипофиз, гипофиз, каудальная нейросекреторная система (урогоипофиз), ультимобранх. железы, эпифиз, гонады.

Щитовидная железа – островки железистых клеток, расположенных вблизи брюшной аорты. Щитовидная железа состоит из фолликулов. Гормон щитовидной железы – иодтиреоглобулин регулирует развитие (метаморфоз – миноги, угорь), обмен веществ, поведение.

Адреналовая – гомолог коры надпочечников высших позвоночных – представлена интерреналовыми и хромоаффинными клетками (локализуются в почках!). Интерреналовые клетки выделяют половые гормоны, глюкокортикостероиды и минералкортикостероиды и регулируют половое поведение и обмен веществ.

Хромоаффинные клетки – выделяют адреналин и норадреналин и регулируют кровяное давление, возбудимость, уровень содержания сахара в крови.

Гипофиз – расположен у дна головного мозга в турецком седле и состоит из аденогипофиза (железистые клетки) и нейрогипофиза (нейроглия, нейросекреторн. клетки). Аденогипофиз – 6-8 типов железистых клеток, продуцирующих 6-8 гормонов, в т.ч. ГТГГ – (Н.Л. Гербильский) – МГИ. Нейрогипофиз – 2 типа клеток, продуцирующих ихтиотоцин и вазотоцин – гормоны, регулирующие процессы осморегуляции.

Каудальная нейросекреторная система (урогоипофиз) – только у рыб – в хвостовом отделе – нейросекреторные клетки продуцируют гормон уротензин – регулирует осморегуляцию и кровяное давление.

Ультимобранх. железы – расположены по бокам пищевода, регулируют обмен фосфора и калия.

Эпифиз – верхний мозговой придаток – вырост крыши промежуточного мозга – продуцирует гормоны, регулирующие минеральный обмен, перистальтику кишечника, моторику мелких кровеносных и лимфатических сосудов.

Гонады (яичники и семенники) одновременно являются половыми железами и железами внутренней секреции, т.к. продуцируют половые гормоны – регулирующие вторичные половые признаки, брачный наряд (жемчужная сыпь, бугорки, рыло – лососи, лещ), забота о потомстве.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РЫБ И ОСНОВЫ ЗООГЕОГРАФИИ. ПОНЯТИЕ ФАУНИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА. ИХТИОФАУНА БЕЛАРУСИ

Закономерности распространения рыб в Мировом океане и континентальных водоемах.

Рыбы, как и все животные – наземные или водные – распределяются по отдельным зоогеографическим областям (подобластям, провинциям, округам).

Основной фактор распространения (распределения) – исторические и современные условия. **Вид стремится расширить свой ареал!**

Зональное деление Мирового океана (с учетом наличия двух полюсов):

Зоны холодных вод (арктическая и антарктическая);

Зоны умеренных вод (бореальная и натальная);

Зоны теплых вод (тропическая с примыкающими северной и южной субтропическими).

Особенности формирования зон. Температурные отличия, направленность течений, биологическое разнообразие.

Основные закономерности распространения:

1. геологические изменения в прошлом морей и континентов (Пангея, Лавразия и т.п., море Тетис,);

2. глубины морей и океанов (*изобара*);

3. различия температур водных масс в пределах акватории Мирового океана и в континентальных водоемах (*изотерма*);

4. различия в солености и газовом режиме вод (*изогалина*).

Теория фаунистических комплексов рыб Г.В. Никольского.

Фаунистический комплекс – совокупность (группа) видов, связанных общностью своего географического происхождения, т.е. развитием в одной географической зоне, к абиотическим и биотическим условиям которой эти виды приспособлены.

Виды, слагающие тот или иной ФК характеризуются рядом общих закономерностей развития:

- * приспособлением к условиям среды;
- * разрешением противоречий между собой из-за пищи;
- * характером и сроками размножения;
- * приспособлением к соответствующему прессу хищников и паразитов.

Фаунистический комплекс слагающие ихтиофауну Беларуси представлены следующим образом:

Морские:

-арктический морской;

-атлантический бореальный;

-понто-каспийский морской (инвазийные, проникли благодаря человеку).

Пресноводные:

-арктический пресноводный;

-бореальный предгорный;

-бореальный равнинный;

-древний верхнетретичный пресноводный;

- понто-каспийский пресноводный;

-амурско-китайский равнинный (завезены человеком намеренно или случайно).

Специфика морской, пресноводной и эстуарной фауны.

Биполярное и амфибореальное распространение рыб.

Биполярность – сходство фаун (общие семейства и роды) в водах северных и южных широт (результат похолоданий и потеплений или по первоначальному происхождению от видов низких широт).

Амфибореальность – прерывистое распространение рыб в акваториях Атлантического и Тихого океанов при отсутствии близкородственных видов в ряду соседних морских бассейнов (окраинных морей Северного океана).

Распределение рыб по глубинам (вертикальная зональность океана).

В зависимости от глубины деление дна морей и океанов подразделяется на:

- материковую отмель (континентальный шельф) 0 – 200 м
- материковый склон батипелагиаль 200 – 3 000 м
- ложе океана: абиссаль 3 000 – 6 000 м и ультраабиссаль до 11 000 м

По вертикали водную толщу морей и океанов можно разделить на:

- эпипелагиаль 0 – 150 – 200 м
- мезопелагиаль 200 – 1 000 м
- батипелагиаль 1 000 – 3 000 м
- абиссопелагиаль 3 000 – 6 000 м
- ультраабиссаль – свыше 6 000 м

По отношению к береговой линии выделяют деление морской ихтиофауны на: неретические (обитатели мелководий), океанические (открытые пространства над океаническими глубинами) и абиссальные (глубоководные) виды. По отношению к местообитанию – пелагические (обитали толщи), придонные (у дна) и донные (на дне).

Вертикальное деление ихтиофауны океана.

Вертикальная зональность океана сопровождается изменением с глубиной таксономического состава, причем распределение групп ограничено пределами одной вертикальной зоны.

Эпипелагиаль. Обособленность эпипелагиали лучше всего выражена в тропической зоне, где постоянно существует слой теплой воды. Ихтиофауна из-за малого количества экологических ниш отличается сравнительно небольшим разнообразием видов и форм. Постоянно встречается примерно 25 хрящевых и 120 видов костистых рыб.

Мезопелагиаль. Ихтиофауна богата и насчитывает около 600 видов костистых и хрящевых рыб. Разнообразие ниш выше, чем в эпипелагиали, поэтому мезопелагиальные рыбы существенно различаются по образу жизни, миграционным циклам, способам питания. Более всего представлены светящиеся анчоусы (320 видов) и другие семейства, большинство из которых можно отнести к макропланктону или микронектону.

Батипелагиаль. Ихтиофауна насчитывает около 150 видов, большинство из которых можно отнести к макропланктону. Для зоны характерны глубоководные

удильщики (примерно 90 видов), некоторые светящиеся анчоусы и др. Все батипелагические формы относятся к древнеглубоководным семействам и берут начало от глубоководных рыб материкового склона.

Глубоководная ихтиофауна: древне-глубоководные или истинно глубоководные и вторично-глубоководные или шельфо-глубоководные виды. Адаптации к обитанию на больших глубинах (органы свечения, органы боковой линии, телескопические глаза, декальцинизация скелета, резкий половой диморфизм).

Районирование пелагиали океана по ихтиогеографическим областям:

- Аркто-бореальная (подобласти – Атлантическая и Тихоокеанская);
- Тропическая (подобласти – Атлантическая, Индо-Западно-Тихоокеанская и Восточно-Тихоокеанская);
- Антарктическо-нотальная (подобласти Атлантическая и Индо-Тихоокеанская).

Части тропической зоны во всех океанах подразделяются на центральные и экваториальные провинции.

Выделение зоогеографических областей для континентальных водоемов (по Микулину, 2003).

Области:

- Палеоарктическая (вся Европа, северная Азия до Гималаев, часть северной Африки и Сев. Америки);
- Неоарктическая (основная территория Сев. Америки);
- Амурская (бассены Амура и близких китайских рек, Корея, Сахалин и Японские о-ва);
- Китае-Индийская (бассейны рек юга Азии, Китая, Индокитая, о-ва Цейлон);
- Африканская (пресные воды всего континента, за исключением северной части);
- Южно-американская (вся южная и часть центральной Америки);
- Австралийская (Австралия и остров Тасмания).

Основные характеристики ихтиофауны областей и их связь.

Применительно территории **Беларуси** можно сказать, что она относится к Палеоарктической области, двум подобластям – Евро-сибирской, Балтийская провинция, с включением двух округов – Рейнского и Невского, а также Средиземноморской, Черноморский округ.

Вертикальная зональность в континентальных условиях проявляется преимущественно в смене видов и биотопов в виде высотной зональности (относительно уровня моря – вверх в горы или в некоторых случаях вглубь пещер). Условия проявления и примеры (классификация озер Альпийского региона по М. Борне, изменение рыбного населения различных участков рек, берущих начало в альпийских условиях).

Видовой состав зоогеографических единиц может меняться в результате радиации тех или иных систематических групп рыб, то есть является следствием филогенетического развития рыб определяемого изменением биотических условий обитания.

Размеры акватории той или иной зоогеографической единицы играют важную роль в скорости преобразования или уровне стабилизации входящих в нее экосистем. В результате этого возникают эндемичные для данной территории виды (роды и т.д.) двух типов:

- виды-реликты, уцелевшие в новых условиях, но ранее широко распространенные;
- вновь возникшие новые виды, приспособленные к конкретным узким условиям.

Уровень эндемизма и является основным критерием разделения и субординации зоогеографических единиц.

Особенности формирования ихтиофауны водоемов Беларуси.

Своеобразие территории Беларуси с точки зрения особенностей формирования современного биоразнообразия рыб состоит в том, что она принадлежит бассейнам двух морей – Балтийского и Черного. Это объясняет отличительные особенности аборигенной фауны рыб водоемов Беларуси, включающей представителей как пресноводных, так и морских фаунистических комплексов рыб.

Древний верхнетретичный комплекс. Эта древняя фауна сформировалась в верхнетретичное время (Берг, 1909) и в далеком прошлом была распространена в водоемах всей южной Сибири, а также в Европе и Америке (Никольский, 1965). По данным Г.В. Никольского комплекс является остатком субтропической фауны и в своем распространении связан с зоной широколиственных лесов. В состав древнего верхнетретичного комплекса входит сом, горчак, судак, линь, вьюн.

Арктический пресноводный комплекс согласно Г.В. Никольскому (1956) является наиболее холодноводным элементом палеарктической фауны и связан в своем становлении с зоной тундры.

Бореальный равнинный комплекс по данным Г.В. Никольского (1956) связан с зоной тайги и медленно текучими водами с высокой зарастаемостью. Представлен видами холодноводной третичной ихтиофауны, сохранившей и после ледникового похолодания непрерывный ареал от Европы до Дальнего Востока: щука, плотва, язь, карась обыкновенный, окунь, елец, голавль, ерш, пескарь, щиповка.

Бореальный предгорный комплекс, связанный в основном с предгорным ландшафтом Сибири и Северной Европы (Никольский, 1956) хариус, голянь обыкновенный, голец, форель ручьевая и подкаменщик.

Арктический морской комплекс р. Неман состоит из двух видов: колюшки трехиглой и колюшки девятииглой. Это мелкие рыбы с русловой окраской и наличием колючек, с мелкой чешуей. Встречаются как в реках, так и в озерах, адаптированы к среднему содержанию кислорода в воде. Нерест летом при температуре 10 – 20°C.

Понтокаспийский пресноводный комплекс. Элементы понтокаспийской фауны сформированы в конце третичного периода и распространены помимо равнинных рек

Понто-Каспия также в реках Балтики и Средней Европы (Никольский и др., 1947) – красноперка, верховка, уклея, густера, лещ, жерех, подуст, усач, быстрянка, сырть.

Атлантический бореальный – представлен одним видом – европейским угрем, заселявшим естественным образом реки и водоемы в бассейне Балтийского моря. Сформирован в позднеледниковый период, после открытия и осолонения Балтики.

РЫБЫ И СРЕДА. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЫБ. СТРОЕНИЕ И ОБРАЗ ЖИЗНИ КАК АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ ОБИТАНИЯ

1.1 Образ жизни и взаимодействие с абиотическими факторами среды

Рыбы – первичноводные животные, всю свою жизнь проводящие в воде, поэтому физические и химические свойства воды оказывают сильнейшее воздействие на жизнедеятельность и специфические приспособления, позволяющие этой группе позвоночных жить в среде с повышенной плотностью и вязкостью. Эти приспособления затрагивают все системы организма рыб. К общим, наиболее характерным относятся жабры, позволяющие усваивать кислород непосредственно из воды; форма тела и плавники, обеспечивающие способность к передвижению и стабилизации тела в пространстве; плавательный пузырь, выполняющий гидростатическую функцию; метамерное строение мышц, благодаря чему в движении участвует все тело рыбы; кожа, чешуя и слизь, играющие существенную роль в снижении трения и защите тела; боковая линия – важный сейсмодатчик; приспособления, обеспечивающие сохранение потомства при наружном оплодотворении яиц.

Специфика обитания в среде с определенными химико-физическими характеристиками определяет разнообразие форм и видов рыб, а также особенности их взаимоотношений со средой и, как следствие, имеющиеся биологические адаптации.

Рыбы живут в различных условиях, их взаимоотношения с окружающей средой определяются группой факторов: абиотических и биотических.

Абиотические – факторы внешней среды, прежде всего среды обитания рыб – воды (соленость, температура, содержание растворенных в воде газов и др.)

Биотические – факторы органической природы, прежде всего внутривидовые и межвидовые отношения у рыб, отношения с животными других групп, растениями, микроорганизмами.

Специфика обитания в среде с определенными химико-физическими характеристиками определяет разнообразие форм и видов рыб, а также особенности их взаимоотношений со средой и, как следствие, имеющиеся биологические адаптации.

По приуроченности к определенным условиям обитания рыб принято подразделять на экологические группы. Так по приуроченности к месту обитания выделяются морские, проходные, солоноватоводные и пресноводные.

Морские рыбы в свою очередь подразделяются на пелагических, населяющих толщу воды и донных, соответственно живущих у дна. По распространению в океане выделяют океанических, населяющих поверхностные слои открытых участков морей и

океана, неретических, населяющих прибрежные участки и абиссальных или глубоководных.

Пресноводные рыбы населяют внутренние пресные воды и подразделяются на реофильных и лимнофильных. В свою очередь рыбы вод текучих и стоячих подразделяются на пелагических, придонных и донных.

Две последующие группы занимают промежуточное положение между морскими и пресноводными рыбами и несомненно произошли от тех или других.

Проходные рыбы (диадромные) для размножения переходят из морской в пресную, либо из пресной в морскую среду. В связи с местом откорма подразделяются на трофически морских (сельди, осетровые, лососи) и трофически пресноводных (пресноводные угри).

Солоноватоводные рыбы населяют опресненные участки морей, эстуарии рек и внутренние моря с пониженной соленостью. Подразделяются на полупроходных (сиги, карповые, окуневые) и собственно солоноватоводных (бычки, камбалы, морские иглы).

1.2 Экологические факторы

1.2.1 Абиотические факторы как естественные раздражители

Взаимоотношения рыб с абиотической средой взаимообусловлены – изменение одной системы связей ведет к изменениям в другой, а абиотические факторы выступают в роли естественных раздражителей. Вычленить воздействие какого-либо одного фактора трудно. Влияние факторов зависит от биологического (физиологического) состояния рыбы.

Плотность, вязкость, движение воды

Поскольку рыбы живут в среде с большей плотностью, чем воздух, то форма их тела, его строение и функции определяются именно этим. Рыбы приспособлены к передвижению как в стоячей, так и в текучей воде. Движения воды, как поступательные, так и колебательные, играют в их жизни весьма существенную роль, часто определяя характер и форму строения тела (см. раздел «Строение рыб»). Существует ряд типов движения водных масс – течение, волнение, вертикальная циркуляция, приливо-отливные явления, многие из которых непосредственно отражаются на рыбах. Движение водных масс не только формирует внешний вид, но и определяет расселение (икра, личинки), образ жизни, размножение и т.д.

Соленость (минерализация).

В воде озер, рек, морей и океанов содержится большое количество растворенных элементов и минеральных солей. В зависимости от их концентрации различают:

- Пресную – 0,5 о/оо (о/оо промилле – г в-ва в 1 л воды)
- солоноватую – 0,5 – 25 о/оо
- морскую 25 – 40 о/оо
- пересоленную – свыше 40 о/оо (осолоненные заливы морей, засоленные лиманы, соленые озера и др.).

По отношению к солености – выделяют экологические группы – стеногалинные и эвригалинные рыбы.

Эвригалинные рыбы – пресноводные угри, некоторые бычки, кефали и др. способны обитать в воде с широким диапазоном солености (от чисто пресной до морской солености).

Стеногалинные обитают в воде с узким диапазоном солености (как пресноводные, так и морские виды).

Соленость влияет на рост рыб (в солоноватой воде хорошо растут некоторые пресноводные рыбы – это используется в аквакультуре).

Соленость – фактор, определяющий распространение рыб.

Значение солевого состава воды. Солевой состав воды влияет на распространение различных водных (кормовых) организмов, что определяет биологическую продуктивность водоемов (биогенные вещества).

Осморегуляция у пресноводных, морских и проходных рыб: (см. раздел «Выделительная система») – осморегуляторные механизмы, направлены на поддержание внутреннего осмотического давления.

Растворенные в воде газы.

Вода содержит растворенные газы (кислород, азот, углекислый газ, сероводород).

Все рыбы (за исключением тех, которые дышат атмосферным воздухом) дышат растворенным в воде кислородом, поэтому его концентрация имеет решающее значение. К концентрации кислорода различные виды относятся неодинаково: как правило, пелагические виды, речные и холодолюбивые более требовательны, чем донные, озерные и теплолюбивые. Потребление кислорода зависит от солености, температуры, образа жизни, возраста и физиологического состояния рыбы.

Остальные газы инертны или отрицательно влияют на жизнедеятельность рыб: углекислый газ образуется в результате дыхания животных и растений, при деструкции органического вещества, сероводород – в результате жизнедеятельности анаэробной бактерии микроспиры при недостатке кислорода.

Активная реакция среды (рН) имеет важное значение для жизни рыб и зависит от соотношения растворенных в воде кислорода и свободной углекислоты и закономерно изменяется в зависимости от суточного и сезонного хода фотосинтеза. В пресных водоемах избыток углекислоты вызывает увеличение кислотности, в то время как в морской избыток бикарбонатов связывает этот газ, и рН постоянна. Оптимальная величина рН для рыб в пределах 7 – 8.

Газовый режим водоемов. Зависит от температуры и солености воды, наличия ледового покрова, развития растительности, процессов распада органического вещества и др.

Морская вода хорошо насыщена кислородом благодаря его притоку из атмосферы, в результате жизнедеятельности фитопланктона, благодаря вертикальному

перемешиванию и насыщенности солями. Пресные воды насыщаются кислородом слабее, а его содержание имеет сезонную и суточную динамику.

Заморные явления у рыб. Снижение содержания растворенного кислорода ведет к летним и зимним заморным явлениям.

Зимние заморы характерны для непроточных и слабопроточных водоемов, богатых органическими веществами, на окисление которых расходуется большое количество кислорода, а его поступление из атмосферного воздуха невозможно из-за ледостава.

Летние – в заросших прудах и озерах ночью или в период массового развития в них водорослей (дыхание и деструкция преобладают над интенсивностью фотосинтеза).

Свет и его значение для рыб.

Основной источник света – солнечная радиация.

Свет имеет сигнальное и физиологическое значение при поиске пищи, бегстве от врагов, образовании стай, миграциях, созревании гонад, функционировании колбочек – функциональных элементов цветового зрения.

По отношению к свету – светлюбивые (дневные) и светобоязливые (сумеречные). Отношение к свету может меняться в процессе онтогенеза прямо на противоположное.

Существенное значение в жизни рыб имеет окраска тела, являющаяся преимущественно средством маскировки, выработанная в тесной связи с условиями освещения их места обитания. Большинство видов рыб имеют **пелагическую окраску**: сероватую спинку, серебристые бока и брюшко, серые плавники, из которых хвостовой и спинной более темные. К этой группе относятся все рыбы, обитающие в толще воды, где темная спина делает рыбу незаметной сверху, а серебристое брюшко – снизу (сельди, сардины и т.п.).

Менее многочисленна группа рыб с **придонной окраской**: темная спина и бока, иногда с более светлыми разводами, пятнами часто в виде продольных полос, скрывающих рыбу на фоне грунта (налим, сом, вьюновые, пескарь, ерш и др.).

Немногочисленная группа рыб имеет **зарослевую окраску**: коричневая или зеленая спина, темные поперечные полосы на боках (окунь, щука, линь и др.).

Свечение рыб (биolumинесценция) и его приспособительное значение.

У многих глубоководных рыб развиваются органы свечения – служат для поиска особей другого пола, ослепления хищника, привлечения жертвы.

Биolumинесценция характерна только для морских рыб – известно около 300 видов светящихся, в т.ч. 18 хрящевых, остальные – костные.

Типы свечения рыб:

- внеклеточная биolumинесценция – результат выделения рыбами светящейся слизи (род *Sarena*);
- внутриклеточная биolumинесценция – результат деятельности специальных светящихся органов – фотофоров;

- билюминесценция за счет симбиотических светящихся бактерий, когда светящийся орган представляет собой железу, заполненную слизью, в которой находятся светящиеся бактерии.

Использование света.

По отношению к свету рыбы выделяются:

- уходящие от света (угорь, минога);
- привлекаемые светом независимо от наличия кормовых организмов (кильки, тюлька, снеток, хамса);
- привлекаемые светом при наличии кормовых организмов (сельди, сайра скумбрия);
- безразличные к свету (осетр, судак).

Способность рыб к привлечению на свет используется в рыбном промысле, для уходящих от света рыб – используют для создания световых (заградительных) барьеров у плотин ГЭС и др.

Температурный режим водоемов и его значение в жизни рыб.

Рыбы – пойкилотермные животные, т.е. температура их тела зависит от температуры окружающей среды. Обычно температура их тела лишь на 0,5 – 1 °С выше температуры воды. Температура окружающей среды влияет на скорость большинства биологических процессов и скорость химических реакций в организме, распределение (см. «Распространение рыб») и поведение рыб (миграции, прежде всего нерестовые).

По отношению к температуре – стенотермные и эвритермные.

Эвритермные – населяют в основном водоемы умеренных широт (сезонный фактор) и выдерживают колебания в несколько десятков градусов.

Стенотермные – требовательны к изменению температуры и обычно обитают при узком ее диапазоне (5 – 7 °С) – тропические и субтропические, арктические и антарктические, глубоководные рыбы.

Некоторые виды вырабатывают адаптации к запредельным температурам (обитатель горячих источников в Тунисе спаровая рыба – +37,5 °С, антарктические белокровки – -2 °С). У рыб, способных переносить экстремальные температуры, в крови имеются особые вещества, повышающие устойчивость плазмы.

Оптимальные и экстремальные температуры.

Рыбы живут в водоемах с различной температурой воды, причем каждому виду свойственны оптимальные и экстремальные (пороговые) температуры. Температурный фактор действует на рыбу как непосредственно – через изменение интенсивности ферментативных процессов, происходящих в организме рыбы, так и косвенно, оказывая свое влияние на улучшение или ухудшение развития кормовой базы и среды. Температурные условия, при которых все жизненные процессы протекают в организме нормально, принято называть оптимальными.

Температура, при которой жизнь рыбы становится невозможной, называется пороговой. Приспособление к температурным условиям в организме происходит на

клеточном уровне. Следовательно, пороговые температуры являются как бы пределом сопротивления клеток организма внешнему воздействию среды. Поскольку эта способность у разных рыб различна, то и температурные пороги их неодинаковы.

Исходя из оптимальных температурных условий, рыб принято условно подразделять на теплолюбивых и холодолюбивых.

Грунт, взвешенные частицы.

Большинство донных и придонных рыб большую часть жизни связаны с грунтом. Среди пелагических рыб много видов, откладывающих демерсальную (донную) икру. Бентосоядные рыбы добывают в грунте корм, поэтому характер и распространение грунтов оказывают значительное влияние на характер и структуру населяющего рыбного стада. Содержащиеся в воде взвешенные вещества (как органические, так и неорганические) резко снижают прозрачность воды, затрудняют дыхание и питание.

1.2.2 Биотические факторы и отношения

Формы биотических отношений.

Биотические отношения у рыб многообразны, но преимущественно в их основе лежат пищевые отношения, в свою очередь определяющие и др. формы биотических отношений – внутривидовые, межвидовые и взаимоотношения с др. водными животными и растениями.

Внутривидовые отношения проявляются у рыб в образовании различных группировок – популяций, стай, скоплений, колоний, а также пищевых и половых взаимоотношениях.

Стадо (популяция) у рыб – одновидовая разновозрастная самовоспроизводящаяся группировка рыб, приуроченная к определенному месту обитания и характеризующаяся определенными морфо-биологическими показателями – размерно-возрастным составом, темпом роста, сроками нереста и т.д. (например, лещ в р. Припять).

Элементарные популяции (по В.Д. Лебедеву, 1967) – группировки рыб, состоящие в основном из особей одного возраста, близких по физиол. сост. и сохраняющиеся пожизненно. **Элементарные** потому, что они не распадаются ни на какие внутривидовые биологические группировки. **ЭП** возникают в местах рождения, их структура изменчива (стаи различной величины).

Стая (косяк) – группировка близких по возрастному составу и биологическому состоянию рыб, объединяющихся на более или менее длительный период времени. Стаи присущи пелагическим рыбам и полупроходным. Стая – адаптационный механизм для поиска пищи, защиты от хищников, нахождение миграционных путей.

Стаи различаются по структуре (по взаимному расположению особей в пространстве):

- ходовая (все рыбы движутся в одном направлении)
- кругового обзора (рыбы малоподвижны и ориентированы в разные стороны)
- оборонительная (стая стремится ускользнуть от хищника)

- питающаяся

Скопление – огромная масса рыб, представляющая собой ряд (несколько) стай, которые могут сливаться или быть обособленными:

- нерестовые
- нагульные
- миграционные
- зимовальные

Колонии – временные защитные группировки рыб обычно из особей одного пола (защита кладок икры от врагов).

Внутривидовой паразитизм – крошечные самцы прирастают к телу самки и питаются через ее кровеносную систему.

Внутривидовые пищевые взаимоотношения – реализация путем адаптаций в питании ослабления напряженности пищевых взаимоотношений и обеспечение популяции пищей:

- несколько генераций в течение года (порционный или растянутый нерест);
- расхождение спектров питания у молоди и взрослых рыб, самцов и самок;
- соотношение полов и различия в массе самцов и самок (угри, карликовые самцы у лососей);
- каннибализм – питание молодью или взрослыми особями (щука, окунь способны жить в озерах, где нет других рыб).

Межвидовые отношения – проявляются в форме пищевой конкуренции, отношений хищник-жертва, паразит-хозяин, мирного сожительства и др.

Межвидовые связи можно рассмотреть на примере фаунистического комплекса (См. «Распространение рыб»).

Среди видов, происходящих из одного ФК, межвидовые взаимоотношения характеризуются ослаблением пищевой конкуренции за счет расхождения спектров питания по основным компонентам или распределением рыб различных видов рыб по разным участкам водоема/реки.

Пищевая конкуренция – у рыб одного фаунистического комплекса наблюдается в основном из-за второстепенных кормовых объектов.

Взаимоотношения типа «хищник-жертва» – адаптации для добывания жертв (у хищников – зубы, быстрое передвижение, хорошее обоняние и зрение) и защиты от хищника (у жертв – шипы и колючки, защитная окраска). Хищник регулирует численность популяций видов жертв (сверху-вниз).

Сожительство – мирное (комменсализм, симбиоз) и паразитизм.

Комменсализм – нахлебничество рыбы-прилипалы и рыбы-лоцмана – прикрепление к телу и поедание остатков пищи.

Симбиоз у рыб-чистильщиков и их клиентов – очистка от эктопаразитов, грибков и бактерий.

Взаимоотношения типа «паразит-хозяин» среди рыб редки, но – паразиты – миноги и миксины, карликовые сомики из семейства Trichomycteridae (Ю. Америка) прогрызают кожу крупных рыб и питаются не через кровь, а их кровью. Частный случай – половой паразитизм глубоководных удильщиков.

1.2.3 Антропогенные факторы

Антропогенные факторы – оказывают влияние через изменение абиотических и биотических условий.

Влияние антропогенных факторов на рыбное население водоемов.

Строительство объектов энергетики. Строительство ТЭС и АЭС и увеличение тепловых нагрузок (теплового загрязнения) на водоемы-охладители вызывают сукцессии сообществ рыб, которые заключаются прежде всего в сокращении численности, а затем и в исчезновении stenotherмных и холодолюбивых видов рыб.

Гидротехническое строительство. Гидротехническое строительство и связанное с ним зарегулирование стока рек, в т.ч. малых рек привели к исчезновению из состава ихтиофауны этих рек таких видов рыб как стерлядь и вырезуб, а также к значительному сокращению численности сырты (рыбца) и замене ее оседлой формой.

Осушительная мелиорация. В ходе мелиоративного строительства в бассейнах ряда рек Беларуси были спрямлены и углублены небольшие речки и ручьи, являющиеся притоками I-III порядков рыбопромысловых рек и одновременно источниками пополнения рыбных запасов и хранилищами генофонда рыб. В результате этого значительно ухудшились условия обитания и воспроизводства рыб, сократилась их численность, а некоторые виды, например, форель ручьевая и хариус практически исчезли из ихтиофауны ряда малых рек и ручьев.

Химическое и тепловое загрязнение воды. Тепловое загрязнение – см. ТЭС, АЭС. Загрязнение рек Днепр (на всем протяжении), Зап.Двина (ниже гг. Витебск и Новополоцк), Неман (ниже г. Гродно), Припять (ниже гг. Пинск и Мозырь) солями тяжелых металлов, нефтепродуктами, фенолами и другими токсикантами приводит к снижению в 2 – 3 раза численности и биомассы молоди рыб на участке рек ниже промышленных центров по сравнению с участками выше них. Это ведет также к замене одних видов рыб другими, более резистентными к загрязнению.

ПИТАНИЕ И ПИЩЕВЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ РЫБ. ПИЩЕВАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ, КОНКУРЕНЦИЯ, КАННИБАЛИЗМ.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПИТАНИЯ И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ

Питание – одна из важнейших функций организма.

За счет энергетических веществ, поступающих с пищей, осуществляются основные функции организма – развитие, рост и размножение, и все др. энергетические процессы, протекающие в организме.

По характеру потребляемой пищи рыбы сильно отличаются – по разнообразию потребляемой пищи рыбы стоят на первом месте среди всех животных.

Типы рыб по характеру питания.

Каждый вид приспособлен к потреблению определенных кормов.

По характеру питания взрослых рыб можно условно разделить на хищных (питаются другими видами рыб) и мирных (питаются беспозвоночными или растительностью). Среди мирных рыб выделяют:

- бентофагов (среди них – ракоеды, моллюскоеды, червееды)
- планктофагов (среди них – фитопланктофаги и зоопланктофаги)
- растительноядных (микрофитофаги, макрофитофаги и детритофаги)

Такое деление весьма условно, т.к. спектр питания рыб достаточно широк и представители различных типов рыб по характеру питания могут потреблять различную пищу.

Качественный состав пищи и способы захвата кормовых организмов.

В соответствии с качественным составом пищи происходит развитие органов рыб, при помощи которых они отыскивают пищу – органы зрения, обоняния, осязания, вкуса. Для захвата пищи и ее усвоения у рыб соответственно развиваются ротовой аппарат (см. «Строение рыб»), зубы (в т.ч. глоточные), пищеварительный тракт.

Типы рта по его строению и функциям:

- рот хватательный – большой, с острыми зубами (хищники – щука);
- рот в виде присоски – челюстей нет, зубы в виде ороговевших бугорков – полупаразиты – миноги и миксины;
- рот всасывательный (трубка, иногда выдвигаемая), как правило, без зубов бентофаги (лещ);
- рот дробящий – клюв с мощными зубами (скаты, зубатка);
- рот планктоноед – большой или средней величины, как правило, невыдвижной, зубы мелкие или отсутствуют вовсе (сельди, сиги);
- рот перифитоноед (питание растительными обрастаниями) – напоминает скребок (подуст);

Эти основные типы рта имеют ряд переходных форм.

Биологическое значение стено- и эврифагии.

По тому, насколько разнообразна пища рыб, их можно разделить на:

- эврифагов (питаются разнообразными кормами);
- стенофагов (потребляют небольшой ассортимент кормовых объектов);
- монофагов (питаются каким-либо одним кормом).

Характер питания вида является видовым свойством, сформировавшимся в ходе эволюции. Каково биологическое значение эври- и стенофагии?

Чем стабильнее кормовые ресурсы и кормовая база, тем к меньшему разнообразию кормов вид приспособлен. И чем изменчивее кормовая база вида, тем к большему разнообразию кормов оказывается приспособленным вид.

Если вид сформировался в условиях стабильной кормовой базы при высокой обеспеченности пищей, то он переходит к стенофагии. Стенофагия обеспечивает виду (особям) меньший расход энергии на поиск, захват и усвоение корма (пищи). Крайняя степень стенофагии – монофагия (возможна только в стабильных условиях).

Эврифагия вырабатывается как адаптация к не стабильной кормовой базе. Вид-эврифаг питается более разнообразными кормами, но на добывание каждого вида корма он тратит больше энергии, чем стенофаг. Эври- и стенофагия есть разные стратегии обеспечения популяций пищей.

Кормовые ресурсы и кормовая база рыб.

Кормовые ресурсы водоема включают всю совокупность животных и растений независимо от степени их использования рыбами в питании. **Кормовая база** рыб является той частью кормовых ресурсов водоема, которая используется рыбами.

Понятие об обеспеченности пищей и пищевая конкуренция.

Большое значение для понимания особенностей питания рыб имеет обеспеченность их пищей, определяющаяся кормовыми ресурсами водоема. В зависимости от обеспеченности пищей изменяется темп роста, упитанность, интенсивность питания и состав пищи, численность популяции.

При питании различных видов одними кормовыми объектами возникает конкуренция. А.А. Шорыгин предложил устанавливать степень сходства состава пищи или индекс пищевого сходства (ИПС). ИПС представляет собой сумму наименьших величин из спектра питания сравниваемых рыб. При полном совпадении ИПС = 100. Если характер питания рыб различен и конкуренции нет, то ИПС = 0. ИПС изменяется в зависимости от возраста рыб и сезона.

Одним из показателей обеспеченности пищей служит напряженность пищевых отношений, или сила пищевой конкуренции (формула)

Сила пищевой конкуренции, вычисляется по формуле А.А. Шорыгина (1946):

$$e = \frac{100 (q_1 + q_2) d g}{b} \quad (6.1)$$

где: **e** – напряженность пищевых отношений по какой-то группе кормовых объектов;

q₁ и **q₂** – размер суточного потребления обоими видами рыб;

b – биомасса объекта в водоеме;

d – ИПС группы организмов;

g – поправка на положение пастбищ.

Пищевая элективность (избирательность).

Рыбы в процессе питания отдают предпочтение определенным кормовым объектам. Рыбы очень пластичны в питании и могут потреблять все, что им доступно – некоторые виды в своем пищевом спектре имеют свыше 300 объектов. Состав пищи не является постоянным в течение всей жизни и изменяется в зависимости от возраста, места обитания, физиологического состояния, сезона, доступности объектов.

Пищу рыб различают **по предпочтению** и **по фактическому значению**.

По предпочтению пища бывает:

- излюбленной (2-6 видов или 50-70% массы пищевого комка);
- заменяющей (5-6 видов или 15-30%);
- вынужденной (много видов, но не более 10%).

По **фактическому значению** пищу разделяют на:

- главную
- второстепенную
- вынужденную

Деление пищи по предпочтению и по фактическому значению вызвано тем, излюбленная пища не доминирует в водоеме, т.е. не является главной, а основу составляет заменяющая пища.

А.А. Шорыгин для установления индекса избирания пищи предложил формулу:

$$J_i = r_i/P_i \quad (6.2)$$

где: r_i – процентное соотношение организмов в пище;

P_i – процент организмов в природном сообществе.

Если рыба ест все подряд, то индекс избирательности равен 1, если выбирает организмы, то индекс избирания более 1, если избегает – менее 1. А.С. Константинов для вычисления избирания брал отношение разности процентных значений компонентов в пище и кормовой базе ($r_i - P_i$) к значению в кормовой базе (P_i).

$$J_i = (r_i - P_i)/P_i \quad (6.3)$$

В.С.Ивлев использовал отношение разности процентных значений компонентов в пище и кормовой базе ($r_i - P_i$) к их сумме ($r_i + P_i$)

$$j_i = (r_i - P_i)/(r_i + P_i) \quad (6.4)$$

Ритмы питания рыб.

Ритм питания зависит от доступности объектов, их размера, калорийности, способа разыскивания пищи, а также времени суток и сезона.

Суточные ритмы

Хищники, потребляя крупную пищу, долго ее переваривают – у них интенсивное питание (жор) происходит утром и вечером. Мирные рыбы питаются понемногу, но часто, потребляя пищу каждые 4 – 6 часов.

Сезонные ритмы

Сезонные изменения в питании у рыб связаны с циклами развития объектов питания, их миграциями и доступностью, а также физиологическим состоянием рыб.

Зимовка – малоактивное питание или его прекращение (спячка).

Перед нерестом – питание калорийной пищей – рост гонад.

После нереста – жор для восстановления энергетических трат и прирост массы и длины.

Интенсивность питания.

Показателями интенсивности питания являются показатели наполнения пищевого тракта, а также суточный и годовой рационы.

Степень наполнения пищевого тракта пищей визуально оценивается по бальной шкале: 0 – пусто, 1 – единично, 2 – малое наполнение, 3 среднее наполнение, 4 много пищи (тракт полный), 5 – масса (тракт растянут).

Количественным выражением интенсивности питания рыб является общий и частный индексы наполнения.

Общий – отношение массы пищевого кома к массе рыбы; частный – отношение массы одного компонента к массе рыбы. Для хищных рыб индексы принято выражать в %, для мирных – в промилле (‰). Интенсивность питания рыб зависит от ряда факторов – видовой принадлежности, пола, размеров тела, физиологического состояния, температуры воды, сезона и т.п. Рыбы живут в определенном диапазоне температур, для каждого вида характерны свои оптимумы.

Кормовые коэффициенты.

Одним из показателей рациона питания рыб является кормовой коэффициент (КК), показывающий соотношение массы съеденной пищи для прироста 1 кг массы тела за известный период времени.

Суточный и годовой рационы

Под суточным рационом понимают количество пищи, съедаемое рыбой за одни сутки и выражаемое в процентах от массы тела. Зная суточный рацион и интенсивность питания по месяцам, можно определить годовое потребление пищи.

Обычно суточный рацион рассчитывают на основе индексов наполнения кишечника в естественных условиях и скорости переваривания пищи при той же температуре по формуле:

$$D = A(24/n) \quad (6.5)$$

где: D – суточное потребление пищи, %;

A – средний индекс наполнения желудка, %;

n – скорость переваривания, час.

Годовой рацион – количество пищи, съедаемой рыбой за год. Его выражают как отношение массы пищи, съеденной за год к массе рыбы, или в процентах от массы рыбы. Годовой рацион показывает, во сколько раз количество потребленной пищи больше массы рыбы.

Качественная характеристика питания

Качественный состав пищи рыб, выловленных в данный момент, характеризуется следующими показателями:

1. **Широта спектра питания.** Этот показатель дает определение и разнообразию потребляемой пищи. Определяется он количеством родов и видов организмов в пищевом коме рыб.

2. **Частота встречаемости соответствующего компонента,** позволяет установить у каких рыб он встречается. Определяется этот показатель числом пищеварительных трактов, содержащих данный компонент, выраженный в процентах от общего числа исследуемых. Пустые кишечника при этом не учитываются.

3. **Значение отдельных компонентов пищи по массе** дает полное представление о значении каждого из них. Вычисляется следующим образом: суммарную массу всех компонентов пищи для пробы принимают за 100% и вычисляют суммарную массу каждого компонента из каждого желудка, вычисленных либо реконструкцией массы, либо непосредственным взвешиванием.

Пищевые цепи в водоемах.

Для разработки научных основ рыбного хозяйства на естественных водоемах, вселении новых видов рыб, реконструкции ихтиофауны важное значение имеет изучение пищевых взаимоотношений водных организмов.

Первыми продуцентами органического вещества являются микро- и макрофиты. Фитопланктоном питаются многие беспозвоночные (б/п) и некоторые рыбы. Б/п являются кормом мирных рыб, а их в свою очередь поедают хищные рыбы. В результате таких пищевых взаимоотношений складываются пищевые, или трофические цепи (ПЦ) – иногда протяженные, иногда короткие.

Самая короткая ПЦ – фитопланктон рыба (белый толстолобик, анчоус) или макрофиты-рыба (белый амур, красноперка). Наиболее длинные цепи состоят из 5 – 6 звеньев и характерны для океанических водных экосистем.

В ПЦ происходит трансформация вещества и энергии, но при переходе с одного звена ПЦ на другой теряется большое кол-во энергии: примерно 5-кратное у хищников, 30-кратное у РЯР.

Задачи трансформирования ихтиоценозов (реконструкция) – создание возможно более коротких ПЦ.

РАЗМНОЖЕНИЕ И РАЗВИТИЕ РЫБ. ПЛОДОВИТОСТЬ РЫБ. ЭТАПНОСТЬ РАЗВИТИЯ РЫБ.

Разнообразие условий размножения и приспособления к ним.

Размножение (Р) – звено жизненного цикла, обеспечивающее во взаимосвязи с другими с др. звеньями воспроизводство популяции и сохранение вида. Специфические особенности размножения каждого вида – приспособление к определенным условиям Р. и развития его молоди, дающей пополнение, необходимое для сохранения вида и поддержания его численности. Приспособление рыб к условиям размножения и развития отражают не только основные экологические моменты эмбрионального периода, но и существенные черты всех остальных периодов жизни.

Они связаны с образом жизни, с характером их миграций и др. звеньями жизненного цикла.

Раздельнополость и гермафродитизм у рыб.

Раздельнополость рыб подразумевает наличие первичных и вторичных половых признаков. О первичных половых признаках см. «Строение рыб. Половая система».

Вторичные половые признаки или половой диморфизм в межнерестовый период проявляется не у всех рыб и определить их пол без вскрытия трудно. У большинства рыб самки крупнее самцов, самцам свойственна более яркая окраска, удлиненные плавники, у самцов хрящевых рыб имеются совокупительные органы – птеригоподии (у самок их нет), у некоторых костистых рыб самцы имеют утолщенный первый луч анального плавника (гоноподий), выполняющий ту же функцию. Примеры диморфизма – карликовые самцы (лососи), крошечные самцы (прирастают к телу) – у глубоководных рыб-удильщиков.

Соотношение полов – приспособит. свойство и направлено на успешное воспроизводство. У большинства рыб СП – 1:1.

Размерно-половое соотношение у рыб, т.е. % самок и самцов, приходящихся на каждую размерную группу, может различаться:

Так, 1-ый тип – размеры самок и самцов в одновозрастных группах равны и СП во всех возрастных группах рыб равно 1:1 (сельди).

2-ой тип – самки крупнее самцов, а самцы созревают в более раннем возрасте и продолжительность жизни их меньше (доля самок у рыб этого типа по мере увеличения их длины возрастает, достигая 100% среди крупных особей (камбала, сибирская ряпушка, плотва).

3-ий тип – самцы крупнее самок (бычки, мойва) и среди крупноразмерных рыб доля самок уменьшается до минимума.

СП на нерестилищах зависит от особенностей поведения рыб в период размножения.

СП у рыб под воздействием различных факторов (гидрохимия, температура, плотность популяции, обеспеченность пищей, радиация, **гормоны – направленный путь**) может меняться. Регуляция пола – изменение СП – имеет хозяйственный эффект.

Рыбы – **моно-** (лосось) и **полигамы** (карповые). Для размножения многие рыбы образуют т.н. **гнезда** – когда на 1 самку приходится 3 – 4 самца.

Способы размножения у рыб.

Рыбы размножаются половым путем, хотя в отдельных случаях развитие икры может происходить без оплодотворения (**когда?**) – партеногенетически.

Одним из способов размножения является **гиногенез** (рождение самок) – известен у серебряного карася, популяции которого состоят только из самок. Среди костистых рыб различают **яйцекладущих** (икромечущих), откладывающих яйца во внешнюю

среду и **живородящих**, для которых характерно внутреннее оплодотворение и развитие яиц внутри яичника.

В зависимости от характера размножения – **моноциклические** (один половой цикл за жизнь – угри, лососи, речные миноги, байкальская голомянка) и **полициклические** (много половых циклов за жизнь) большинство видов.

Связь наступления половой зрелости у рыб с возрастом, темпом весового и линейного роста.

Половое созревание рыб находится в большей зависимости от длины тела, чем от возраста и происходит по достижению определенных размеров, причем рыбы обычно впервые созревают при длине, равной половине их максимальной длины. Однако, т.к. длина тела рыб в условиях одной климатической зоны связана с возрастом, то называют возраст наступления половой зрелости.

Возраст наступления половой зрелости колеблется от 1 – 3 месяцев (живородящие и икромечущие карпозубые, гамбузия, гуппи, афиосимеоны) до 10 – 15 и более лет (крупные акулы, осетры).

Характеристика стадий зрелости гонад.

Для оценки степени зрелости половых продуктов у рыб применяют т.н. шкалы зрелости. Наиболее распространенной является 6-бальная шкала с использованием макроскопических признаков для полициклических рыб с единовременным икрометанием (шкала Киселевича):

1-я стадия – ювенальная -неполовозрелые рыбы, гонады неразвиты, пол визуально не определим;

2-я – стадия приготовления (стадия покоя для половозрелых) – половые продукты или еще не начали развиваться или уже выметаны;

3-я стадия – созревания – начало роста и развития половых клеток;

4-я – зрелости – рост закончен, половые клетки достигают максимальной зрелости;

5-я – текучести – половые клетки зрелые – при надавливании на брюхо половые продукты свободно вытекают (преднерестовый период – нерест)

6-я –стадия выбоя – икра выметана, молоки вытекли (после нерестовый) – переход во 2-ю стадию.

Строение половых клеток у рыб.

Строение икры (яйца):

- форма – шар, реже эллипс, грушевидная;
- размер – от 0,3 мм (карликовый бычок) до 670 мм (китовая акула), зависит от количества желтка – основного питательного вещества;
- на цвет прозрачная (красная или желтая – почему?);
- жировые капли – есть или нет, обеспечивают плавучесть – орган гидростатического равновесия;

- строение оболочек: первичная (лучистая) и вторичная (студенистая), у миног и хрящевых-третичная (роговая и белковая);
- м и к р о п и л е (особый канал на анимальном полюсе: у костистых одно, у осетровых может быть несколько).

Влияние экологических факторов на половое созревание рыб.

- температура
- свет
- соленость
- рН

Время нереста и его адаптивное значение.

Календарные сроки нереста рыб – приспособление, в первую очередь, к обеспечению пищей молоди. Они связаны с сезонными и другими изменениями абиотических и биотических факторов.

Сроки икрометания имеют и защитное значение для обеспечения развития икры и молоди в такой период, когда хищники еще не появились или малоактивны.

В зависимости от сезона, когда происходит нерест, рыб нашей фауны можно разделить на следующие экологические группы:

- весенне нерестующих, с единовременным нерестом (щука, окунь, плотва);
- летне нерестующих с порционным нерестом (линь, карась);
- осенне-зимне нерестующие с единовременным нерестом (лососи, сиги, налим).

Это деление во многом условно, т.к. в зависимости от климатических условий года и условий в различных регионах (даже Беларуси).

Время нереста у различных видов сильно варьирует в течение суток – нерест ночью (лососи, налим) – утром (лещ, плотва) карась, линь с утра до вечера.

По продолжительности нереста выделяю две группы рыб – **с единовременным и порционным икрометанием.**

У рыб с единовременным икрометанием (окунь, щука) икра выметывается сразу, единовременно, в короткий срок (от нескольких часов до 1 – 2 суток). Рыбы с порционным икрометанием (карась, линь) откладывают икру порциями, с промежутками в 7 – 10 дней, пока созревает очередная порция. Между этими группами есть промежуточная группа рыб с растянутым по срокам нерестом, но без выраженных порций.

Экологические группы рыб (по С.Г. Крыжановскому).

В зависимости от условий размножения икромечущих рыб, прежде всего от нерестового субстрата, выделяют экологические группы рыб:

- литофилы – откладывают икру на каменистый грунт – осетры, лососи
- псаммофилы – на песок (икрустация песком) – пескари, гольцы
- пелагофилы – в толщу воды – чехонь, толстолобики
- фитофилы – на растительность (вегетирующую или отмершую) – лещ, окунь
- остракофилы – в полости животных (мантии, панцири) – горчак, губаны

Проблема полиспермии.

Микропиле (одно) – спермий проникает в яйцо через микропиле – идет кортикальная реакция – микропиле закрывается – защита от многочисленных спермиев.

Плодовитость рыб

Плодовитость – количество зрелых половых клеток (яиц, личинок), выметанных (отложенных, отрожденных). Плодовитость является приспособительным свойством вида и может иметь значительные колебания. Величина плодовитости зависит от таких показателей как возраст, длина и масса тела особей.

Рыбы обладают способностью регулировать плодовитость в зависимости от изменений условий окружающей среды и особенно от обеспеченности пищей.

У рыб различают плодовитость индивидуальную (в т.ч. абсолютно, относительную и рабочую), видовую и популяционную.

Абсолютная индивидуальная плодовитость (АИП) – кол-во икры, откладываемое самкой в течение одного нерестового сезона.

Относительная индивидуальная плодовитость (ОИП) – кол-во икры, приходящееся на единицу (г, кг) массы тела самки.

Рабочая плодовитость (РП) – кол-во икринок, получаемых от одной самки для рыбоводных целей (обычно не превышает 70% от АИП).

Видовая абсолютная плодовитость – общее кол-во икринок, выметываемое рыбой за весь ее репродуктивный период. Величина (показатель) видовой плодовитости – условная величина и зависит от ряда факторов – ИП, возраста наступления половой зрелости, числа икрометаний (числа участия в нересте – нерестовых сезонов), соотношения полов, но она характеризует воспроизводительную способность вида.

Показатель видовой плодовитости определяют по формуле С.А. Северцева (1941):

$$Q = p^j s \sqrt{r} \quad (7.1)$$

Где: r – индивидуальная плодовитость

p – период между икрометаниями

j – возраст полового созревания

s – соотношение полов в популяции

Для более точной оценки показателя видовой плодовитости предложено определять **популяционную плодовитость**, т.к. отдельные популяции различаются по возрастному составу, времени наступления половой зрелости и др. биологическим показателям. Определяют по формуле В.С.Ивлева (1953).

$$R = \frac{k \sum_{t_1}^{t_{11}} p n \sum_{t_1}^{t_{11}} \frac{p f}{f+m}}{100 \sum_{t_1}^{t_{11}} p t} \quad (7.2)$$

где R – искомый показатель популяционной плодовитости

t^1 – возраст в годах при котором наступает зрелость

t^{11} – возраст при котором особи перестают нереститься

P – относительная величина данной возрастной группы в % от суммы половозрелых особей

N – абсолютная плодовитость одной самки данной возрастной группы

f – число самок в средней пробе; k – число икрометаний в течении года

По В.С. Ивлеву популяционная плодовитость – это плодовитость рыбы среднего возраста при средней частоте икрометаний.

Коэффициент зрелости.

Коэффициент зрелости представляет собой отношение массы гонад к массе тела рыбы (выражается в %).

$$K_{зр} = \frac{m}{M} * 100 \quad (7.4)$$

где m – масса гона,

M – масса тела

Индекс зрелости – это процентное отношение коэффициента зрелости гонад, вычисленное в отдельные периоды созревания гонад, к максимальному коэффициенту зрелости.

Основные периоды онтогенеза.

Жизненный цикл рыб от момента оплодотворения до естественной смерти распадается на определенные периоды, каждый из которых характеризуется определенными морфологическими и физиологическими особенностями.

В жизненном цикле рыб выделяют:

- эмбриональный (зародышевый) – эндогенное питание – от оплодотворения до перехода на экзогенное питание, эмбрион живет за счет запаса желтка в икринке;
- личиночный – с момента перехода на смешанное питание (не только желтком, но и за счет внешнего корма) до полностью экзогенного питания, но сохраняют личиночные признаки и органы;
- период неполовозрелого организма, на начальном этапе мальковый по внешнему строению напоминают взрослую рыбу – закладка чешуи; затем ювенальный – период усиленного роста и развития половых желез;
- взрослого организма с момента наступления половой зрелости, полностью сформированный организм, рыба достигла половой зрелости и способна воспроизводить себе подобных;
- старческий – половая функция затухает, замедление темпов роста или практически полное его прекращение, рыбы не размножаются.

ВОЗРАСТ И РОСТ РЫБ. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА

Рост рыб (как процесс, свойственный и др. животным организмам) – увеличение размеров и накопление массы тела при постоянной ее смене. Рост – результат потребления пищи, ее усвоения и построения из нее тела организма.

Процесс роста видоспецифичен, он является видовым приспособлением, обеспечивающим единство вида и среды. Медленный рост и малые размеры особей позволяют существовать многочисленной популяции при сравнительно ограниченных кормовых ресурсах. Быстрый рост и крупные размеры обеспечивают особям защиту от врагов, но это возможно при наличии богатой кормовой базы и ограничивает численность популяции.

Определение возраста по различным элементам (чешуя, кости, отолиты).

Определение возраста производят только по костной чешуе (костистые). Плакоидная и ганоидная чешуя для этих целей не пригодны.

Строение чешуи: чешуя – усеченная пирамида, только очень плоская, новые слои (более широкие) растут снизу (от тела). На покровном слое чешуи образуются склериты, или валики. Их ширина и расстояние между ними оказываются то широким (в период интенсивного роста рыб), то узким (в период медленного роста). Таким образом на чешуе образуются широкие и узкие зоны роста. Внешняя граница сближенных склеритов – т.н. суженной зоны роста – рассматривается как годовое кольцо. У большинства рыб годовое кольцо образуется весной.

Периоды ускоренного и замедленного роста рыб, зависящие от их физиологического состояния, связаны не только с температурой, но и с ходом жизненного цикла рыб (миграции, нерест) – поэтому у тропических рыб также имеются годовые кольца на чешуе.

Кости – отолиты на костях и отолитах у рыб, как и на чешуе, образуются наслаения, соответствующие годовым циклам жизни. Кости и отолиты используются в качестве контроля при определении возраста или тогда, когда использование чешуи невозможно или затруднено (хамса, тюлька, угорь!)

Возрастные группы

Возрастные группы – совокупность рыб одного возраста. Принято выделять:

С момента выклева эмбриона из оболочки и до почти полного рассасывания желточного мешка стадия носит название **предличинки** или **свободного эмбриона**.

Личинка – с момента перехода на смешанное питание и до начала закладки чешуи.

Малек – тело уже покрыто чешуей, по внешнему виду начинает напоминать взрослую особь.

Сеголеток – рыба данного года рождения, обозначается знаком 0 или 0+, в первой половине года называется мальком. Знаком плюс обозначают начало прироста следующего года.

Годовик – перезимовавший сеголеток, в первой половине календарного года (1. – с точкой);

Двухлеток – рыба, прожившая два вегетационных периода, т.е. годовик, доживший до второй половины лета или до осени (1+);

Двухгодовик – перезимовавший двухлеток, в первой половине календарного года (2. – с точкой) и т.д. по годам

Влияние факторов среды на рост рыб.

Значительное влияние на рост рыб оказывают условия внешней среды – температура, освещенность, газовый режим (прежде всего кислородный), плотность населения водоема, количество и доступность корма и др.

Наиболее быстрый рост происходит при оптимальных температурах, свойственным каждому виду, когда наиболее интенсивно идут обменные процессы.

Наибольшее значение для роста рыб имеет обеспеченность пищей и ее доступность, т.е. различия в условиях питания – особи в разных популяциях одного вида растут по-разному, особи даже в одном стаде могут значительно различаться по показателям роста (например, лещ – Припять Зап. Двина, озера Дривяты, Езерище).

Плотность популяции и рост.

Плотность популяции – чем она выше, тем меньше обеспеченность пищей и рыбы растут медленнее (хуже). (см. гл. «Питание» и «Внутривидовые и межвидовые отношения»).

ИХТИОЦЕНОЗ, ЕГО ОБЪЕМ, БИОМАССА И ПРОДУКТИВНОСТЬ. ДИНАМИКА СТАДА РЫБ. МИГРАЦИИ

1.1 Общие понятия об ихтиоценозе

Рыбы как сообщество являются структурным звеном водного биоценоза, представленным в виде отдельных популяций, связанных между собой отношениями «хищник-жертва», триотрофными и конкурентными отношениями, но не более. Таким образом, под **ихтиоценозом** понимается часть биогидроценоза, а именно сообщество рыб, связанных между собой трофическими и информационными связями в единое целое, которое функционирует как относительно обособленная подсистема и претерпевает закономерные изменения сообразно изменениям биогидроценоза. Под объемом ихтиоценоза понимается число видовых популяций в сообществе, находящихся между собой во взаимозависимости.

1.2 Продуктивность водоемов

Биологическая продуктивность – способность водоема обеспечивать в течении года (одного вегетационного периода) определенный прирост массы живого органического вещества на единицу площади.

Разные виды рыб используют на прирост единицы массы неодинаковое количество корма (кормовой коэффициент). Отсюда, численность видов может существенно влиять на показатели рыбопродуктивности, или к примеру, если не все имеющиеся кормовые ресурсы используются рыбой.

Возраст полового созревания кульминация ихтиомассы.

Всю массу рыб в водоеме (естественный запас) условно можно разделить на две части: пополнение и остаток.

Пополнение – это та часть рыбного стада, которая отродилась и набирает массу до периода полового созревания.

Остаток – это та часть рыбного стада, которая участвует в воспроизводстве и остается в живых после нереста.

Рубежом для перехода рыбы из пополнения в остаток является **возраст полового созревания**. По существующим в настоящее время взглядам эксплуатации (вылову) подлежит та часть популяции рыб, которая достигла половой зрелости и участвовала в размножении. Следовательно, без знания возраста полового созревания невозможно рационально эксплуатировать рыбные ресурсы.

Вторым важным показателем, определяющим характеристику популяции рыб, является кульминация ихтиомассы возрастных групп. **Под кульминацией** ихтиомассы подразумевают максимальную величину ихтиомассы возрастных групп в пределах одного поколения или одной популяции. Л.А. Кудерский (1983) выделяет три типа популяций рыб:

1. Кульминация ихтиомассы совпадает с возрастом полового созревания (короткоциклические виды – ряпушка, снеток, дальневосточные лососи).

2. Возраст, в котором наступает кульминация ихтиомассы больше возраста полового созревания (длинноциклические виды рыб – крупные хищники, осетровые).

3. Кульминация ихтиомассы возрастных групп предшествует возрасту полового созревания (рыбы со средней продолжительностью жизни).

Исходя из этого, для каждого типа популяций рыб требуется своя стратегия эксплуатации, направленная на разумное использование продукционного потенциала видов и водоемов.

I тип. К первому типу относятся популяции рыб, у которых кульминация ихтиомассы возрастной группы совпадает по времени с возрастом полового созревания.

II тип. У популяций второго типа кульминация ихтиомассы возрастной группы наблюдается после достижения рыбами половой зрелости.

III тип. К третьему типу относятся популяции рыб, у которых кульминация ихтиомассы возрастной группы предшествует возрасту наступления половой зрелости.

1.3 Динамика численности стада рыб

Проблема динамики численности и биомассы популяций организмов – одна из наиболее актуальных проблем современной биологии. От степени разработки этих проблем зависит успех развития тех отраслей (секторов) экономики, которые базируются на природных биологических ресурсах – р/х, охота, с/х. и др.

Биологические основы рационального использования рыбных запасов подразумевают знание основных механизмов, определяющих динамику

численности рыб – рождения, росте и убыли особей. Убыль особей тесным образом связана с размножением и ростом, поскольку размножение компенсирует убыль, а рост регулирует как интенсивность убыли, так и интенсивность размножения. Убыль (смертность) – общая и естественная, являются одним из механизмов, определяющих характер кульминации ихтиомассы, а соответственно промысловую меру и норму прилова.

Структура популяций рыб и закономерности их изменений.

Основные закономерности динамики популяций, которым подчиняется динамика популяций (стад) рыб сходны с таковыми и для многих других организмов. ДП – непрерывный процесс смены поколений во времени (рождение новых поколений, рост и гибель особей, их составляющих). Характер этого процесса определяется спецификой видовых приспособлений, характером взаимосвязей организма со средой.

Возрастная и половая структура.

Возрастная структура – определяется числом возрастных групп в популяции и численностью (или соотношением числа) особей в каждой возрастной группе. Возрастная структура зависит от длительности жизненного цикла (коротко- и длинноцикловые) и продолжительности жизни

Половая структура -определяется соотношением полов (у большинства рыб СП – 1:1) размерно-половым соотношением у рыб, т.е. % самок и самцов, приходящихся на каждую размерную (возрастную) группу.

Возрастная структура – видовое приспособление, обеспечивающее популяции существование в конкретных условиях.

Многовозрастная структура популяции есть приспособление к относительно стабильной кормовой базе, слабому воздействию хищников на половозрелую часть популяции и лабильным условиям воспроизводства. **Основной стратегией такой популяции** является использование энергетических ресурсов на рост, что позволяет быстрее выйти из-под пресса мелких, а соответственно наиболее многочисленных хищников. Достигнув половозрелости, отдельное поколение таких рыб, как правило, обладая небольшой плодовитостью, но нерестясь в течение ряда лет, обеспечивает популяцию пополнением даже в условиях нестабильности воспроизводства.

Тип динамики стада, т.е. возрастной состав стада, соотношение относительной численности отдельных возрастных групп, максимальная и средняя продолжительность жизни, соотношение полов, характер колебания численности специфичны для каждого вида и являются его приспособительным свойством.

1.4 Поведение и миграции рыб

Факторы, определяющие поведение рыб:

- зрение
- слух
- обоняние
- боковая линия
- высшая нервная деятельность – рефлексы (безусловные и условные)

Поведение регулируется гормонами– веществами особой природы (белки).

Суточная и сезонная ритмика поведения.

Зависит от образа жизни рыб (светолюбивые, сумеречные), физиологического состояния (степень зрелости, процент накопления жира) и факторов внешней среды (температура, длина светового дня, количество выпадающих осадков или уренный режим).

Изменение характера поведения рыб в онтогенезе.

Молодь часто ведет себя совсем не так как взрослые рыбы (изменение отношения к свету, изменение состава рациона и мест обитания и т.п.)

Использование особенностей поведения рыб в практике рыбного хозяйства

Особенности поведения рыб часто используют в практических целях (рыбозащита, рыбоходы, разработка новых способов и орудий лова и т.д.).

Значение миграций рыб.

Миграции – определенные звенья жизненного цикла, неразрывно связанные между собой

Типы миграций.

-По направлению: горизонтальные и вертикальные;

-По способу передвижения: пассивные и активные;

-По отношению к течению: анадромные и катодромные.

Горизонтальные – пассивные и активные.

Пассивные (на стадии икры и личинок – угорь, растительоядные и др.);

Активные:

- нерестовые
- кормовые
- зимовальные

Нерестовые – анадромные (вверх) и катадромные (вниз).

Вертикальные – в толще воды океанов и морей – планктофаги.

Роль внутренних и внешних факторов при миграциях.

Внешние факторы – выступают как раздражители, их источник – внешняя среда.

Внутренние факторы – регуляторные механизмы (высшая нервная деятельность, железы внутренней секреции–гипофиз).

РЫБОВОДСТВО, ЕГО ЗНАЧЕНИЕ И ФОРМЫ. МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РЫБОВОДСТВА. ОБЪЕКТЫ РАЗВЕДЕНИЯ

Аквакультура – это разведение и выращивание водных организмов (гидробионтов). Рыбоводство – направление развития аквакультуры в части разведения и выращивания рыб.

В связи с сокращением ресурсов Мирового океана и внутренних водоемов аквакультура приобретает все большее значение. Многие считают ее индустрией будущего, т.к. по продуктивности она значительно превосходит культивирование наземных животных.

По прогнозу ФАО объемы продукции аквакультуры к 2010 г. достигнут 55 млн. тонн и составят до 50% общего мирового объема рыбной продукции. В настоящее время ФАО считает аквакультуру наиболее динамично развивающимся направлением мирового производства продуктов питания, не имеющему альтернативы в обеспечении растущего населения планеты животным белком.

По способу разведения и выращивания гидробионтов различают два типа аквакультуры:

- разведение и выращивание гидробионтов в контролируемых условиях (чаще всего это **интенсивная** аквакультура, характеризующаяся применением специальных устройств и кормов);

- разведение и выращивание гидробионтов в частично контролируемых или не контролируемых условиях – это **пастбищная или экстенсивная** аквакультура (выращивание происходит исключительно на естественных кормах).

Первый тип еще характеризуется как интенсивный, второй – как экстенсивный тип.

В зависимости от характера водоема и качества воды различают **пресноводную и морскую аквакультуру** (марикультуру).

Наиболее распространенным объектом пресноводной аквакультуры является рыба. Поэтому рыбоводство – наиболее развитая отрасль аквакультуры.

Основными объектами современного рыбоводства являются две группы рыб, отличающихся между собой по биологическим свойствам: **теплолюбивые и холоднолюбивые**. Соответственно разводимым объектам и современное рыбоводство можно условно разделить на тепловодное (оптимум температур для выращивания лежит выше 18 °С) и холодноводное (ниже 18 °С). В тепловодных хозяйствах объектами разведения являются в основном карповые рыбы (каarp, растительноядные, карась, линь), а также сомовые, чукучановые, осетровые и т.д. В холодноводных хозяйствах разводят в основном лососевых и сиговых рыб.

По цели производства различают **товарное рыбоводное хозяйство**, дающие пищевую продукцию, **нерестово-выростные хозяйства (НВХ) и рыбозаводные заводы**, производящие рыбопосадочный материал (молодь рыб), для зарыбления водоемов.

По характеру используемых устройств различают **прудовые, садковые, с установками замкнутого водоснабжения, озерные товарные рыбоводные хозяйства и морские товарные хозяйства**.

Выращивание рыбы практикуется как в монокультуре, так и в поликультуре. В индустриальных условиях, в узких пределах по состоянию среды, температуры и кормления выгоднее использовать монокультуру рыб. В прудах и озероподобных водоемах для более полного использования естественной кормовой базы практикуется совместное выращивание нескольких видов рыб – поликультура. В поликультуре обычно выращивают двух и более видов, различающихся по характеру питания.

Прудовое рыбоводство.

Характер типов, систем и оборотов прудового рыбоводства.

По структуре в прудовом рыбоводстве различают полносистемные и неполносистемные хозяйства:

1. **Полносистемное прудовое хозяйство** с задачей разведения и выращивания рыбы от икры до товарных размеров. К полносистемным хозяйствам относятся и племенные хозяйства, выращивающие рыб-производителей и племенной материал младшего возраста (ремонт).

2. **Неполносистемные хозяйства** – в производственной цепочке отсутствует одно или несколько звеньев.

2.1 Хозяйство-питомник с задачей выращивания рыбопосадочного материала: личинок, мальков. Сеголетков, годовиков, а при трехлетнем обороте хозяйств – двухлетков карпа и др. видов.

2.2 Нагульное хозяйство, где производится выращивание товарной (столовой) рыбы.

В зависимости от почвенно-климатических условий зоны рыбоводства и принятой технологии выращивания рыбоводные хозяйства могут работать с одно- двух- и трехлетним оборотом. **Под оборотом в прудовом рыбоводстве понимают отрезок времени, необходимый для выращивания рыбы от икринки до товарной массы.** В Беларуси, в основном, принят двухлетний оборот. Только в отдельных хозяйствах из-за неблагоприятных условий выращивания используют трехлетний оборот.

Структура карпового прудового хозяйства и назначение прудов.

Пруды – основная производственная база по выращиванию рыбы в прудовом хозяйстве. Поэтому в прудах должны быть созданы оптимальные условия для выращивания рыбы разных возрастов. Устройство и расположение прудов определяется биологическими свойствами различных возрастных групп рыбы обязательно учитываются при проектировании и строительстве хозяйства. По своему назначению пруды рыбного хозяйства подразделяются на четыре группы:

1. Водоснабжающие – головные, согревательные, пруды-отстойники;
2. Производственные – используются для разведения и выращивания рыбы (нерестовые, мальковые, выростные, зимовальные, нагульные и маточные);
3. Санитарно-профилактические – карантинно-изоляционные;
4. Подсобные – пруды-садки.

Рыбоводство в естественных водоемах.

Товарное рыбоводство на базе естественных водоемов (озера, водохранилища, лиманы и т.п.) – одно из перспективных направлений рыбохозяйственного

использования водного фонда. Оно способно давать более дешевую товарную рыбу, поскольку ее выращивание базируется на использовании естественной кормовой базы и водных ресурсов озер. Этим рыбоводство на естественных водоемах выгодно отличается от прудового и особенно индустриального способов, где основной прирост икhtiомассы обеспечивается искусственными кормами.

Рыбоводства на естественных водоемах имеет собственный предмет, методы и структуру:

предмет – рыба как элемент биопродукционного процесса в икhtiоценозе;

метод – экспериментальный биотехнический, основанный на ресурсо-сберегающей технологии;

структура – товарные рыбные хозяйства (ТРХ), работающие на основе однолетнего, двухлетнего или многолетнего нагулов рыбы.

Подобно прудовым хозяйствам, по структуре озерные товарные хозяйства могут быть **трех типов: полносистемными, неполносистемными и специализированными.**

Индустриальное и тепловодное рыбоводство.

Кроме традиционных методов рыбоводства (в искусственных или естественных водоемах с нерегулируемыми условиями выращивания), в последнее время получило развитие рыбоводство в условиях искусственных водоемов ограниченного объема с относительно регулируемые условиями обитания рыб. Такие методы получили название индустриальных и включают в себя выращивание рыбы либо в открытых (бассейны, садки), либо в закрытых (танки) системах.

Кормление рыбы.

Кормление – один из основных методов интенсификации рыбоводства, позволяющий значительно увеличить (до 5 – 8 раз) выход рыбной продукции с единицы площади. Эффективность кормления рыбы зависит от качества используемых кормов, техники кормления, экологических условий.

Столь же важное значение имеет и концентрация кислорода. При снижении до 4 мг/л ухудшается аппетит и снижается усвояемость корма. При дефиците кислорода не только уменьшается или прекращается рост и снижается рацион, но и увеличивается кормовой коэффициент. Таким образом, кормление рыбы надо вести с учетом состояния погоды, температуры воды, концентрации кислорода, возраста рыбы и интенсивности поедания ею кормов. Суточные рационы в зависимости от массы тела и температуры воды рассчитаны и изложены в специальных таблицах.

Улучшение продуктивных качеств рыбы.

Достигается при использовании высокопродуктивных пород, линий и гибридных межпородных форм карпа. Использование чистопородных линий с улучшенными качествами, а также межпородных кроссов позволяет за счет гетерозисного эффекта получить дополнительно до 20% икhtiопродукции без увеличения материальных затрат. Широкое использование гибридов I поколения карпа и амурского сазана

позволяет получать более устойчивую к заболеваниям и условиям среды, более быстрорастущую рыбу, чем исходные формы.

Фазы процессов акклиматизации переселенца

А.Ф. Карпевич выделяет пять узловых фаз процесса акклиматизации и натурализации вида в новых условиях.

1 фаза – выживание переселенных объектов в новых условиях. Продолжительность фазы – от момента вселения особей до появления потомства.

2 фаза – размножение и начало формирования популяции. На данном этапе определяющими факторами являются абиотические (температуры, соленость, газовый режим и т.д.). Биотические факторы играют подчиненную роль, т.к. из-за малой численности популяции паразиты и враги еще не оказывают существенного давления.

3 фаза – максимальная численность вселенца. При наличии в водоеме подходящих условий наблюдается резкое увеличение (взрыв) численности вселенца. Данная фаза завершается успешно, если ни один из факторов среды не оказывает отрицательного влияния на популяцию вселенца.

4 фаза – обострение противоречий переселенца с биотической средой. Увеличение численности при отсутствии защитных механизмов ведет к последующему снижению численности и ее стабилизации на новом уровне.

5 фаза – натурализация в новых условиях. Пройдя ряд поколений, вселенец адаптируется к новым условиям и вступает в стадию натурализации, которая является завершающей фазой акклиматизации. На этом этапе происходят следующие изменения: проявляется морфофизиологический облик; вырабатываются новые особенности в биологии и поведении; определяется место в экосистеме водоема; закрепляются нерестовые и нагульные площади.

2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В пособии рассматриваются морфологические особенности представителей различных групп рыб, их внешнее и внутреннее строение. Предназначено для студентов биологического факультета БГУ.

В ходе лабораторных занятий применяются наглядные пособия (таблицы и меловые рисунки), постоянные и временные препараты позвоночных животных и деталей их строения, а также постоянные экспозиции зоологического музея биологического факультета.

Должны быть обеспечены микроскопами, фиксированным биологическим материалом и готовыми препаратами, демонстрационными таблицами.

Перечень лабораторных занятий

1. Меристические и пластические признаки, их диагностическое значение. Схемы описания рыб различных семейств.

2. Возраст рыб и методы его определения по чешуе и другим элементам. Плодовитость рыб (индивидуальная, относительная, рабочая, популяционная, видовая) и методы ее определения. Определение стадий зрелости половых продуктов рыб.

3. План и структура рыбоводного хозяйства. Воспроизводство рыб (маточное и ремонтное стадо, нерестовая кампания). Корма и кормление рыб. Выращивание рыбопосадочного материала. Выростное и нагульное хозяйство.

3. КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Темы рефератов

1. Роль ихтиологии в решении проблем рыбного хозяйства, освоении, охране и рациональном использовании рыбных ресурсов водоемов.
2. Место рыбообразных рыб в системе животного мира.
3. Структура популяций рыб и закономерности их изменений.
4. Эффективность использования рыбами пищи на рост
5. Теория фаунистических комплексов рыб Г.В. Никольского
6. Особенности формирования ихтиофауны водоемов Беларуси
7. Температурный режим водоемов и его значение в жизни рыб
8. Значение миграций в жизни рыб. Типы миграций.
9. Типы рыб по характеру питания
10. Рыболовство во внутренних водоемах. Рыболовство в водоемах Беларуси.
11. Роль ихтиологии в решении проблем рыбного хозяйства, освоении, охране и рациональном использовании рыбных ресурсов водоемов.
12. Место рыбообразных рыб в системе животного мира.
13. Структура популяций рыб и закономерности их изменений.
14. Эффективность использования рыбами пищи на рост
15. Теория фаунистических комплексов рыб Г.В. Никольского
16. Особенности формирования ихтиофауны водоемов Беларуси
17. Температурный режим водоемов и его значение в жизни рыб
18. Значение миграций в жизни рыб. Типы миграций.
19. Типы рыб по характеру питания
20. Рыболовство во внутренних водоемах. Рыболовство в водоемах Беларуси.
21. Рефераты рекомендуются для студентов, пропустивших занятия.

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Предмет и задачи ихтиологии, ее положение в системе биологических наук
2. Этапность развития рыб. Основные периоды онтогенеза.
3. Способы размножения у рыб.

4. Задачи ихтиологии в изучении и сохранении биологического разнообразия рыб.
5. Определение возраста по различным элементам (чешуя, кости, отолиты).
6. Характеристика экологических групп рыб (по С.Г. Крыжановскому).
7. Роль ихтиологии в решении проблем рыбного хозяйства, освоении, охране и рациональном использовании рыбных ресурсов водоемов.
8. Характеристика и соотношение весового и линейного роста рыб.
9. Акклиматизация и интродукция рыб и кормовых объектов.
10. Место рыбообразных рыб в системе животного мира.
11. Способы ретроспективной оценки роста рыб.
12. Основные принципы индустриального рыбоводства.
13. Основные направления эволюционного процесса у рыб.
14. Структура популяций рыб и закономерности их изменений.
15. Влияние абиотических факторов на рост рыб.
16. Плавники и их функции.
17. Естественная, промысловая и общая смертность.
18. Эффективность использования рыбами пищи на рост.
19. Плавательный пузырь и его функции.
20. Кормовые ресурсы и кормовая база рыб. Обеспеченность пищей.
21. Оценка запасов рыб и прогнозирование величины возможных уловов.
23. Теория фаунистических комплексов рыб Г.В. Никольского.
24. Факторы, определяющие поведение рыб.
25. Партеогенез и гиногенез у рыб.
26. Особенности формирования ихтиофауны водоемов Беларуси.
27. Групповая организация рыб (скопление, стая, семейная группа и иерархия в них).
28. Основные методы оценки запасов рыб.
29. Температурный режим водоемов и его значение в жизни рыб.
30. Типы (экологические группы) рыб по характеру питания.
31. Использование особенностей поведения рыб в практике рыбного хозяйства (рыбозащита, рыбоходы, разработка новых способов и орудий лова и т.д.).
32. Воспроизводительная система рыб.
33. Значение миграций в жизни рыб. Типы миграций.
34. Влияние антропогенных факторов на ихтиоценозы водоемов.
35. Кормовые ресурсы и кормовая база рыб в водоемах различной типологии.
36. Изучение и прогнозы миграций рыб.
37. Загрязнение водоемов и его влияние на воспроизводство и численность рыб.
38. Типы рыб по характеру питания.
39. Эндокринная система рыб.
40. Рыболовство во внутренних водоемах. Рыболовство в водоемах Беларуси.

41. Стено- и эврифагия и их биологическое значение.
42. Закономерности распространения рыб в Мировом океане и континентальных водоемах.
43. Биологические основы рационального рыболовства.
44. Эффективность использования пищи на рост и кормовые коэффициенты.
45. Плодовитость у рыб (абсолютная, относительная, популяционная, видовая).
46. Рыболовство в естественных водоемах.
47. Пищевые цепи в водоемах.
48. Причины и механизмы формирования годовых колец и дополнительных зон на чешуе у рыб.
49. Основные принципы аквакультуры и интенсивные методы ведения рыбного хозяйства.

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Учебно-программные материалы

Учебная программа по дисциплине «Ихтиология» для учреждения высшего образования по специальности 1-31 01 01 Биология (по направлениям) доступна по адресу <http://elib.bsu.by/handle/123456789/159493>.

Список рекомендуемой литературы

Список рекомендуемой литературы приведен в учебной программе по дисциплине «Ихтиология» для учреждения высшего образования по специальности 1-31 01 01 Биология (по направлениям) доступен по адресу <http://elib.bsu.by/handle/123456789/159493>.