

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ И МАРИКУЛЬТУРЫ

Зинабадинова С.С.

**МЕТОДОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

для студентов направления подготовки
35.04.07 ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ И АКВАКУЛЬТУРА
очной и заочной форм обучения

Керчь, 2021 г.

УДК 639.2/3

Составитель:

Зинабадинова С.С., канд. биол. наук, доцент кафедры водных биоресурсов и марикультуры ФГБОУ ВО «КГМТУ»



подпись

Рецензент: Кулиш А.В., канд. биол. наук, зав.кафедры водных биоресурсов и марикультуры ФГБОУ ВО «КГМТУ»



подпись

Конспект лекций рассмотрен и одобрен на заседании кафедры водных биоресурсов и марикультуры ФГБОУ ВО «КГМТУ»,

протокол № 7 от 22.03. 2021 г.

Зав. кафедрой _____ А.В. Кулиш



подпись

Конспект лекций рекомендован к публикации на заседании методической комиссии ТФ ФГБОУ ВО «КГМТУ»,

протокол № 10 от 20.04. 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Раздел 1 Общие сведения о методологии научных исследований, необходимых для изучения особенностей биологии рыб и других гидробионтов.....	6
Лекция 1 Организация исследований, осуществляемых на организменном, популяционно-видовом и биоценоотическом уровнях.....	6
Лекция 2 Методы изучения популяции.....	10
Лекция 3 Морфологические исследования и основы вариационно-статистической обработки данных.....	13
Лекция 4 Организация полевых исследований и анализ видового состава уловов..	17
Раздел 2 Организация рыбохозяйственных исследований.....	19
Лекция 5 Методы сбора ихтиологических материалов.....	19
Лекция 6 Методы оценки численности рыб в водоемах.....	23
Лекция 7 Методы изучения возраста и роста рыб.....	26
Лекция 8 Методы изучения пищеварительной системы рыб.....	31
Лекция 9 Методы изучения питания и пищевых отношений рыб.....	33
Лекция 10 Методы определения количества потребляемой пищи гидробионтами.....	36
Лекция 11 Методы изучения полового состава и стадий зрелости половых продуктов рыб.....	41
Лекция 12 Методы изучения плодовитости и размножения рыб.....	45
Лекция 13 Методы и значение изучения нереста и нерестелищ рыб, видовой принадлежности икры и личинок рыб.....	50
Лекция 14 Методы изучения дыхательной системы рыб.....	56
Лекция 15 Методы изучения распределения и миграции рыб.....	62
Лекция 16 Методы изучения поведения рыб.....	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	69

ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины «Методология и организация рыбохозяйственных исследований» при подготовке магистров направления 35.04.07 «Водные биоресурсы и аквакультура» является формирование у студентов знаний и практических навыков в отношении современных методов и методик проведения научных рыбохозяйственных исследований в морских и пресноводных водоемах.

Это включает изучение качественных и количественных аспектов характеристики рыб на уровне организма и популяции: возраста и роста, питания, жирности и упитанности, плодовитости и размножения, миграций, поведения, динамики численности, оценку их запасов и прогнозирование уловов.

Учебная дисциплина «Методология и организация рыбохозяйственных исследований» является составной частью подготовки ихтиологов, гидробиологов и специалистов в области марикультуры, и основывается на фундаментальной и общей подготовке по дисциплинам биологического комплекса.

При изучении дисциплины «Методология и организация рыбохозяйственных исследований» ставятся следующие задачи:

- дать конкретные знания по основным приемам изучения биологии и экологии рыб, оценке их популяционной структуры, методам анализа полученной информации;
- сформировать целостное представление о целях и задачах рыбохозяйственного исследования водоемов, и в целом, рыбохозяйственного управления.

Дисциплина «Методология и организация рыбохозяйственных исследований» является обязательной дисциплиной профессионального цикла ООП. Общая трудоемкость дисциплины составляет 216 часов (6 зачетных единиц), из них аудиторная нагрузка по лекциям оставляет 32 часа для очной формы обучения и 4 часа для заочной формы обучения.

Для успешного освоения предмета студентам необходимо знать такие дисциплины как «Системный анализ в рыбном хозяйстве», «Моделирование технологических процессов в рыбоводстве».

Студент должен знать теоретические основы рыбохозяйственных исследований и основные приемы исследования биологии рыб. Полученные знания применяются также при освоении следующих курсов: «Использование информационных технологий в науке и производстве», «Использование информационных технологий в рыбоводстве», при написании магистерской диссертации и профессиональной деятельности будущих выпускников.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные методы рыбохозяйственных исследований; методики организации ихтиологических наблюдений; основные приемы исследований биологии рыб; основные положения методик изучения численности и биомассы промысловых объектов; основные параметры качественных и количественных аспектов биологического состояния рыб; методику полных биологических анализов рыб.

Уметь:

- вычислять среднюю длину и возраст вылавливаемой рыбы; оценить состояние популяции в данный момент годового цикла; выполнять биологические анализы объектов исследований; определять стадии зрелости яичников у порционно и одновременно нерестующих рыб.

Владеть:

- умением вести документацию полевых рыбохозяйственных наблюдений, экспериментальных и производственных работ; методикой определения величины и

видового состава уловов; методами расчета темпа весового и линейного роста рыб, коэффициентов жирности и упитанности, гонадо-соматических индексов; методическими приемами сбора проб для определения возраста, анализа пищевого комка, плодовитости рыб; методами изучения миграций рыб.

-

Раздел 1 Общие сведения о методологии научных исследований, необходимых для изучения особенностей биологии рыб и других гидробионтов

Лекция 1 Организация исследований, осуществляемых на организменном, популяционно-видовом и биоценотическом уровнях

План лекции:

- 1. Основные методологические подходы в изучении сущности жизни.*
- 2. Систематические категории при классификации живых организмов.*
- 3. Уровни организации живой материи*

1 Основные методологические подходы в изучении сущности жизни

Жизнь в естественно-научном понимании означает такой способ существования материи, который предполагает обмен веществ, раздражимость, способность к саморегуляции, росту, размножению и адаптации к условиям среды. Вопрос о сущности жизни был и остается предметом философских и естественнонаучных дискуссий. Со второй половины XX века выявились два основных подхода к определению сущности жизни - субстратный и функциональный. Сторонники первого обращают внимание на тот субстрат (белок или молекулы ДНК), который является носителем основных свойств живого. Сторонники второго рассматривают жизнь с точки зрения ее основных свойств (обмен веществ, самовоспроизведение и т.д.). Материальным носителем жизни является целостная система взаимосвязанных биополимеров - белков, нуклеиновых кислот и др.

Наиболее результативными в последние десятилетия были исследования на молекулярном уровне организации живого. Объектами ближайших исследований могут стать атомный и электронный уровни организации структур живого.

Другой тенденцией в познании сущности жизни выступает исследование особенностей ее проявления на надорганизменных (биоценотическом и биосферном) уровнях. Любая сложная многокомпонентная система может быть структурирована на основе заранее определенных принципов или правил. Например, биосферу можно разделить на биогеоценозы – крупные природные комплексы, заселенные определенными организмами (биоценозами); в составе биоценозов, в свою очередь, выделить популяции различных видов животных, растений, грибов и микроорганизмов; многоклеточные организмы структурировать на органы и ткани, которые затем представить состоящими из разнообразных по форме и функциям клеток; клетки характеризовать наличием внутриклеточных структур, построенных из органических и неорганических веществ.

Аристотель, живший около 384-322 гг. до н.э., был первым, кто разделил живые существа на растения и животных. Критериями служили подвижность и чувствительность организмов. Растения неподвижны и нечувствительны, животные – наоборот, в большинстве подвижны и наделены органами чувств. Так же Аристотель первым отметил и трудности классификации некоторых прикрепленных или малоподвижных организмов, таких как губки, голотурии и асцидии, полагая, что в них смешана животная и растительная природа. Несмотря на эти затруднения, классификация Аристотеля просуществовала до XVIII века и была принята Карлом Линнеем (1707-1778), который в своей знаменитой книге "Systema Naturae" (1735), выделил два царства: Растения (Vegetabilia) и Животные (Animalia). Жан Батист Ламарк (1744-1829) к двум различиям растений и животных, на которые указывал Аристотель, добавил третье - способ питания (автотрофный для растений и гетеротрофный для животных). Основу двухцарственной системы нарушали открытые Левенгуком (1632-1723) микроскопические организмы.

2 Систематические категории при классификации живых организмов

Фундаментальные представления о структуре живой природы легли в основу систематики. Понятие «вид» ввел итальянский врач и ботаник Андреа Чезальпино (1519–1603). Более строгое научное определение виду как систематической единице дал позднее

крупный английский биолог Джон Рей (1627–1705). Понятие «род» ввел французский ботаник Жозеф Турнефор (1656– 6 1708), рассматривавший всего 4 категории: класс – секция – род – вид. Великий шведский натуралист Карл Линней ввел бинарную номенклатуру для описания вида, включив родовое название как основное и дополнив его видовым определением. К. Линней использовал четыре таксономические категории: класс – отряд – род – вид. Жорж Кювье разработал понятие о «ветвях» строения животных, впервые объединив млекопитающих, птиц, пресмыкающихся, амфибий и рыб в одну такую «ветвь» – Позвоночные. Три другие «ветви» получили названия Мягкотелые, Членистые, Зоофиты. Само понятие «тип» (для замены «ветвей» Кювье) предложил французский зоолог и анатом Анри де Бленвиль (1777–1850). Основными современными систематическими категориями являются царство, тип у животных или отдел у растений, класс, отряд у животных или порядок у растений, семейство, род, вид. Классификация живых организмов на самом высоком таксономическом уровне (царств, надцарств, подцарств и выделяемых в последнее время более высоких таксономических категорий, таких как доминионы и империи) получила название мегасистематики. Определить систематическое положение того или иного организма позволяет принцип родства, устанавливаемого на основе сходства признаков. До появления современных методов электронной микроскопии и молекулярной биологии (в 70-80-х годах XX века), в основном это были морфологические и биохимические признаки. На основе методов электронной микроскопии получены новые данные о тонком строении (ультраструктуре) простейших живых организмов.

В новейших современных исследованиях для таксономических построений используют последовательности нуклеотидов в рибосомальной РНК, митохондриальной ДНК и ядерной ДНК. Результатом этих исследований стали новые ранее не предсказанные родственные связи между группами организмов, например, между эвгленовыми водорослями и паразитическими жгутиконосцами (к ним относятся трипаносомы - возбудители сонной болезни, болезни Чагоса и др.), между динофитовыми водорослями и инфузориями. Кроме того, оказалось, что степень межгрупповых различий среди протистов может быть выше, чем степень различий между типичными растениями и животными.

В конце XX века ученые стали говорить о кризисе в систематике живых организмов. При этом спорными оказались не частные вопросы систематического положения отдельного вида, а общие принципы построения системы живых организмов. «Вещественным доказательством» кризисной ситуации могут служить различные варианты многоцарственных систем живых организмов, появившиеся в последние десятилетия.

Следует указать на два различных методологических подхода, условно обозначаемых как "уровневый" и "филогенетический". Структурные уровни организации живой материи – "Уровневый" подход – предполагает выделение масштабных этапов эволюции, каждый из которых отражает определенный уровень структурной организации живого, контрастно отличающийся от остальных. Э. Геккель (Haeckel, 1878) первым установил два фундаментальных уровня организации живых систем. Первый уровень занимали безъядерные протисты, второй – все остальные организмы. В начале XX века французский ученый Шаттон (1925) предложил для этих уровней соответствующие названия: прокариоты (Prokaryota - от греч. «pro» - до, прежде и «karyon» - ядро) для доядерных организмов и эукариоты (Eukaryota - от греч. «eu» - истинный, полный и karyon - ядро) для организмов, имеющих сформированное ядро внутри клетки. Значительный вклад в понимание важности и принципов выделения структурных уровней живой природы сделал В.И. Кремянский (1969). Примененный им системно-структурный подход к изучению живой материи позволил выделить следующие принципы ее организации: 1. Каждый последующий уровень включает все предыдущие, а биологические процессы, происходящие на любом уровне, служат условием

функциональной активности на более высоком уровне. 2. Каждый последующий уровень приобретает новое качество. Свойства более высокого уровня не могут быть определены как сумма свойств более низких уровней. 3. Выполняется принцип распространения категорий, понятий и законов низших уровней на высшие уровни. 4. Относительная автономность низшего уровня по отношению к высшему выражается в возможности проведения реакций матричного синтеза *in vitro*, методах генной инженерии и клонирования. 5. Переход живых систем от низших уровней к высшим сопровождается значительными усложнениями строения и организации.

3 Уровни организации живой материи

В неживой природе в отличие от живых систем развитие процессов приводит к состоянию равновесия и одновременно к утрате структурированности. Упорядоченность живых систем возникает на основе информации, которая записана в молекулах ДНК и воспроизводится на разных структурных уровнях организации живого - от клеточного до ноосферного. Биологические структуры являются самоорганизующимися системами, в процессе развития которых появляется дополнительная информация. Каждый структурный уровень организации живого характеризуется определенной задачей реализации наследственной программы и информационными связями. Молекулярно-генетические процессы универсальны для всех организмов от бактерии до человека и лежат в основе функционирования живых систем на всех последующих уровнях. В биологии уровни обычно располагают в линейном порядке в сторону усложнения организации живой материи: молекулярный, клеточный, тканевый, органный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический и биосферный.

Молекулярный уровень включает физико-химические процессы, протекающие в клетке (и/или в живом организме). К ним относят синтез, распад и взаимопревращения органических молекул, движение ионов, превращение энергии и передачу генетической информации. Участниками этих процессов являются низко- и высокомолекулярные органические соединения, большинство из которых не встречается в неживой природе (биополимеры – белки и нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды и др.).

Клеточный уровень включает различные клеточные структуры, на основе которых происходит пространственная и временная упорядоченность протекающих на молекулярном уровне физико-химических процессов, а также функциональные взаимодействия между структурными элементами клетки во время ее жизненного цикла. Наиболее значимым событием на клеточном уровне, в которое вовлечены все клеточные структуры, является процесс деления клетки. Значимость клеточного уровня также заключается в том, что все процессы, описываемые на молекулярном уровне, происходят только в клетке. Клетка является основной формой организации живой материи. Любая клетка любого организма содержит всю генетическую информацию о данном организме. Уникальность генетической информации каждого организма (генотип) определяется последовательностью нуклеотидов в цепи ДНК. Число вариантов молекул ДНК достаточно, чтобы обеспечить каждый организм, существующий в настоящее время, существовавший когда-либо и тот, который появится в будущем, своей собственной уникальной генетической программой.

Тканевый уровень включает процессы, протекающие в сходных по строению, происхождению и функциям клетках. На этом уровне происходит дифференциация и специализация клеток, действуют механизмы соединения клеток между собой, механизмы, контролируемые рост ткани и ее функциональную активность.

Органный уровень возникает на основе функционального объединения нескольких тканей. Функции некоторых органов могут совпадать с функциями отдельных клеточных структур у одноклеточных организмов (пищеварение, выделение, зрительная и химическая рецепция).

Организменный уровень включает согласованное функционирование органов и их систем. На организменном уровне проявляются онтогенетические изменения строения

многоклеточного организма, процессы управления онтогенезом, процессы реализации генетической информации, адаптационные реакции организма на изменения условий внутренней и внешней среды, процессы, обеспечивающие постоянство внутренней среды организма и многое другое. Организменный уровень позволяет сформулировать представление об уникальности внутреннего и внешнего строения особей определенного вида, проследить направления и охарактеризовать в деталях морфо-физиологический прогресс. На организменном уровне происходит реализация наследственной программы индивидуума, закодированной в генотипе, т. е. онтогенез. Однако генетическая система содержит информацию не только об индивидуальном, но и об историческом развитии особи (филогенезе). В процессе эмбрионального развития многоклеточный организм в ускоренном темпе проходит все стадии исторического развития вида.

Популяционно-видовой уровень возникает на основе объединения особей одного вида. Необходимость выделения этого уровня связана с тем, что популяцию следует рассматривать как элементарную единицу эволюционного процесса. На популяционно-видовом уровне начинают проявляться основанные на статистических (вероятностных) законах такие факторы эволюции, как рекомбинации, дрейф генов, поток генов и естественный отбор. Генофонд играет ключевую роль на популяционно-видовом уровне. Генофонд вида представляет собой информационную систему, на основе которой постоянно создаются новые варианты генетических программ — генотипы особей. Именно в популяциях гены взаимодействуют в многочисленных комбинациях. В процессе эволюции мутации обеспечивают появление новых вариантов генов, что ведет к изменению генофонда популяций и вида в целом. Механизмом, защищающим вид от разрушения его хорошо интегрированной системы коадаптированных генов, является репродуктивная изоляция (нескрещиваемость особей разных видов). Длительное взаимодействие генов в генофонде обеспечивает степень интеграции, на основе которой происходит адаптация организмов данного вида к среде обитания (экологической нише). Таким образом, разделение массы организмов на виды, т.е. защищенные генофонды, создает некую упорядоченную систему, которая допускает увеличение генетического разнообразия организмов в заданных пределах без разрушения базового информационного (генного) комплекса.

Биогеоценотический и биосферный уровни объединяют процессы, протекающие в биогеоценозах, элементарных структурных и функциональных единицах биосферы. Биогеоценоз – открытая, относительно стабильная система, имеющая входы и выходы для вещества и энергии., посредством которых биоценозы объединяются в цепи или сети. На данном уровне изучают круговорот веществ и потоки энергии в природе, производят оценку продуктивности и биоразнообразия биоценозов, изучают их эволюцию, устанавливают причины глобальных экологических кризисов, прогнозируют состояние биоты и отдельных видов в будущем.

Многообразие форм жизни заключается в том, что их носителями выступают живые системы различной степени сложности и организованности. Именно из многообразия форм берут начало представления о структурных уровнях организации живой материи. Благодаря этим представлениям удается вычленить уровни исследования живого, что проявляется в многообразии направлений исследовательских работ.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите уровни организации живого.
2. Какие процессы происходят на молекулярном и субклеточном уровнях организации живого?
3. Какие процессы происходят на клеточном уровне организации живого?
4. Для каких организмов объединяют клеточный и организменный уровни и почему?

5. Какие процессы происходят на популяционно-видовом уровне организации живого?
6. Какие процессы происходят на экосистемном уровне организации живого?

Литература [1-3]

Лекция 2 Методы изучения популяции

План лекции:

1. *Характеристика популяции как элементарной единицы эволюции*
2. *Вариационно-статистический метод*
3. *Цитогенетический метод*
4. *Генетико-биохимический метод*
5. *Популяционно-фнетический метод*

. Характеристика популяции как элементарной единицы эволюции

Популяция – это совокупность организмов одного вида, длительное время обитающих на одной территории (занимающих определённый ареал) и частично или полностью изолированных от особей других таких же групп. Популяция является элементарной единицей эволюции и на неё действуют все факторы эволюции.

В популяциях особи могут жить как поодиночке, так и формировать различные группировки. Семья – устойчивая группа особей, основанная на родственных связях. Классическими примерами гидробионтов, которые живут семьями являются некоторые виды китов. В наземных экосистемах существует особый вид семьи – прайд. Стая – объединение животных, образующееся для совместной миграции, защиты от врагов, добывания пищи. Стадо – объединение животных (как правило не хищников, а травоядных) для совместной защиты от хищников, добывания корма, миграции, воспитания молодняка.

Характеристики популяции:

1. Динамика популяции. Каждая популяция характеризуется численностью (общим количеством особей) и плотностью (определённое число особей на единицу пространства), смертностью (количеством погибших особей), рождаемостью (количеством родившихся особей) и плодовитостью (среднее число потомков, производимое половозрелыми особями популяции).

Численность популяции любого вида не может расти бесконечно, так как включаются эволюционные механизмы регуляции численности популяции. Например, усиливается внутривидовая конкуренция за ресурсы; численность травоядных регулируется численностью хищников, и наоборот; при повышении плотности в популяции усиливается агрессия. Все приведенные примеры являются доказательствами способности популяций к саморегуляции. Пределы ресурсов для популяции называются ёмкостью среды.

2. Структура популяции. Различают возрастную и половую структуры популяции. Возрастная структура характеризует соотношение возрастных групп особей. Является очень важной характеристикой, которая определяет будущее популяции. Например, если в популяции много молодняка, среднее количество особей, способных к размножению и мало старых особей – то мы имеем дело с растущей численностью популяции. Если же наоборот, мало молодняка и много старых особей – значит смертность превышает рождаемость и численность такой популяции будет снижаться. Половая структура популяции – соотношение самцов и самок в популяциях.

При популяционных исследованиях и для распознавания таксономических групп рыб в современной ихтиологии используется несколько методов, в том числе

вариационно-статистический, цитогенетический, генетико-биохимический и популяционно-фенетический.

2 Вариационно-статистический метод

Достаточно надежным средством для распознавания таксономических групп рыб является вариационно-статистический метод, включающий описательную характеристику рыб и математическую оценку каждого признака. Этим методом можно характеризовать любую выборку (группу рыб) по основным статистическим показателям, используя метод случайного отбора рыб для биологического анализа.

Обычно, если материала достаточно, анализируют однородные выборки, включающие 50 экз. Такой объем позволяет получить достоверные статистические показатели биологических характеристик при заданном уровне значимости, достаточно обоснованно оценить общую изменчивость вида, а также выяснить природу и степень внутри- и межпопуляционной его изменчивости. Первоначальная интерпретация исходной цифровой информации сводится к изучению распределения признака в выборке, построению вариационных рядов, определению величины классового промежутка и частоты встречаемости особей по каждому классу и по каждому признаку. Построение вариационных рядов и анализ кривых распределений позволяет лучше увидеть свой материал и оценить его биологическую сущность. Обычно по оси абсцисс откладываются абсолютные показатели признака, по оси координат - относительные (встречаемость этого признака в %). Когда вариационная кривая имеет не одну, а, например две-три вершины, можно предположить, что исследуемый материал представляет собой генетически неоднородную группу особей.

Изучению достоверности различий двух или нескольких выборок в последнее время придается большое значение, поскольку не выработана единая оценка достоверности различий между выборками, а это осложняет сравнение литературных материалов разных авторов и использование их в таксономических работах. Критерий Стьюдента (t_{st}) является традиционным - им пользуются многие авторы. Критерий Стьюдента только показывает, существуют ли различия между двумя вариантами (выборками), но не оценивает величины различий и не определяет их границ.

3 Цитогенетический метод

Как известно, термин «кариотип» предложил отечественный цитолог и ботаник Г. А. Левитский, опубликовав в 1931 г. работу «Морфология хромосом и понятие «кариотипа» в систематике». Кариотип – совокупность хромосомного набора соматической клетки. По мере развития техники кариотипирования и расширения работ в этом направлении стало ясно, что в эволюционных преобразованиях хромосомного набора определяющее значение имеет наличие системы запретов и разрешений на те или иные типы хромосомных перестроек. Исследования демонстрируют, что кариотип в ряде случаев может выступать интегрирующим признаком для целых родов и даже семейств. Известны примеры противоположных ситуаций, когда внутри родов виды четко дифференцированы по кариологическим признакам.

В основном эволюция кариотипа может идти двумя путями. Во-первых, за счет уменьшения или увеличения количества хромосом в наборе при неизменном числе хромосомных плеч. Во-вторых, за счет увеличения или уменьшения числа хромосомных плеч при постоянстве числа хромосом. Одним из наиболее распространенных механизмов эволюционных изменений кариотипа являются робертсоновские преобразования. То есть, две акроцентрические (одноплечие) хромосомы, соединяясь своими центромерными участками, формируют одну двуплечую (метацентрическую) хромосому, или одна двуплечая хромосома разделяется на две акроцентрические.

Кроме робертсоновских преобразований, изменение кариотипа может идти за счет теломерных соединений хромосом. Как показали исследования, выполненные на млекопитающих, хромосомы могут соединяться не только своими теломерными концами, но и теломерными концами с центромерными участками. В результате таких перестроек

не было обнаружено утери каких-либо сегментов, а вновь возникшая хромосома в большинстве случаев имела лишь одну центрическую перетяжку. Теломерные соединения хромосом могут вызывать различные варианты изменений, происходящих в процессе эволюции кариотипа: изменение числа и морфологии хромосом, изменение количества хромосомных плеч.

Выше были перечислены основные механизмы эволюционных преобразований кариотипа, которые обуславливают лишь перераспределение хромосомного материала и не связаны с нарушением генетического баланса.

Обсуждая вопрос об эволюционных преобразованиях кариотипа, невозможно оставить без внимания проблему хромосомной изменчивости на видовом и популяционном уровнях. Для некоторых видов доказано, что в клетках, связанных общностью своего происхождения, относительное расположение хромосом не случайно. Более того, каждая хромосома устойчиво сохраняет свое положение относительно прочих не только в метафазе, но и в промежутках между делениями. Вне зависимости от убедительности той или иной модели, объясняющей порядок расположения хромосом можно с достаточной уверенностью считать, что высокоупорядоченное относительное расположение каждой хромосомы в гаплоидном геноме определяется, прежде всего, размером ее плеч.

Кроме того, нельзя не учитывать, что отклонения количества хромосом на получаемых метафазных пластинках от модалного значения могут быть обусловлены влиянием используемых методик. В частности, известно, что под воздействием колхицина возможны отставания в ходе митоза отдельных хромосом или их групп. К тому же, не исключена возможность неравномерного перехода хромосом из метафазы в анафазу, а также гетероцикличность родительских хромосом. В том случае, если продвижение хромосом в митотическом цикле асинхронно, на разных метафазных пластинках может быть зафиксировано различное количество хромосом. При опережающем переходе в анафазу части двуплечих хромосом на фоне неизменного числа плеч будет отмечено увеличение числа хромосом. В такой ситуации довольно легко сделать ошибочные заключения о полиморфизме. Каков бы ни был генезис асинхронности в митотическом цикле, следует ожидать большую выраженность вызванных ею изменений числа и морфологии элементов у многохромосомных объектов.

Из всего изложенного выше становится понятно, какие разнообразные препятствия стоят на пути возникновения и выявления любых изменений кариотипа. Отсюда очевидна и та сложность, с которой сталкивается исследователь при решении вопроса о наличии или отсутствии цитогенетических различий между особями, популяциями, кариологически близкими видами.

4 Генетико-биохимический метод

Начальные этапы развития биохимической генетики связаны с работами, выполненными во второй половине 50-х годов нашего столетия. Именно тогда были разработаны способы, позволяющие проводить электрофоретическое разделение белков и гистохимическое окрашивание электрофореграмм.

Электрофорез белков. Ацетатцеллюлозная пленка, гель, специальная бумага (носитель) помещается на рамку, при этом противоположные края носителя свисают в кюветы с буферным раствором. На линию старта наносится белковый раствор (например, сыворотка крови). Метод заключается в движении заряженных молекул белка по поверхности носителя под влиянием электрического поля. Молекулы с наибольшим отрицательным зарядом и наименьшим размером, двигаются быстрее остальных. Наиболее крупные и нейтральные (γ -глобулины) оказываются последними.

На ход электрофореза влияет подвижность разделяемых веществ, находящаяся в зависимости от ряда факторов: заряд белков, величина электрического поля, состав растворителя (буферной смеси), тип носителя (бумага, пленка, гель).

Количество выделяемых фракций определяется условиями проведения

электрофореза. При электрофорезе на бумаге и пленках ацетата целлюлозы выделяют около 5 фракций, в то время как в полиакриламидном геле – до 20 и более фракций. При использовании более совершенных методов (радиальная иммунодиффузия, иммуноэлектрофорез и других) в составе глобулиновых фракций выявляются многочисленные индивидуальные белки.

Большинство ферментов представлены у животных и растений несколькими формами, называемыми изоферментами. По определению, изоферменты – это молекулярные формы ферментов, выявляемые у особей одного и того же вида, обладающие субстратной специфичностью, но различающиеся своей первичной структурой и физико-химическими свойствами, подвижностью в электрическом поле. Современная трактовка изоферментов подразумевает генетически обусловленные варианты ферментов, в отличие от ненаследуемых изменений белков – конформаций. Использование электрофореза для выявления вариантов белков позволяет достаточно надежно определять гетерозиготы и гомозиготы в исследуемой выборке. К сожалению, не всегда просто на основе электрофореграмм идентифицировать генотипы. Затруднения обычно связаны с наличием нескольких конформационных состояний одного изофермента. Весьма трудно поддаются расшифровке электрофореграммы, на которых зоны активности в гелях, соответствующие разным изоферментам, сильно сближены или даже полностью совпадают.

Преимущества изучения генетической изменчивости, связанные с электрофоретическим разделением белков, привели к быстрому проникновению этого метода в популяционно-генетические исследования.

5 Популяционно-фенетический метод

Фенетический подход заключается в выявлении и изучении дискретных вариаций любых признаков (морфологических, физиологических и т.д.), маркирующих своим присутствием генетические особенности разных групп особей внутри вида. По определению, фены - это дискретные альтернативные вариации какого-то признака или свойства.

Вопросы для самоконтроля

1. Опишите вариационно-статистические методы изучения популяции
2. Опишите цитогенетический метод
3. Перечислите основные характеристики популяции
4. Что такое фен?
5. Какие показатели используются для изучения динамики популяций?
6. Как изучают структуру популяции?

Литература [1-3, 6-8]

Лекция 3 Морфологические исследования и основы вариационно-статистической обработки данных

План лекции:

1. Способы группировки данных, характеристика совокупности
2. Вариационный ряд и его основные характеристики
3. Цитогенетический метод

Современная биология развивается исключительно быстрыми темпами. Одним из важных факторов, стимулирующих дальнейшее развитие различных областей естественных наук, является внедрение в них математики. Для внедрения математики в биологию имелись очень серьезные причины. Одной из них был переход от описательного

метода изучения явлений к экспериментальному, а эксперимент неизбежно требовал количественной оценки явлений процессов.

При постановке экспериментов потребовалась разработка схем опытов, методы математического анализа результатов опыта и способы доказательства достоверности того или иного фактора.

Наконец, важнейшим обстоятельством, определившим применение математических и в частности математико-статистических методов, явилось установление факта, что многим биологическим явлениям свойственны статистические закономерности, обнаруживаемые при изучении совокупности, но не приложимые к отдельным единицам совокупности. При изучении биологических совокупностей, являющихся типично статистическими, оказалось целесообразно применять методы математической статистики, которую в применении к биологии стали называть биологической статистикой.

1 Способы группировки данных, характеристика совокупности

Всякое множество отдельных, отличающихся друг от друга и вместе с тем сходных в некоторых существенных отношениях объектов составляет так называемую совокупность. Совокупностями являются, например, особи какого-либо вида рыб из улова. В состав совокупности входят различные члены или единицы, т.е. каждая отдельная рыба. Обычно число единиц совокупности называют объемом совокупности и обозначают латинской буквой n . Единица совокупности может характеризоваться определенными признаками, например, длина и масса рыбы в какой-то пробе. Каждый изучаемый признак принимает разные значения у различных единиц совокупности, он меняется в своем значении от одной единицы совокупности к другой. Это различие между единицами совокупности называется вариацией или дисперсией (т.е. рассеиванием). Мы говорим «признак варьирует». Это означает, что он принимает разные значения у разных признаков у разных членов совокупности. Значение или меру признака называют вариантой и обозначают латинской буквой x . В таком случае ряд вариантов в совокупности следует обозначить как $x^1 x^2 x^3 \dots x^n$. Общее обозначение любой варианты x^i . Значок i – порядковый номер варианты.

Совокупность может состоять из других более частных совокупностей, так, например, общая проба из улова, разделенная по сортам или видам рыб. Наиболее общую совокупность называют генеральной. Генеральная совокупность может состоять из большего количества единиц, изучить которые все не представляется возможным. Поэтому практически приходится иметь дело со сравнительно небольшими, выборочными совокупностями.

При изучении единиц совокупности по тем или другим признакам необходимо записать полученные данные. Способ обработки данных зависит от характера вариации изучаемых признаков. Различия между вариантами могут быть прерывными (дискретными) и непрерывными. В первом случае они выражаются целыми числами, между которыми нет и не может быть перехода. Например, количество лучей в плавниках. При непрерывной вариации значения вариант необязательно выражаются только целыми числами. Все зависит от степени точности, которая принимается для характеристики данного количественного признака, например, граммы для обозначения массы рыб, миллиграммы – для обозначения массы кормовых организмов. Однако во всех этих и подобных случаях существует непрерывная вариация, выражающаяся в том, что между вариантами возможны все переходы

Группировка данных при количественной дискретной вариации. При количественной вариации необходимо предварительно наметить классы, охватывающие все полученные количественные данные, от минимальных до максимальных. Вопрос о распределении выборки в безинтервальный и интервальный ряды решается в зависимости от размаха и характера варьирования признака. Если признак варьирует дискретно и слабо, то есть в узких границах, выборка распределяется в безинтервальный ряд, если же в

широком диапазоне, то независимо от того, как варьирует признак, дискретно или непрерывно, выборка распределяется в интервальный ряд. При этом важно, чтобы намечаемая ширина классового интервала удовлетворяла определенным требованиям.

Дело в том, что построение вариационного ряда преследует двоякую цель: выявление закономерности варьирования признака и как способ, облегчающий вычисление статистических характеристик варьирующего объекта.

Грубая группировка исходных данных, когда намечаются слишком широкие или слишком узкие классовые интервалы, скажется на точности определения числовых характеристик.

2 Вариационный ряд и его основные характеристики

После распределения всех вариантов по классам получают ряды, которые называются вариационными. По вариационному ряду можно судить о границах (min и max) и о характере вариации. Класс, обладающий наибольшей частотой называется модальным, значения же крайних классов – лимитами или пределами.

Каждый вариационный ряд – это как бы «сгущение» исходного фактического материала, превращение его в наглядную форму. Однако этого недостаточно. Очень важно получить характеристики совокупности, которые были бы выражены цифровыми показателями. С их помощью можно сравнивать различные ряды. Одним из простейших способов количественной характеристики вариационного ряда является указание на его размах, то есть на верхнюю и нижнюю границы, которые обычно называются лимитами. Лимиты не указывают на то, как распределяются по изучаемому признаку отдельные члены совокупности. Вот почему для характеристики членов совокупности нужны такие показатели, которые отражали бы свойства всех ее членов.

Вариационные ряды могут различаться:

а) по тому значению признака, вокруг которого концентрируется большинство вариантов. Это значение признака отражает как бы уровень развития признака в данной совокупности, или иначе центральную тенденцию ряда, то есть типичное для ряда;

б) по степени вариации вокруг уровня, по степени отклонения от центральной тенденции ряда.

Соответственно этому статистические показатели разделяются на две группы: показатели, которые характеризуют центральную тенденцию ряда, или уровень ряда, и показатели, измеряющие степень вариации.

К первой группе относятся различные средние величины: мода, медиана, средняя арифметическая, средняя геометрическая. Ко второй: вариационный размах, среднее абсолютное отклонение, среднее квадратическое отклонение, дисперсия, коэффициенты асимметрии и вариации.

Мода и медиана. Например, в вариационном ряду массы леща 47 экз. из 100 имели массу 1200 г, то есть класс 1200 г обладал наибольшей частотой. Такой класс был назван модальным. Значение же модального класса называют модой и обозначают символом M_0 . Величина моды является как бы типичной для всей совокупности. В случае же, когда модальным является класс 1200-1400, то есть охватывает несколько значений вариант, то для его характеристики необходимо вычислить среднее значение класса. Оно равно $(1200 + 1400)/2 = 1300$. В таком случае $M = 1300$.

К числу средних величин относится также медиана. Медиана – это среднее значение варианты, находящееся точно в середине ряда. Чтобы найти такую варианту, надо сначала расположить все варианты по порядку от минимальных до максимальных значений. Такое расположение вариант называется ранжировкой. В нечетном ряду, состоящем из 25 вариант, медиана будет 13 по счету, при четном числе вариант берут значения двух соседних срединных вариант и сумму их делят на два.

Модой и медианой пользуются, когда данные не являются чисто количественными и не могут быть представлены в виде точного вариационного ряда, например, степень

наполнения желудков или ожирение, выраженные в баллах. Тогда мода и медиана могут достаточно хорошо характеризовать типичное в совокупности.

Обычно же, когда изучаемая совокупность, достаточно однородна и вариации внутри нее чисто количественные, выгоднее пользоваться другими средними величинами.

Средняя арифметическая и ее свойства. Нахождение средней арифметической – это, в сущности, замена индивидуальных варьирующих значений признаков отдельных членов совокупности некоторой уравненной величиной при сохранении основных свойств всех членов совокупности. Этому условию в наибольшей степени удовлетворяет, так называемая средняя арифметическая, обозначаемая через символ M .

Учет вариации того или иного признака имеет чрезвычайное значение. Определение вариационного размаха, то есть разницы между минимальным и максимальным значениями вариант может указать на степень вариации, но этого недостаточно, так как крайние величины в рядах не очень устойчивы и легко сдвигаются, во вторых, распределение отдельных вариант в рядах может быть различным. Вот почему для характеристики различий между отдельными значениями случайной переменной, например, длина рыбы, нужен такой показатель, который обобщал бы колеблемость всех вариант. Для этого надо сравнивать варианты или друг с другой или с какой-то постоянной величиной. В качестве последней лучше всего взять среднеарифметическую.

Раньше для получения этого показателя, носящего названия среднего отклонения и среднего абсолютного отклонения, брали сумму отклонения средних вариант, то есть разницу между значениями отдельных вариант каждой варианты и средней арифметической и делили ее на n . Однако оказалось, что среднее отклонение не улавливает истинной закономерности вариации, то есть рассеивания вариант в совокупности или в вариационном ряду вокруг средней арифметической.

Более совершенными показателями, характеризующими вариацию, является средний квадрат отклонения от средней арифметической, иначе называемый среднеквадратическим отклонением, или стандартным отклонением.

Оценка достоверности собранного материала. Проблема достоверности занимает видное место в статистической теории. Напомним, что генеральная совокупность – это вся подлежащая изучению совокупность данных объектов. Та часть совокупности, которая подвергается исследованию, называется выборочной совокупностью или просто выборкой. Оба типа совокупностей характеризуются одинаковыми закономерностями и для их характеристики могут быть вычислены статистические показатели: средняя арифметическая и среднеквадратическое отклонение.

Оказывается, что отдельные значения среднеарифметических выборок варьируют вокруг среднеарифметической генеральной совокупности M . Вариация же выборочных средних вокруг M может быть измерена своим средним квадратическим отклонением, сигмой. Эта сигма получила название средней ошибки или среднеквадратической ошибки. Именно она указывает на степень близости среднеарифметической и каждого отдельного показателя.

Для изучения закономерностей вариации при нормальном распределении широко пользуются так называемым нормированным отклонением, которое обозначается буквой t , и представляет собой отклонение той или другой варианты от средней арифметической, выраженное в сигмах. Размещение вариант в вариационном ряду при нормальном распределении характеризуется определенными закономерностями.

Дело в том, что в нормальной кривой отклонения от средней арифметической укладываются в 6 сигм: 3 сигмы вправо и 3 сигмы влево от средней. Для установления разницы между средними арифметическими двух рядов надо воспользоваться нормированным отклонением t - особым показателем, который можно назвать критерием достоверности разницы. Вероятность достоверности находится по таблицам.

При использовании критерия достоверности разности возможны два случая:

1) $t_d \geq t_{st}$ – полученный в исследовании критерий достоверности равен или превышает стандартное значение критерия, найденное по Стьюденту (табличное значение). В этом случае разность достоверна с определенной надежностью.

2) $t_d < t_{st}$ – полученный критерий достоверности меньше стандартного значения для минимального или требуемого порога вероятности. В этом случае разность не достоверна, что значит: а) по выборочной разности нельзя сделать никакой оценки генеральной разности; б) осталось невыясненным, какая из двух средних больше; в) осталось недоказанным как наличие, так и отсутствие различия между генеральными средними.

За минимальный порог достоверности в подавляющем большинстве принимается первый порог, соответствующий вероятности безошибочных прогнозов $p = 0,95$.

Средняя величина может быть надежным и объективным показателем лишь тогда, когда при ее вычислении соблюдаются определенные правила.

К числу основных из них можно отнести следующие:

1) Однородность изучаемого материала, которая достигается путем использования данных, относящихся к районам или водоемам с незначительными пространственными контрастами, в случае значительных контрастов необходимо выделять районы с характерными концепциями.

2) Исключение систематических ошибок, к которым относятся в основном инструментальные ошибки, влияющие более или менее одинаково на весь ряд наблюдений. Устранить эти ошибки можно только путем введения поправок. Например при определении численности рыб в море, вводится поправка на уловистость орудий лова.

3) Грубые ошибки. Поскольку все измерения представляют собой ограниченную выборку из генеральной совокупности и в выборку может попасть величина, частота которой невелика. И хотя ее появление возможно, принимать её в расчеты наравне со всеми остальными величинами неправомерно, так как вероятность такой величины близка к нулю.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое мода?
2. Дайте определения термину «дисперсия»
3. Что такое медиана
4. Что такое совокупность? Как её можно охарактеризовать?
5. Вариационный ряд и его основные характеристики.
6. Средняя арифметическая и её свойства

Литература [1-3, 9, 10]

Лекция 4 Организация полевых исследований и анализ видового состава уловов

План лекции:

1. Использование промысловых прогнозов в практике рыболовства
2. Вариационно-статистический метод
2. Анализ видового состава промысловых уловов
3. Составление заключений на основе анализа видового состава
4. Генетико-биохимический метод

1 Использование промысловых прогнозов в практике рыболовства

Для осуществления контроля за состоянием запасов, организацией рационального промысла и регулированием его на научной основе требуется оценка

состояния запасов основных промысловых рыб и прогнозирование возможных уловов.

Промысловые прогнозы обычно составляются по двум направлениям: первое – ежегодная оценка состояния запасов для прогнозирования уловов на следующий год, второе – характеристика состояния запасов для обоснования перспективного плана развития рыбного хозяйства на длительный срок. Оба направления требуют различных методик. Если в первом случае необходимы количественные расчеты составных частей запаса и биологические обоснования их изменений, то во втором – достаточно учитывать лишь возможные изменения в составе стада в зависимости от климатических факторов и развития промысла.

В практике рыболовства в настоящее время применяются методы учета относительной численности и прямого учета стада рыб.

Прогнозирование ежегодных изменений запаса проводится преимущественно путем определения относительной численности рыб. Основу метода определения относительной численности рыб составляют четыре исходных процесса динамики популяции: пополнение, рост, вылов, естественная смертность.

Пополнение зависит от количества производителей, их биологических свойств и условий воспроизводства.

Промысловое стадо ежегодно формируется из остатка, сохранившегося от предыдущего лова и гибели от естественных причин и того пополнения, которое в каком-то объеме вступило в промысловый запас, то есть достигло половой зрелости или товарного размера.

Во внутренних водоемах видовой состав промысловых уловов часто весьма разнообразен, но существующая промысловая статистика, как правило, не дает верного представления о действительном соотношении видов. При приемке рыбы от рыбаков по видам обычно сортируют только крупную рыбу. Остальную рыбу включают в так называемые «сборные» сорта под различными наименованиями. Такие данные промысловой статистики, неправильно отражая действительное соотношение видов рыб, особенно младших возрастных групп, могут стать причиной серьезных ошибок как при оценке запасов и планировании уловов на ближайшие годы, так и при разработке мероприятий охранного, рыбоводного или мелиоративного характера. Поэтому регулярные анализы видового состава уловов во внутренних водоемах – задача столь же важная и необходимая, как и изучение возраста и темпа роста, возраста наступления половой зрелости и других биологических показателей.

2 Анализ видового состава промысловых уловов

При анализе видового состава уловов применяют два способа: простой и более сложный.

Простой способ применяется в том случае, когда достаточно приближенного анализа как видового, так и возрастного состава промысловых уловов из разных орудий лова, и воздействия этих орудий на запасы рыб. Этот способ применяется на небольших водоемах, которые облавливаются спорадически, на которых проводится мало наблюдений.

Порядок работы при проведении первого анализа. Все анализы, относящиеся к данному виду промыслового орудия за отдельный сезон, объединяются в одну группу. По копиям приемных квитанций подсчитывается суммарную массу сданной рыбы по сортам. По данным анализов подсчитывается действительный состав уловов по видам рыб в весовом выражении и общая сумма в целом. Итоги выражаются в процентах. Результаты указываются в сравнительной таблице, которая дает ясное представление о сходстве и различии данных промысловой статистики с данными, получаемыми на основании анализа.

Сложный способ применяется при углубленном анализе видового состава

промысловых уловов из разных орудий лова с использованием данных промысловой статистики в сезонном и годовом аспектах. При этом способе общие годовые уловы разных видов рыб выражаются численно по всем возрастным группам, сначала по типам орудий лова, а затем в целом по водоему. Этот способ рекомендуется для крупных внутренних водоемов, в которых промысел носит регулярный характер, ихтиологические наблюдения ведутся систематически, а рыбохозяйственные организации учитывают рыбу по типам орудий лова. Если такого учета нет, то этот способ обработки анализов не применим.

Порядок работы при проведении второго анализа. Все анализы, относящиеся к данному виду промыслового орудия за отдельный сезон, объединяют в одну группу. По копиям приемных квитанций подсчитывают суммарную массу сданной рыбы по каждому сорту (породе, виду). Затем на основании анализов подсчитывают суммарную массу каждого вида. Полученные данные выражают в процентах, после чего составляют вспомогательные таблицы процентных отношений видов уловов данного орудия лова. Таким же образом обрабатывают анализы уловов по всем другим типам орудий лова.

3 Составление заключений на основе анализа видового состава

При наличии данных о видовом составе уловов по основным орудиям лова можно судить о характере рыболовства, о том, какие виды рыб многочисленны, начиная с молодых возрастов, на каких видах и возрастах базируется промысел: на охраняемых или малоценных, взрослых или молодых.

Составляя таблицы за ряд лет, выявляют колебания уловов отдельных видов рыб тем или иным орудием лова и общую тенденцию к увеличению или уменьшению их численности, а на основании этого устанавливается степень воздействия тех или иных промысловых орудий на запасы рыб и обоснованность мер по регулированию промысла и поддержанию запасов ценных рыб на должном уровне или по увеличению их. Анализ видового состава позволяет судить о средней навеске рыб разных видов и колебаниях ее по годам, что служит показателем интенсивности рыболовства на водоеме.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое промысловое стадо?
2. Как производится прогнозирование ежегодных изменений запаса?
3. Порядок работы при проведении анализа видового состава промысловых уловов
4. Какие признаки называют атрибутивными?
5. Какие признаки называют меристическими?
6. Приведите примеры непрерывных и дискретных вариативных признаков

Литература [1-3]

Раздел 2 Организация рыбохозяйственных исследований

Лекция 5 Методы сбора ихтиологических материалов

План лекции:

1. Особенности выбора и использования орудий лова
2. Методика фиксации материала
3. Эtiquетирование собранного материала
- 4 Методы сбора ихтиологических материалов

1 Особенности выбора и использования орудий лова

При выборе и использовании орудий лова для взятия ихтиологических проб, в первую очередь, необходимо, чтобы орудия лова соответствовали поставленной задаче. Во-первых, делается оценка применимости данного орудия лова к предполагаемому объекту изучения. Очевидно, что нельзя проводить учет возрастного состава какого-нибудь нерестового стада рыб, используя для этих целей сети только с одним размером ячеи, так как в этом случае в сети с мелкой ячеей не будут ловиться крупные особи и, наоборот, в сети с очень крупной ячеей не будут объеживаться половозрелые особи небольших размеров. Следовательно, можно получить искаженный возрастной состав нерестового стада. Орудие лова должно также соответствовать и местам обитания объекта исследования, например, бесполезно проводить учет численности, используя траловый лов для рыб, обитающих в основном в прибрежных участках водоема.

Необходимо помнить, что почти все орудия лова обладают той или иной селективностью, то есть вносят определенную систематическую ошибку в создание выборки особей из генеральной совокупности. Исследователь обязан понимать и всегда учитывать селективность орудий лова в ходе работы, а также селективность орудий лова других исследователей, с результатами которых планируется сравнить собственные данные. Также необходимо учитывать такой фактор, как время сбора материала (время года и время суток): нельзя получить истинные данные о видовом составе рыб в разных участках водоема, если сбор материала производился хотя и абсолютно идентичными орудиями лова, но в разное время года или в разное время суток. Существенную роль в исследованиях играет и биотопическая привязка орудий лова: если при сравнении видового состава рыб в уловах в двух разных участках водоема в одно и тоже время с использованием абсолютно идентичных орудий лова, они устанавливались на биотопически различных участках соответствующих водоемов (на разных глубинах, под разным углом к береговой линии, на разном расстоянии от устья залива и т.д.), то такое сравнение будет не вполне корректным. Таким образом, для оценки размерно-весового, возрастного и полового состава популяций рыб, необходимо использовать наименее селективные орудия лова, к ним, как правило, относятся активные орудия лова - тралы и невода. Однако и в этом случае, сохраняется фактор селективности орудий лова, связанный с биотопической спецификой мест лова и времени лова. Нередко используется комплекс разных орудий лова - невод, трал, ставные сети с разным размером ячеи. В таких случаях анализируется структура популяций в каждом из этих орудий лова, так как объединение данных нежелательно. Задача ихтиолога - максимально минимизировать фактор селективности орудий лова в ходе каждого исследования. Если в распоряжение ихтиолога имеются только селективные орудия лова, например, сети, то его задача состоит в такой организации сбора материала, когда в сравнительных данных будет присутствовать однообразная (равнозначная) систематическая ошибка, зависящая только от размеров ячеи сетей, а все остальные факторы селективности сетей как орудий лова будут минимизированы или за счет их устранения.

2 Методика фиксации материала

Самым доступным в настоящее время консервирующим веществом для рыб является 10% водный раствор формалина, который приготавливают из 1 части концентрированного формалина и 9 частей воды, пойманную рыбу для фиксации помещают в емкость с 10% водным раствором формалина, при этом объем жидкости должен быть не менее чем в 2 раза больше суммарного объема рыб в пробе. В противном случае возможна неполная или некачественная консервация научного материала. Не рекомендуется погружать в консервирующий раствор живую рыбу, так как в этом случае из-за судорожного сокращения мышц, очень часто, происходит фиксация рыбы в изогнутом положении и с открытым ртом, что затруднит ее дальнейшее изучение. Продолжительность фиксации не менее 3-4 суток. При создании ихтиологических коллекций рекомендуется после фиксации рыб в 10% растворе формалина хранить

материал в 70% водном растворе этанола, так как в таких условиях ткани рыб подвержены деформации, декальцинации и депигментации в меньшей степени, чем при хранении в 10% водном растворе формалина. При проведении большинства гистологических, биохимических и ряда других исследований тканей рыб используются другие консервирующие жидкости. В первую очередь, 96% этиловый спирт (этанол). Другим из часто используемых для этих целей растворов является жидкость Буэна: 15 частей насыщенного водного раствора пикриновой кислоты, 5 частей 40% водного раствора формальдегида (концентрированного формалина) и 1 часть ледяной уксусной кислоты. Продолжительность фиксации не менее 24 часов.

3 Эtiquетирование собранного материала

Любой научный материал, собранный в полевых условиях, обязательно должен иметь этикетку, содержащую следующие данные: биологический вид объекта (если он определен коллектором); место лова, с указанием точной географической привязки к местности; дата лова, а при необходимости указать и точное время лова; орудие лова и способ лова (с указанием наживки, если таковая использовалась); 5) коллектор данного материала.

Каждая проба (выборка) законсервированного в полевых условиях материала должна иметь написанную на бумаге этикетку, содержащую перечисленные выше данные. Для того чтобы занесенные на этикетку данные о материале сохранялись длительное время, необходимо соблюдать следующие условия: использовать для этикеток плотную бумагу (лучше пергамент) и, по возможности, избегать ее неоднократных перегибов; надпись на этикетке должна наноситься водо- или спиртонерастворимым веществом: при хранении материала в водном растворе формалина можно пользоваться тушью (надпись на этикетке хранится очень долго), простым карандашом (надпись будет сохраняться несколько недель или месяцев), водонерастворимым маркером (капиллярной ручкой), на которых есть надпись «permanent». Использование шариковой ручки для написания этикеток не рекомендуется, так как такая надпись разрушается в воде быстрее. При хранении законсервированного материала в 70% этаноле для написания этикеток обычно используется тушь - предпочтительно казеиновая или обычная, но в последнем случае после изготовления этикетки ее необходимо опустить в абсолютный спирт, после чего дать высохнуть и только после этого помещать в 70% этанол. Использование общедоступных капиллярных «перманентных» ручек или маркеров в данном случае невозможно, так как они сделаны на основе спиртового раствора, и надпись сразу же растворится в водном растворе этанола.

4 Методы сбора ихтиологических материалов

Основным источником ихтиологических материалов являются промысловые или контрольные уловы. Так как на крупных внутренних водоемах промысел обычно круглогодичный, но интенсивность его в разные сезоны неодинакова, сбор основного ихтиологического материала необходимо приурочить к главным сезонам промысла. На малых водоемах, где регулярного промысла нет, ихтиологические материалы следует собирать во время облова водоемов.

В ряде случаев, прежде всего на крупных водоемах необходимо проводить контрольные или экспериментальные ловы, которые наблюдательные пункты выполняют самостоятельно или совместно с рыбохозяйственными организациями.

О состоянии запасов той или иной рыбы в водоеме судят, прежде всего, по величине уловов за ряд последних лет, по количественному соотношению возрастных групп, возрасту наступления половой зрелости первой и массовой, которая, в свою очередь, зависит от темпа роста рыб.

По соотношению возрастных групп по годам в один и тот же биологический период года можно судить о величине пополнения, о тенденции увеличения или уменьшения запаса и интенсивности промысла. Зная естественный или теоретический предельный возраст рыбы или возраст наступления половой зрелости, можно

определить коэффициент ее естественной смертности, который при наличии данных о весовом росте по возрастным группам позволит определить динамику нарастания промысловой ихтиомассы, установить наименьший промысловый размер и оптимальный коэффициент вылова, обеспечивающий наибольший улов.

Для сбора материалов, характеризующих возраст и рост рыбы, пользуются методом средних проб и выборочным методом. Первый является обще- принятым, но в зависимости от условий работы и специфики изучаемого объекта следует применять оба метода.

1. Метод средних и выборочных проб по П.В. Тюрину (1963)

Средняя проба – это часть улова, отделяемая от него без выбора и с достаточной для практических целей достоверностью, характеризующая весь улов. Величина средней пробы зависит от продолжительности жизни рыбы. Если жизненный цикл не превышает двух-трех лет, достаточно 50 экз., для рыб с жизненным циклом 9-10 лет берется 100 экз., для долгожителей – любое количество, доступное для обработки. Пробы берут раз в пятидневку, но не менее трех проб за путину (в начале, середине и конце путины). При изучении редких рыб материалы накапливаются в течение всей путины. Достоинство метода средних проб состоит в том, что собранные материалы достоверно отражают действительную возрастную структуру облавливаемой популяции. Недостаток метода средних проб состоит в неравномерном распределении материала по возрастным группам, в них всегда количественно преобладают средневозрастные группы и крайне слабо, единично представлены младшие и старшие, следовательно, такие сборы не обеспечивают достаточной достоверности средних данных по линейному и весовому росту рыб у младших и старших возрастных групп. Другой недостаток метода средних проб особенно в условиях малого рыболовства состоит в заведомой избыточности материала, на сбор и обработку которого требуются значительные траты времени.

При выборочном методе материал на возраст собирается в течение не скольких дней путем подбора рыб по классам длины в равном количестве (по 20-25 экз. в каждом классе). Собранный материал распределяется по возрастным группам более равномерно, чем при способе средних проб. В связи с этим повышается достоверность средних показателей линейного и весового роста во всех возрастных группах и в значительной мере сокращается общий объем собранного материала. Недостаток метода выборочных проб состоит в том, что собранный материал не отражает действительной возрастной структуры облавливаемой популяции.

Сочетание обоих методов, прежде всего, на водоемах малого рыболовства применяют при необходимости одновременного анализа видового и размерного состава промысловых уловов из всех орудий лова. По П.В. Тюрину (1963), сбор материала на размерно-видовой состав и возрастной анализ для проходных (анадромных, катадромных) рыб проводится методом средних проб, так как выборочный метод не применим из-за отсутствия неполовозрелых рыб, в количестве одна проба в пятидневку, но не менее трех проб за сезон. Для туводных рыб сбор материалов на возрастной состав проводят выборочным методом по 20-25 экз. на каждый класс длины. Так как размерный анализ промыслового улова весьма прост, то в короткий срок можно измерить большое количество рыб, а затем произвести трансформирование этих данных на возрастные группы. Достоверность этих сведений при одной и той же методике сборов за ряд лет вполне достаточна для практических целей.

Особо важное значение имеют сроки сбора материалов. Материал на возрастной состав собирается в такой сезон, когда для характеристики линейного и весового роста по отдельным возрастным группам достаточно собранных данных и отпадает надобность в обратном расчислении роста (весна – для весеннерестующих рыб и осень – для осеннерестующих рыб). Обратные расчисления длин и весов

очень трудоемкая и длительная работа. Этим методом рекомендуется пользоваться лишь в некоторых случаях, например, при изучении проходных рыб, когда нет младших возрастных групп, акклиматизируемых видов или при поимке редких видов и т.п.

Если изучение ведется по полам, количество собираемого материала увеличивают вдвое. При составлении контрольного размерного ряда для рыб длиной до 15 см берется классовый промежуток – 0,5 см, для рыб до 30 см – 1 см, при длине от 30 до 60 см – 2 см, для крупных рыб – 4 см.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое массовая проба?
2. Что такое выборочная проба?
3. Что такое средняя проба?
4. Перечислите основные орудия сбора ихтиологических материалов
5. Какие орудия лова используют для бентосных организмов?
6. Какие орудия лова используют для пелагиальных видов?

Литература [1-5]

Лекция 6 Методы оценки численности рыб в водоемах

План лекции:

1. Особенности процедуры мечения объектов
2. Методы оценки абсолютной численности, основанные на использовании индексов плотности
3. Метод Келкера
4. Метод неселективного изъятия
5. Метод Петерсена-Линкольна
6. Метод Бейли
7. Метод многократного отлова и мечения

1 Особенности процедуры мечения объектов

Большинство методик оценки абсолютной численности особей популяции основана на подходе, который называется “мечение – выпуск – повторный отлов” (МВПО) (capture-recapture model). В его основе лежит предположение, что меченое животное имеет такую же вероятность быть отловленным, как и немеченое.

В общем случае мечение представляет собой процедуру присвоения организму определенного признака (метки), отличающего его от другого (немеченого) животного. Метки могут быть либо индивидуальными (кодowo-номерными), либо унифицированными (единообразными) для группы животных в целом.

Важными особенностями как самой метки, так и всей процедуры мечения в целом, являются следующие:

- процедура мечения должна быть относительно проста и не оказывать отрицательного влияния на все процессы жизнедеятельности меченого организма;
- метки должны быть относительно долговечными (идеальный вариант, когда метка сохраняется на протяжении всей жизни животного);
- сами метки не должны демаскировать животное и повышать вероятность быть обнаруженным хищниками;
- наличие метки не должно оказывать влияние на вероятность отлова данной особи.

Примеры меток широко известны — это кольцевание птиц, летучих мышей, рыб, отрезание пальцев у грызунов, радиометки у крупных млекопитающих, нанесение пятен несмывающейся краски у некоторых беспозвоночных и т.п.

Методы МВПО используются чаще всего для относительно крупных организмов с продолжительным жизненным циклом, чью численность или плотность невозможно оценить другими способами. Помимо оценки численности данная группа методов также может быть использована для оценки целого ряда характеристик популяции, а именно: уровня подвижности организмов и определения границ индивидуального участка; скорости индивидуального (хронологического) роста; демографических показателей и т.п.

2 Методы оценки абсолютной численности, основанные на использовании индексов плотности

Индексом плотности называется любая однозначно и четко регистрируемая величина, эквивалентно связанная с численностью особей. Именно обязательное соблюдение наличия прямолинейной связи между индексом плотности и абсолютной численностью популяции лежит в основе двух предложенных ниже методов оценки ее численности. Потому что в этом случае можно ожидать, что при изъятии или добавлении особей в исследуемой популяции индекс плотности будет пропорционально снижаться или возрастать, соответственно.

Для получения достоверных результатов необходимо соблюдать ряд важных требований:

1. Границы участка обязательно должны быть четкие и непроницаемые для животных.
2. Смертность и рождаемость между периодами исследования должны быть по возможности минимальными.
3. Практически должна отсутствовать эмиграция и иммиграция животных.
4. Промежуток времени между обследованиями должен быть по возможности минимальным.
5. Достаточно высокой должна быть точность оценок индекса плотности.

Метод двукратного использования индексов. В конкретных условиях определяется индекс плотности (i_1) популяции. Затем к этой популяции добавляется (или из нее изымается) известное количество животных (C). Определяется новое значение индекса плотности (i_2). Оценка абсолютной численности животных тогда может быть определена по формуле (Коли, 1979):

$$N = i_1 C / (i_2 - i_1) \quad (1)$$

Если животные добавляются, то величина C входит в формулу 1 со знаком плюс (+), если изымаются — со знаком минус (-).

3 Метод Келкера

Данный метод нельзя использовать в тех случаях, если особи в популяции не распределены равномерно. Если популяция сама оказывается достаточно гетерогенной (т.е. в ней можно выделить два или более четко различимых класса по окраске, по полу, по возрасту и т.п.), то численность такой популяции может быть определена, используя метод селективного изъятия (или добавления) Келкера (Kelker, 1940). Данный метод может быть использован не только при наличии двух (или более) классов среди животных исследуемой популяции, но также и при наличии двух (или более) видов, совместно обитающих на одной территории (они должны быть экологически сходными).

Последовательность этапов определения абсолютной численности с использованием метода Келкера заключается в следующем.

1. Вначале бескровным образом отлавливается выборка животных и в ней

определяется относительная доля особей каждого класса.

2. Далее из этой популяции изымается (или к ней добавляется) фиксированное количество особей одного из классов (или обоих классов).

3. Отлавливается новая выборка и в ней снова определяется относительная доля особей каждого класса.

4. Исходную численность популяции можно тогда определить по формуле:

$$N_1 = C_x - p_2 * C / (p_2 - p_1) \quad (2)$$

где X, Y — два класса животных в популяции; N_1 — численность популяции при первом учете; p_1 — доля особей, принадлежащих классу X при первом учете; p_2 — доля особей, принадлежащих классу X при втором учете; C_x, C_y — число особей классов X и Y, соответственно, добавляемое (или изымаемое) из популяции между двумя последовательными обследованиями. Если особи добавляются, то C_x, C_y — положительные величины, если изымаются — отрицательные. Если особи какого-то из классов не добавляются и не изымаются, то эта величина равна нулю.

4 Метод неселективного изъятия

Данный метод используется для оценки абсолютной численности животных, обитающих на ограниченной территории. В основе использования метода неселективного изъятия лежит явление постепенного снижения вероятности встречаемости животного в серии последовательных отловов, вызванное снижением численности популяции в результате изъятия из нее особей.

Таким образом, при применении данного метода животных отлавливают, подсчитывают их количество и не выпускают до конца исследования. Затем производят еще 3-4 последовательных отлова по аналогичной методике, при этом число отловленных животных постепенно уменьшается, вследствие уменьшения их общего количества на исследуемой территории. Если теперь построить график зависимости числа отловленных животных при каждом отлове от общего числа ранее отловленных, то по нему можно найти оценку исходной численности популяции (Грин и др., 1990).

Однако довольно часто встречаются случаи, когда особи обладают высокой миграционной активностью и место отловленных резидентных особей сразу же занимают иммигранты. Тогда совокупное число отловленных животных не будет снижаться при каждом последующем отлове, что даст заниженную оценку коэффициента b и, следовательно, завысит оценку начальной численности популяции.

В таких случаях уравнение зависимости совокупного количества ранее отловленных животных от количества отловленных во время каждого последовательного отлова модифицируется и в него включается новый показатель, характеризующий интенсивность миграции (Лукьянов, 1988):

5 Метод Петерсена-Линкольна

Наиболее известным и широко распространенным из данной группы методов является метод Петерсена-Линкольна, который был модифицирован Бейли (Petersen, 1896; Lincoln, 1930; Bailey, 1951). Отлавливается выборка животных численностью M, каждое животное метится и выпускается обратно. Спустя некоторое время отлавливается новая выборка животных объемом n и среди них отмечается количество ранее меченых (m). Тогда исходную численность популяции можно оценить по формуле:

$$N = M(n+1) / (m+1) \quad (3)$$

Важным условием использования данного метода является продолжительность интервала между двумя последовательными отловами - он должен быть

минимальным для того, чтобы избежать влияния процессов рождения и миграции на получаемый результат. С другой стороны, он должен дать возможность меченым особям более или менее равномерно рассредоточиться среди остальных особей популяции.

6 Метод Бейли

Метод трехкратных отловов Бейли позволяет, помимо оценки численности популяции, оценить также показатели рождаемости и смертности в течение периода исследования (Bailey, 1951). Кроме того, он применим в том случае, если животные довольно активно перемещаются.

Для того чтобы оценить численность популяции с помощью метода Бейли необходимы иметь данные по двум последовательным мечениям и двум последовательным отловам. Таким образом, в выбранный момент времени производится отлов выборки животных. Их всех единообразно метят и выпускают обратно. Спустя некоторое время в момент отлавливается новая выборка, в ней подсчитывается количество меченых особей. Остальные (немеченые) животные из этой выборки также метятся, но на этот раз новой меткой, отличной от первой. Спустя время, вновь отлавливается выборка животных и в ней подсчитывается число особей, меченых в первый раз и во второй.

7 Метод многократного отлова и мечения

Оценить численность популяции можно и проводя многократные отловы, при этом производя единообразное мечения всех ранее немеченых животных при каждом последовательном отлове (Poole, 1974). В этом случае можно ожидать, что с каждым последовательным отловом и мечением в популяции будет расти доля меченых особей вплоть до того момента, когда все особи в данной популяции окажутся с метками. Таким образом, на основании оценки доли меченых особей в популяции (полученной с помощью выборочных данных) в зависимости от совокупного числа всех ранее меченых животных можно найти оценку величины популяции – ее численность, при которой доля меченых животных должна достичь 100 %.

Метод Джолли-Зебера. Если при каждом последовательном отлове особям присваиваются индивидуальные метки, то в этом случае можно оценить численность популяции (а также целый набор других популяционных показателей) на основе метода Джолли-Зебера (Jolly, 1965; Seber, 1965). Использование этого метода требует, чтобы в распоряжении исследователя были подробные сведения относительно дат мечения и отловов каждого конкретного животного.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите особенности процедуры мечения.
2. Опишите метод Петерсена-Линкольна.
3. В чем суть метода Бейли?

Литература [1-3, 6, 7]

Лекция 7 Методы изучения возраста и роста рыб

План лекции:

- 1 *Характеристика особенностей роста рыб*
- 2 *Морфология чешуи*
- 3 *Особенности определения роста рыб по чешуе*
- 4 *Особенности определения возраста рыб по костям и отолитам*

1 Характеристика особенностей роста рыб

Научная литература, посвященная вопросу определения возраста рыб, исключительно обширна. Использование отолитов, жестких плавниковых лучей, костей жаберных крышек и костей позвоночника для определения возраста зачастую обусловлено сложностью анализа чешуи или ее отсутствием.

В настоящее время все чаще при определении возраста рыб применяется анализ нескольких регистрирующих структур: чешуи и отолитов, чешуи и костей. Дублирование обусловлено результатами, которые получены, главным образом, при исследовании чешуи и вызывают сомнения в точности определения возраста. Доказано, что имеются различия в возрасте закладки чешуи у разных рыб и это вносит ошибку в определение действительного возраста рыбы, поскольку не учитывается время, прожитое ею до закладки чешуи. Источником ошибок может служить и наличие добавочных колец, которые образуются вследствие непериодических изменений в росте рыбы в течение одного года и могут отражать задержку в росте в начале осени, во время ската, весенних миграций или перехода из одних условий среды в другие, резко отличающиеся по кормовым объектам, температурному режиму, солевому составу воды. Нечеткость проявления годичных колец на чешуе и наличие большого числа добавочных колец особенно характерны для рыб, условия среды обитания которых не имеют значительных сезонных колебаний, например для ряда тропических рыб. Возможны также выпадения колец из-за резорбции краев чешуйной пластинки или преждевременной остановки роста рыбы.

Существенной особенностью роста рыб является его многоритмичность. Ритмы роста рыб имеют своей непосредственной причиной ежегодно повторяемые флуктуации кормовой обеспеченности и температуры воды. Таким образом, на чешуе, костях и отолитах фиксируются не только ритмы роста, имеющие годичную цикличность, но и те отклонения в сезонном росте, которые обусловлены действием как особых экологических факторов, так и внутренних.

По мере роста рыбы и увеличения ее возраста число годичных колец и размер чешуи, костей и отолитов увеличивается. Все методы определения возраста основаны на наличии связи между увеличением размеров последних и ростом (линейным и весовым) рыбы. При исследовании характера этой связи был установлен ряд зависимостей, которые выражаются аналитически и имеют эмпирическое представление.

Существующая неравномерность роста, например чешуи по разным радиусам, сложность кривой зависимости «линейный размер рыбы – размер регистрирующей структуры» и непостоянство характера этой зависимости при использовании различных регистрирующих структур обусловили применение для ее описания сложных форм математических выражений и эмпирических зависимостей.

Многообразие видов зависимостей между ростом регистрирующих структур и ростом рыбы есть следствие того, что форма корреляции между длиной рыбы и размерами регистрирующих структур не является свойством семейства, рода или вида. Форма связи может меняться от одной популяции к другой и более постоянна для узких групп особей. Результатами некоторых исследований подтверждается, что характер связи «размер регистрирующей структуры – размер тела» для рыб с различным темпом роста может меняться. Например, в молодом возрасте усиленный рост приводит к временному уменьшению налегания чешуй друг на друга, вследствие чего линейность зависимости «длина-чешуя» нарушается и она приобретает степенной характер.

Таким образом, точность методов определения возраста и роста рыбы по анализу чешуи, костей и отолитов (регистрирующих структур) требуют как более полного знания морфологии чешуи, костей и отолитов, количественных закономерностей роста рыб и их регистрирующих структур жизни, так и знания причин, обуславливающих формирование годичных колец и других меток.

2 Морфология чешуи

Известно, что чешуя растет подслаиванием базальных листков, на наружной поверхности которых образуется гиалодентиновый (минерализованный) слой. Нижняя более молодая пластинка выступает за края верхней, более старой. Согласно этой схеме слоистая фибриллярная часть чешуи растет по площади и в толщину, а наружный гиалодентиновый слой лишь по поверхности, при этом быстрый рост рыбы сопровождается увеличением площади чешуи и редким расположением на ней склеритов, а замедлению роста сопутствует утолщение чешуи, образование из пластинок круглых «ступеней», на которых склериты располагаются более тесно.

При этом оставалось не ясным, почему при замедлении роста чешуя в основном утолщается, а при быстром росте она и утолщается и растет по площади. Подобное истолкование зон роста на чешуе вступило в серьезное противоречие с фактическими наблюдениями за сезонным ростом рыбы: появление сближенных склеритов, характеризующих годовое кольцо, приходится не на осень или зиму, когда рост рыбы замедляется или останавливается, а на весну или лето, когда рыба начинает питаться и расти. При исследовании общей формы чешуи было обнаружено, что она имеет вид не конуса, а свода. Эта сводчатость особенно хорошо заметна у крупной чешуи, например, карпа и леща, которую из-за выпуклости трудно сжать между предметными стеклами. Такая сводчатая конструкция чешуи, определяемая особым характером расположения слоев, во многом объясняет особенности чередования зон разреженных и сближенных склеритов на ее поверхности.

3 Особенности определения роста рыб по чешуе

Годовое кольцо представляет собой ту часть чешуи, где толщина слоя прироста наибольшая. Слои истончаются к центру и периферии, а годовое кольцо образуется вершиной конуса прироста. Таким образом, рост чешуи осуществляется путем ее неравномерного подслаивания новыми пластинками, слои которых идут не параллельно, а под углом друг к другу.

При остановке роста рыбы чешуя оканчивается истонченным краем, на котором никаких отметок остановки роста не образуется. С началом роста в новом сезоне происходит интенсивное подслаивание, прежде всего края чешуи, находящегося в проксимальной части чешуйного кармана. Благодаря неравномерному подслаиванию происходит некоторое выравнивание толщины чешуйной пластинки и образование ее сводчатой формы. После утолщения края чешуи клинообразными (в поперечном сечении) слоями дальнейшее подслаивание идет более равномерно и при этом чешуя быстро растет по площади. В связи с этим в росте чешуи можно выделить две фазы роста: первая – интенсивное утолщение края чешуи в начале роста, когда образуются сближенные склериты и вторая – интенсивное увеличение поверхности чешуи с образованием разреженных склеритов.

По типу чешуи в целях определения возраста всех рыб можно разделить на две группы. К первой относятся большинство карповых рыб, а также лососевые, окуневые и тресковые, ко второй – сельдевые. Форма и расположение склеритов на чешуе не у всех рыб одинаковы. Самый распространенный тип расположения склеритов наблюдается у карповых (воблы, леща), окуневых, лососевых – кругами, у тресковых – валиками.

У одних рыб годовые кольца лучше видны на передней части чешуи, лежащей в чешуйном кармашке и обращенной к голове, у других – на задней, торчащей наружу из чешуйного кармашка и обращенной к хвосту.

Время образования годового кольца на чешуе рыб разное. Оно меняется в разных возрастах даже у отдельных рыб одного вида в одном и том же водоеме. Обычно новое годовое кольцо образуется в период, начиная с ранней весны и кончая первой половиной лета. Например, у каспийских сельдей годовое кольцо образуется, чаще всего, в мае, но у некоторых особей образование годового кольца затягивается на все лето до августа (у каспийского пузанка); у воблы годовое кольцо отчетливо видно после нереста и ската в море, главным образом в мае, в июне, в единичных случаях – в июле; у судака Азовского

моря годовое кольцо появляется у годовиков ранней весной, у двухгодовиков и трехгодовиков – в апреле, мае, у четырехгодовиков – в июне, июле и даже в августе.

Добавочные (дополнительные) кольца, которые образуются в результате непериодических (случайных) изменений в росте рыбы в течение года, как правило, менее отчетливы, чем годовые. Наиболее часто встречаются добавочные кольца, выраженные не по всей окружности чешуи, а только в части ее, например, у воibly обычно на передней части чешуи. Такие кольца легко отличить от годовых по их неполной замкнутости. Часто добавочные кольца бывают видны не на всех чешуях данной рыбы.

Нерестовые отметки, которые называют иногда «нерестовыми марками» или «нерестовыми знаками» образуются на чешуе многих рыб в нерестовый период. Особенно хорошо выражены нерестовые отметки у лососевых, у некоторых сельдей и карпов, у этих рыб в нерестовый период края чешуи в большей или меньшей степени разрушаются преимущественно по бокам, то есть там, где чешуи граничат друг с другом без перекрывания. В результате выброса половых продуктов и падения упитанности и жирности при созревании половых продуктов и задержке питания во время нерестовой миграции и нереста происходит более или менее сильное похудание рыбы и вместе с тем уменьшение поверхности ее тела и сокращение площади чешуйного покрова. Это сопровождается разрушением, главным образом, боковых краев чешуи. При посленерестовом усиленном питании разрушенные края чешуи восстанавливаются, но нормальное направление склеритов нарушается.

4 Особенности определения возраста рыб по костям и отолитам

Кости и отолиты для определения возраста употребляются в следующих случаях:

- при определении возраста рыбы, у которой отсутствует чешуя (осетровые);
- чешуя не пригодна для определения возраста (пелагида);
- определение возраста по чешуе не разработано и требуется материал для проверки и уточнения.

Для определения возраста рыб можно использовать кости жаберных крышек, кости плечевого пояса, челюстные кости, кости черепа, позвонки, жесткие лучи плавников, отолиты, глоточные зубы и т.д.

Если у костистых рыб возраст можно определять по чешуе, костям и отолитам, то у пластинчатожаберных ни один из этих элементов не может быть использован. Исключение составляют колючие акулы, у которых качественное и быстрое определение возраста возможно по шипам спинных плавников.

Для установления возраста рыб традиционно используются кости жаберной крышки (operculum и suboperculum), челюстная кость (maxillare - ее поперечные спицы). Обычно кости берут у свежих (реже фиксированных) рыб. В первом случае рыбу обваривают кипятком для отделения костей от мягких тканей. Затем собранный костный материал сушат и помещают в индивидуальные бумажные пакеты. Далее кости подвергают различным способам дополнительной обработки для получения более контрастной картины кольцевых образований на них. Кости крупных рыб предварительно обезжиривают эфиром, бензином или раствором, состоящим из 1/3 эфира и 2/3 бензина. Для особо крупных костей эта процедура может быть весьма продолжительной - до нескольких недель. Обычно годовые структуры на перечисленных выше костях изучают после выдерживания их в этиловом спирте или ксилоле.

Отолиты как наиболее надежная регистрирующая структура широко применяется для определения возраста рыб. Отолиты или слуховые камешки находятся в слуховой капсуле рыб. Их число, форма и размеры в значительной степени зависят от таксономической принадлежности рыбы. Для определения возраста и темпов роста используются наиболее крупные отолиты, находящиеся в слуховом аппарате.

Мелкие отолиты изучают без предварительной шлифовки, помещая их в просветляющие жидкости - ксилол, толуол, либо в глицерин, этиловый спирт, скипидар, трансформаторное или репейное масло. Крупные отолиты, как правило, шлифуют на

самом мелком абразиве, после чего также рассматривают в просветляющих жидкостях. Иногда отолиты предварительно слегка нагревают в пламени спиртовки, что может увеличить контрастность их кольцевых структур. В ряде случаев при изучении крупных отолитов их разламывают посередине, предварительно покрыв его полностью асфальтовым лаком. Затем места разломов шлифуют и рассматривают под увеличением. При этом хорошо видна картина расположенная годовых колец на шлифах. На препаратах хорошо видны светлые и темные полосы – кольца. Светлое кольцо вместе с темным составляет одно годовое кольцо.

Отолиты, как правило, надо брать у свежей рыбы, при этом следует помнить, что у рыб, хранившихся в формалине, отолиты становятся хрупкими и теряют прозрачность.

Как уже было отмечено ранее, нет единой точки зрения на то, какие участки регистрирующих структур наиболее корректно отражают реальный рост рыб. Следовательно, в любых работах, посвященных изучению роста рыб, необходимо указывать не только то, какие регистрирующие структуры использовались, но и по каким участкам этих регистрирующих структур определяли возраст и проводили обратное расчисление темпов роста.

Для обозначения рыб разного возраста используется специфическая терминология. Как правило, наиболее часто используется терминология, описанная в работе Н. И. Чугуновой (1959). Икринка (оплодотворенная). Предличинка, или свободный эмбрион - личинка с желточным мешком с момента ее выхода из икринки до исчезновения желточного мешка. Личинка - от момента полного исчезновения желточного мешка до приобретения общей формы тела, характерной для данного вида. Вместо плавников - спинная и брюшная плавниковые складки. Малек - стадия развития рыбы после личинки, когда полностью сформированы лучи всех плавников и имеется более или менее выраженный чешуйный покров. Сеголеток - рыбка с внешним строением полностью соответствующим видовой специфике и с полностью сформировавшимся чешуйным покровом при отсутствии полной годовой зоны на регистрирующих возраст структурах. Годовик - перезимовавший сеголеток с законченным первым годовым периодом роста. Также годовиками называют весной рыб, вышедших из икры поздней осенью (некоторые сиговые и др.). Следовательно, годовик в последнем случае может не насчитывать полного календарного года. Обычно на чешуе годовика есть одно годовое кольцо, но ранней весной его может еще не быть. Эта группа обозначается как первая озрастная группа - 1. Двухлетка - рыба, прожившая два лета. Это название применяется к рыбе с начала второго лета жизни и осенью того же года. На чешуе есть одно годовое кольцо, а за ним более или менее развиты прирост второго года жизни (обозначается знаком «+»). Двухлетки относятся также к первой возрастной группе - 1. Двухгодовик - перезимовавшая двухлетка. На чешуе имеются два годовых кольца или одно годовое кольцо и почти законченный прирост второго года жизни, еще не окаймленный вторым годовым кольцом (иногда зимой или ранней весной). С началом прироста на чешуе, двухгодовик переходит в стадию трехлетки. Двухгодовики относятся ко второй возрастной группе – 2.

Вопросы для самоконтроля

1. Морфология чешуи рыб.
2. Особенности определения возраста рыб по чешуе.
3. Морфология костей рыб и особенности определения возраста рыб по костям.
4. Морфология отолитов рыб и особенности определения возраста рыб по отолитам.

Литература [1-3, 8]

Лекция 8 Методы изучения пищеварительной системы рыб

План лекции:

- 1 Термины, используемые при характеристике питания
- 2 Особенности сбора материала для изучения питания рыб
- 3 Обработка содержимого желудочно-кишечных трактов рыб

Изучение трофических связей рыб на уровнях межвидовых отношений, сообщества или экосистемы в целом позволяет решить вопросы обеспеченности пищевых потребностей рыб, степени и эффективности использования ими кормовой базы.

Методика исследования питания рыб состоит из четырех элементов:

- сбора материала;
- обработки содержимого желудочно-кишечных трактов рыб;
- цифровой обработки полученных материалов;
- литературной обработки и трактовки различных наблюдений, сделанных во время исследований.

При изучении питания рыб обязательным является проведение полного биологического анализа рыб. Одновременно с отловом рыбы и в том же месте отбирают пробы планктона и бентоса, что необходимо для изучения кормовой базы рыб водоема и его конкретного участка.

1 Термины, используемые при характеристике питания

Хищные рыбы питаются в основном рыбой и в меньшей степени другой пищей (окуни, лососи, треска, щука, сом и др.). Мирные рыбы условно подразделяются на бентофагов, планктофагов и растительноядных.

Широта спектра питания (ШСП) дает представление о разнообразии потребляемой пищи. Определяется количеством родов или видов организмов в пищевом комке рыб.

Частота встречаемости определяется числом пищеварительных трактов, содержащих соответствующий компонент пищи, выражается в процентах от общего числа исследуемых трактов.

В течение жизни рыб характеристики питания претерпевают возрастные, локальные, сезонные изменения. Суточный ритм питания зависит от вида рыб, доступности кормовых организмов, их размера, калорийности, способов разыскивания и т.д.

Интенсивность питания характеризуется наполнением пищеварительного тракта.

Количественным выражением интенсивности питания, или накормленности, являются общий индекс наполнения (И.Н.) – отношение массы всего пищевого комка к массе рыбы – и частный индекс наполнения отношение массы одного компонента пищи к массе рыбы (Ч.И.Н.). Индексы наполнения выражаются в процентах (%) или, что удобнее, в процепемиллях (‰), когда результат увеличивают в 10000 раз.

Индекс потребления – отношение суммы реконструированных масс организмов, составляющих пищевой комок, к массе тела рыб.

Интенсивность питания можно выразить также процентом рыб, питающихся в момент наблюдения.

Рацион, или скорость питания – количество пищи, потребляемое рыбой за единицу времени (сутки, месяц, сезон, год).

Удельный рацион, или интенсивность питания особи – рацион рыбы, отнесенный к единице массы ее тела.

Пищевые потребности рыб определяются количеством энергии, затраченной организмом на жизненные функции и на оптимальный рост.

Обеспеченность рыб пищей представляет собой отношение реально получаемого рыбой в данном водоеме рациона к необходимой для нее величине рациона.

Кормовой коэффициент (КК) – один из показателей рационального питания рыб, показывает сколько килограммов данного корма должно быть съедено рыбой для получения 1 кг прироста массы за известный период. Кормовые затраты (в рыбоводстве – кормовые затраты) зависят от питательной ценности корма, вида и возраста рыбы, температуры воды, газового (кислородного) режима и т.д.

Пищевая конкуренция возникает при питании различных видов рыб одними и теми же пищевыми организмами, характеризуется индексом пищевого сходства, который представляет собой сумму наименьших величин из спектра питания сравниваемых рыб (в %).

2 Особенности сбора материала для изучения питания рыб

Существует два метода сбора и обработки материала по питанию:

- метод индивидуального сбора и обработки желудочно-кишечных трактов, когда каждая рыба анализируется отдельно;
- метод группового сбора и обработки, когда кишечники собираются от группы рыб и содержимое их обрабатывается как нечто единое.

Сбор материала производят активными орудиями лова, которые не остаются долго в воде. В случае необходимости применения пассивных орудий лова следует просматривать их каждые 1-3 часа. Сбор материала по питанию в каком-либо водоеме желательно проводить во все сезоны года и в различных районах, в местах наибольшего и наименьшего скопления рыбы.

В зависимости от целей исследований проба на питание рыб состоит из 10-100 экз. Рыбу длиной до 20 см (мелкие виды рыб, личинки и мальки) фиксируют целиком, делая у более крупных экземпляров надрез на брюшной стороне. У рыб длиной более 20 см фиксируют только желудочно-кишечные тракты.

Желудочно-кишечные тракты надо брать немедленно после притонения или по выемке из пассивных орудий лова. Перед извлечением желудочно-кишечного тракта проводят биологический анализ:

- каждую рыбу, подлежащую вскрытию, измеряют (определяют всю длину и длину до конца чешуйного покрова);
- взвешивают (общая масса – G и масса выпотрошенной рыбы – g);
- определяют пол и стадию зрелости половых продуктов;
- определяют упитанность (по универсальной номограмме упитанности) и жирность по шестибальной шкале по ожиркам на кишечнике;
- берут материал для определения возраста и темпа роста.

Сбор материала по питанию для разработки мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов водоемов должен охватывать все районы водоема, весь период времени, когда рыба кормится, и все возрастные группы обитающих в водоеме рыб. Из улова берется проба в 15-20 штук одного вида, если рыба близкого размера, или по 10 экз. мелких, средних и крупных рыб. Пробы берут для всех видов рыб, встреченных в улове.

3 Обработка содержимого желудочно-кишечных трактов рыб

Задачей исследований содержимого желудочно-кишечных трактов является определение состава пищевого комка и значения отдельных пищевых компонентов, т.е. анализ содержимого желудочно-кишечных трактов сводится к определению видового состава кормовых организмов и их процентного соотношения в пище.

Отмоченный желудочно-кишечный тракт перед вскрытием:

- очищают от обрывков внутренностей и ожирков;
- измеряют его длину (для получения данных по соотношению его длины к длине тела рыбы), избегая его излишнего растяжения;

- визуально определяют и записывают степень наполнения пищей отдельных разделов пищеварительного тракта (пищевод, желудок и ки- шечник у желудочных рыб или передняя, средняя и задняя части тракта у без желудочных) по пятибалльной шкале Лебедева: 0 – пусто, 1 – единично, 2 – малое наполнение, 3 – среднее наполнение, 4 – много, 5 – масса, растянутый кишечник; записывается результат трехзначным числом, например – 321;

- разрезают на три указанных выше отдела и извлекают из них пинцетом, скальпелем или шпателем содержимое (на стекло, кюветку и т.д.);

- подсушивают содержимое каждого отдела отдельно на фильтровальной бумаге и взвешивают в зависимости от количества на соответст- вующих весах; по возможности визуально определяется доля слизи;

- после взвешивания содержимое каждого отдела просматривается под биноклем, а если нужно – и под микроскопом: на глаз определяют цвет пищевого комка и степень переваренности пищи в разных отделах по пятибалльной шкале (1 – организмы хорошей сохранности, 2 – организмы слегка переварены, 3 – полупереваренные организмы, 4 – сильно переваренные организмы, но определимы по отдельным частям, 5 – совершенно неопределяемая масса; полученные данные заносятся в карточку в виде цифровых выражений, например, 124).

Далее приступают к качественной и количественной обработке пищевого кома: определению видового состава, численности и массы компонентов. При небольшой величине пищевого кома последний просматривается полностью, т.е. определяются, просчитываются и взвешиваются все компоненты пищи. При наличии большого количества содержимого просматривают часть кома:

Методика обработки содержимого желудочно-кишечных трактов в деталях отличается для рыб с разным характером питания. При изучении питания хищных рыб (судак, окунь, щука, налим, сом, нельма) исследуется содержимое желудка, а у жерехов и чехони – кишечника. Хищные рыбы заглатывают жертву целиком, и в зависимости от времени пребывания жертвы в желудке ее сохранность бывает различной. Такие хищники, как карповые, измельчают жертву глоточными зубами, и определение видовой принадлежности жертвы осуществляется по фрагментам и костям (нижнеглоточные кости и зубы у карповых, нижнечелюстные кости у окуневых, сома и щуки, отоциты, позвонки и другие кости у остальных рыб). Хорошо сохранившихся рыб-жертв определяют до вида, измеряют длину, массу. Все группы пищевых организмов, обнаруженные в пищеварительном тракте рыб, должны быть даны в процентах по массе.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое индекс потребления?
2. Что такое кормовой коэффициент?
3. Что такое общий индекс наполнения?
4. Особенности методологии обработки и изучения содержимого ЖКТ.

Литература [1-3, 6-10]

Лекция 9 Методы изучения питания и пищевых отношений рыб

План лекции:

- 1 *Особенности изучения спектра питания рыб*
- 2 *Параметры, характеризующие специфику питания рыб*
- 1 *Особенности изучения спектра питания рыб*

Питание является единственным источником пополнение энергетических и структурных запасов у рыб. Поэтому изучение этого компонента жизнедеятельности рыб очень важно при установлении связей того или иного вида с другими представителями данного биогеоценоза. Основой для изучения питания рыб являются как натурные наблюдения, так и изучение содержимого их пищеварительного тракта. При этом в большинстве случаев, именно изучение содержимого пищеварительного тракта рыб дает достаточно полное представление как о качественном, так и о количественном составе пищи данного таксона. Необходимо подчеркнуть, что изучение содержимого пищеварительного тракта у рыб необходимо вести на особях, пойманных активными орудиями лова (тралы, неводы). Любые орудия лова, рассчитанные на длительную постановку (сети, вентери и т.п.), непригодны для сбора материала для изучения питания рыб, за исключением специальной проверки этих орудий с периодичностью в 1-2 часа. Исследования проводятся на свежепойманных или зафиксированных сразу после вылова особях. Необходимо учитывать относительно большую селективность крючковых снастей по сравнению с тралом или неводом, так как есть определенная вероятность того, что крючковыми снастями вылавливается лишь та часть популяции, которая активно питается в данный промежуток времени.

Как правило, у рыб из водоемов субтропической, умеренной и арктической климатических зон хорошо выражены различия (качественные и количественные) в интенсивности и спектре питания в течение разных сезонов года. Поэтому при изучении питания рыб очень важно точно указать дату сбора материала, что в дальнейшем поможет проводить корректное сравнение этих данных с аналогичными других авторов. Помимо сезонной динамики у рыб из водоемов любых широт всегда имеются различия в интенсивности питания в течение суток - суточная ритмика питания. При определении суточной ритмики питания рыб изучается (качественно и количественно) содержимое пищеварительного тракта рыб выловленных в течение суток через определенный интервал времени, величина которого обычно зависит от технических возможностей исследователя и, часто, составляет 3-4 часа. Понятно, что чем меньше этот интервал, тем точнее будут полученные данные о суточной ритмике питания данного вида рыб. При фиксации собранного материала на этикетке обязательно указывается точное время вылова рыбы. В таких исследованиях, как и в случае с изучением сезонной динамики питания рыб, необходимо помнить, что в действительности мы получаем данные, основанные не на реальном изменении параметров питания одних и те же особей данной популяции, а на осредненных показателях для популяции в целом. При этом желательно знать скорость переваривания пищи, которая устанавливается только экспериментальным путем, обычно, видоспецифична и зависит как от температуры среды, так и от структуры пищевых компонентов и от возраста рыбы.

При определении спектра питания какого-либо вида рыб, необходимо установить таксономическую принадлежность (желательно до вида) содержимого пищеварительного тракта, для чего используют соответствующие определители животных и растений. Необходимо помнить, что установление качественного состава пищевого комка, как правило, основано на определении объектов питания по их фрагментам, так как они были подвержены (в разной степени) механическому разрушению в ротовой и глоточной полости рыбы. Обычно, из-за сильного механического и ферментативного разрушения значительная часть пищевого комка не поддается точному таксономическому определению и далее фигурирует в работе, как «неопределенные остатки». Доля «неопределенных остатков» в общей массе пищевого комка зависит как от квалификации исследователя, так и от величины временного интервала между моментом вылова рыбы и временем ее последнего приема пищи. Понятно, что доля «неопределенных остатков» пищевого комка в желудке всегда меньше, чем в кишечнике.

2 Параметры, характеризующие специфику питания рыб

Одним из наиболее часто используемых показателей, отражающих

интенсивность питания рыбы в момент ее вылова, является индекс наполнения пищеварительного тракта. Если нет технической возможности провести количественную оценку (путем взвешивания) содержимого пищеварительного тракта, то степень его наполнения определяют визуально по следующей приближенной шкале: 0 - пусто, 1 - единичное, 2 - малое наполнение, 3 - среднее наполнение, 4 - много пищи (пищеварительный тракт полный), 5 - масса (пищеварительный тракт сильно застынут). Очевидно, что такая визуальная оценка степени наполнения пищеварительного тракта будет очень грубой из-за значительной роли субъективного фактора. Поэтому необходимо стремиться определять степень наполнения пищеварительного тракта количественно, то есть путем точного взвешивания его содержимого. Для отражения такого способа оценки интенсивности питания рыбы служат общий и частный индексы наполнения желудка и кишечника. Общий индекс наполнения - это отношение массы всего содержимого желудка, кишечника или пищеварительного тракта в целом к общему весу рыбы. Частный индекс наполнения - отношение массы одного или группы компонентов к общему весу рыбы. Учитывая малую величину индексов наполнения, их принято увеличивать в 10000 раз и выражать в продцесимиллях (‰).

Интенсивность питания рыб разных размерных групп удобно оценивать с помощью среднесуточных индексов потребления пищи каждой группой рыб в процентах от массы тела без внутренностей. Полученные таким образом данные далее умножаются на калорийность пищевых организмов.

Одним из важных параметров, характеризующих специфику питания того или иного таксона рыб, является избирательность питания. Для большинства видов рыб характерно предпочтение каких-то определенных кормовых объектов, при этом их спектр обычно узок и, как правило, имеет сезонную зависимость. Если рыба ест все подряд, то индекс избирания равен 1, если она предпочитает какой-то организм, то для него индекс избирания будет больше 1, а если избегает питаться данным видом организмов - индекс избирания будет меньше 1. Понятно, что для получения точной величины индекса избирания пищи, необходимо установить не только качественный и количественный состав пищевого комка у рыбы, но и долю этих организмов в соответствующем биоценозе. Последнее определяется на основе изучения проб, взятых со дна дночерпателем, из толщи воды планктонной сетью или тралом или путем учета (качественного и количественного) околводных насекомых, которые доступны рыбе при воздушном типе питания. Для оценки энергетической ценности потребляемой рыбой пищи можно использовать индекс энергетической ценности пищевых частиц. Необходимо помнить, что индекс избирания пищи у одного и того же вида рыб, как правило, зависит от их возраста, физиологического состояния, места обитания рыбы и сезона года.

Еще одной важной характеристикой питания рыб является их рацион. Выделяют суточный рацион - количество пищи, съедаемое рыбой за одни сутки, и годовой рацион - количество пищи, съедаемое рыбой за год. Суточный рацион определяют несколькими способами, но наиболее доступным из них является его определение на основе индексов наполнения пищеварительного тракта и скорости переваривания пищи в естественных условиях. Скорость переваривания пищи определяют экспериментально. Без изучения суточной ритмики питания рыбы невозможно установить ее суточный рацион. На величину суточного рациона влияют физиологическое состояние рыбы, ее возраст, место обитания, время года, температура воды, погодные условия, калорийность пищи и ряд других факторов. Годовой рацион выражают как отношение сырой массы пищи, съеденной рыбой за год к общему весу рыбы (часто в %). Величина годового рациона также зависит от всех тех факторов, от которых зависит величина суточного рациона, за исключением времени года. Годовой рацион обычно сильно зависит от особенностей года, в котором велись исследования.

Важным показателем эффективности питания рыб является кормовой коэффициент, показывающий, сколько (в кг) данного вида корма должна съесть рыба за

определенный промежуток времени, чтобы ее вес увеличился на 1 кг. Чем калорийнее корм, тем ниже кормовой коэффициент. Величина кормового коэффициента в значительной степени зависит не только от вида корма и видовой принадлежности рыбы, но и от многих других факторов, например, температуры воды, содержания в ней кислорода, возраста и физиологического состояния рыбы в данный промежуток времени, доступности пищи, ее агрегированности и др.

Вопросы для самоконтроля

1. Особенности визуальной оценки степени наполнения ЖКТ рыб
2. Как оценивается интенсивность питания рыб разных размерных групп?
3. Как избирательность влияет на оценку питания?
4. Что такое годовой рацион?.

Литература [1-5, 9]

Лекция 10 Методы определения количества потребляемой пищи гидробионтами

План лекции:

1 Подготовительный этап при сборе материала для изучения питания гидробионтов

2 Алгоритм извлечения содержимого желудочно-кишечного тракта

3 Особенности изучения питания молоди, хищных и мирных рыб

4 Качественные методы обработки пищевого кома

5 Количественные методы обработки пищевого кома

1 Подготовительный этап при сборе материала для изучения питания гидробионтов

При изучении питания рыб, необходимо заранее продумать схему исследования, так как сбор материала по питанию осуществляется одновременно с обработкой рыбы на биологический анализ. Номер пробы материала, взятого для определения питания, должен совпадать с номером рыбы в чешуйной книжке, в которой делается запись о том, что у данного экземпляра взят материал по питанию (кишечник, рыба целиком и т.д.). Сбор материала по питанию проводить лучше активными орудиями лова (невод, бредень, волокуша и т.д.), которые отлавливают рыбу разного размера и не остаются долго в воде. При лове пассивными орудиями лова (ловушки, сети, ставной бредень) рыба попадает в них определенного размера (селективный лов) и остается в воде в течение суток и более, в результате чего собирается неполноценный материал, так как пища в желудках рыб, особенно при высокой температуре воды, сильно разрушается. В этих случаях целесообразно установить особый режим проверки сетей. Например, это может быть ежечасный просмотр пассивного орудия, с отбором рыб на анализ питания и немедленной обработкой. Также малопригоден для изучения питания лов на наживку, так как при этом способе отлавливается преимущественно голодная рыба, но исключать этот лов рыбы нежелательно.

Для более точной качественной и количественной характеристики питания рыб пробы желательнее брать в разных участках водоема. Если есть возможность работать на стационаре в течение всего года, пробы следует отбирать с определенной периодичностью в каждый сезон, на одних и тех же биотопах. При выборе материала из улова надо стремиться к тому, чтобы в сборах были представлены разные

размерные (длина тела, масса) и возрастные группы по каждому виду рыб. Наряду со сборами по питанию промысловых рыб необходимо собирать также материал по питанию непромысловых (бычки, шиповка, сибирский голец-усач, девятиглая колюшка, верховка и др.) с соблюдением тех же правил. Такой сбор материала необходим для того, чтобы выяснить, насколько спектр питания малоценных рыб совпадает с питанием промысловых, какова степень пищевой конкуренции. Для учета материала по питанию рыб необходимо делать следующие записи в отдельном журнале: – порядковый номер пробы, дата, место и орудие лова; – перечень видов, по которым взяты пробы на питание (с указанием номеров по чешуйной книжке), а также суммарное количество проб по каждому виду; – вид фиксированного материала (кишечник, желудок, целая рыба). Этот журнал по завершению полевых работ поступает вместе со сборами в лабораторию для обработки.

Материал из одного улова желателно помещать в отдельную емкость, сохраняя индивидуальные этикетки. Проба на изучение питания должна состоять из 10–100 экз. рыб, в зависимости от целей исследования. Для анализа рыбы на питание, предварительно ее измеряют (определяют абсолютную длину, длину по Смитту и длину тела). Рыбу длиной до 20 см (мелкие виды, личинки и мальки всех видов) фиксируют целиком, у более крупных особей фиксируют только желудочно-кишечный тракт (следует брать немедленно после притонения или по выемке ее из пассивных орудий лова).

Если позволяют условия стационара, то обработка результатов сбора по питанию рыб может быть проведена на свежесобранных материалах. Подобный подход предпочтителен, но не всегда возможен, если рядом нет специалиста. В этом случае сборы по питанию фиксируются в растворе формалина, заносятся в журнал, и дальнейшая обработка проводится уже в лаборатории. Не следует тянуть с обработкой сборов или с их фиксацией, поскольку процесс пищеварения (разложения пищевых компонентов) продолжается в желудке и у уснувших рыб.

2 Алгоритм извлечения содержимого желудочно-кишечного тракта

Извлечение желудочно-кишечного тракта проводится следующим образом: рыбу вскрывают ножницами или скальпелем по брюшной стороне от анального отверстия до головы. Определяют степень наполнения пищей желудочно-кишечного тракта по шестибальной шкале: 0 – пусто, 1 – единично, 2 – малое наполнение, 3 – среднее, 4 – много (полный желудок-кишечник), 5 – масса (растянутый). Желудочно-кишечный тракт вырезают от начала пищевода до конца задней кишки (до анального отверстия). Края переднего и заднего концов кишечного тракта перевязывают (в случае сильного наполнения кишечника рыбы) толстой ниткой, чтобы пища не выпадала из кишечника при фиксации. Пробу вместе с этикеткой нужно завернуть в марлю и поместить в фиксирующую жидкость – 2%-ный раствор формалина или в спирт 70°. Целиком рыба фиксируется в 5%-ном растворе формалина. Раствор вводят в полость тела рыбы через боковую стенку (делается надрез) небольшой пипеткой с оттянутым стеклянным концом или шприцем для инъекций. Весь исследуемый материал снабжается этикеткой, которая должна быть написана аккуратно и четко и содержать следующие данные: название водоема, место и орудие лова, время взятия пробы, название вида рыбы, номер по чешуйной книжке. Данные биологического анализа рыб также заносятся в журнал по питанию. При сборе материала очень важно правильно его этикетировать.

3 Особенности изучения питания молодежи, хищных и мирных рыб

Исследование питания крупных хищных рыб можно проводить в полевых условиях, но с обязательным указанием следующих моментов: наполнение желудка (хорошее, среднее, ниже среднего, желудок пустой); число заглоченных рыб и их видовой состав; длина и их масса. В случае нахождения в желудке кроме рыб другой пищи, остатки ее помещаются в пробирку с фиксирующей жидкостью и снабжаются

этикеткой (например: к питанию окуня № 1), пробирка закрывается сверху ватной пробкой, помещается в общую пластмассовую емкость для хранения до лабораторной обработки. Хорошо сохранившиеся остатки рыб (мелкие окуневые, карповые и др.) из желудка хищника (судак, щука, окунь), в случае целостности их желудка, также фиксируются (для исследования питания). Помимо определения питания хищных рыб в полевых условиях необходимо фиксировать некоторое количество хищных рыб целиком (для исследования их в лаборатории).

При изучении питания мирных рыб (питающихся планктоном, бентосом, растительными организмами) определение состава их пищи в полевых условиях не проводится, а только вырезается желудочно-кишечный тракт, который снабжается этикеткой, помещается в отдельную емкость и фиксируется разбавленным 2%-ным формалином. В случае нехватки емкостей, можно помещать в одну банку по несколько желудочно-кишечных трактов от разных особей одного вида. При этом каждый желудочно-кишечный тракт снабжается индивидуальной этикеткой, которая в него вкладывается. Концы тракта следует завязать, затем туда нужно влить шприцем некоторое количество разведенного формалина (2%-ного) и еще сделать в его стенках 2–3 прокола препаровальной иглой для лучшего проникновения формалина. Еще лучше сохраняется этот материал, когда каждый желудочно-кишечный тракт с этикеткой оборачивается куском мягкой материи или марли и перевязывается ниткой.

Сбор материала по питанию молоди рыб необходимо начинать изучать сразу же после всасывания желточного мешка. Затем пробы брать сначала через неделю, постепенно увеличивая интервалы; у рыб, достигших возраста полгода и больше, пробы можно брать посезонно. Молодь рыб нужно фиксировать целиком, так как в полевых условиях трудно отделить их пищеварительный тракт без повреждений. Выловленную молодь фиксируют на месте 5 %-ным раствором формалина. Количество фиксирующей жидкости должно быть больше объема фиксируемой молоди минимум в 4 раза. Емкость для фиксации должна быть достаточно большой, чтобы молодь свободно располагалась в фиксирующей жидкости. По возвращению в лабораторию в этот же день необходимо раствор, в котором фиксировали молодь, заменить 4%-ным раствором формалина для дальнейшего ее хранения. Предварительно из проб кисточкой и пинцетом убираются грязь и растительность. На ранних этапах развития молодь лучше фиксировать 4%-ным раствором формалина с добавлением поваренной соли. При такой фиксации хорошо сохраняется внешняя форма личинок и материал может храниться годами. Предличинок и личинок необходимо помещать в маленькие пробирки, которые следует плотно заткнуть ватными пробками (предварительно вложив в них этикетки) и сложить их пробками вниз в общую банку (желательно пластиковую) с 4%-ным раствором формалина. В пробирке не должно быть воздушного пузырька. Во избежание этого фиксирующую жидкость в пробирку нужно налить до краев, предварительно смочив ватную пробку той же жидкостью. Молодь рыб можно хранить также в плотно закрытых пенициллиновых флаконах. Для гистологической обработки материал по молоди фиксируется в 10%-ном растворе формалина.

При сборе материала для изучения питания рыб нужно придерживаться следующих рекомендаций:

- собранный материал должен отражать условия питания в разных участках водоема (прибрежных и открытых участках рек и озер, в заливах, устьях рек и т.д.);
- материал должен отражать сезонный спектр питания рыб, в том числе не менее 15% всех сборов должно приходиться на подледный период (если таковой отмечается для водоема);
- материал должен отражать спектр питания рыб перед, во время и после нереста;

- материал должен отражать спектр питания рыб разного пола, размера и возраста.

Во всех случаях обнаружения на рыбе или внутри ее каких-либо паразитов (глистов, червей, ракообразных и др.) необходимо их собирать вместе с содержимым желудочно-кишечного тракта или отдельно и снабжать этикеткой, где помимо обычных записей отмечать, в каком месте обнаружен паразит – на поверхности тела, голове, жабрах, в полости тела, внутри желудка, кишечника и др. Одновременно с пробами на питание рыб из тех мест, где осуществлялся сбор материала, обязательно берутся гидробиологические пробы (бентос, планктон, перифитон и др.). Эти данные необходимы для изучения кормовой базы, степени ее использования рыбами, избирательности пищевых организмов, пищевых взаимоотношений, получения материалов для расчета средних стандартных масс пищевых организмов. Попутно проводятся гидрохимические и гидрологические исследования, определяющие условия обитания рыб.

4 Качественные методы обработки пищевого кома

После фиксации материал, приступают к качественной и количественной обработке пищевого кома: определению видового состава, численности и массы компонентов. При небольшой величине пищевого кома последний просматривается полностью, т.е. определяются, просчитываются и взвешиваются все компоненты пищи. При наличии большого количества содержимого просматривают часть кома:

а) берется навеска с последующим пересчетом на весь ком;

б) применяется объемный метод – содержимое размешивают в определенном количестве воде, шпатель-пипеткой берется часть взвеси и просматривается в чашке Петри, камере Богорова или другой соответствующей посуде; в дальнейшем ведется пересчет на весь пищевой ком.

При обоих способах просмотра ведется качественный учет кормовых объектов в оставшемся коме или в осадке взвеси – учитываются крупные кормовые организмы, которые могут не попасть в навеску или при заборе шпатель-пипеткой.

У личинок на ранних этапах развития содержимое кишечника просматривают под бинокулярным микроскопом без вскрытия, т.к. личинка прозрачна, а кишечник представляет собой прямую трубку.

У личинок на более поздних этапах развития содержимое кишечника извлекают препаровальной иглой под бинокуляр. При этом личинку помещают на предметное стекло, измеряют ее окуляр-микрометром, взвешивают на торсионных весах, затем путем надавливания на кишечник от глотки препаровальной иглой извлекают его содержимое.

У мальков до 3,5 см желудочно-кишечный тракт извлекают путем разрезания брюшка (лезвием), освобождают его от других элементов полости тела, помещают под бинокуляр и легким нажатием на кишечник препаровальной иглой извлекают содержимое.

У сеголетков кишечник также извлекают из полости тела, помещают на предметное стекло размером 9×12 см и с помощью препаровальной иглы или шпателем извлекают содержимое.

Точность определения пищевых компонентов зависит от целей исследований. Как правило, ракообразных, коловраток, личинок хирономид и других насекомых следует определять до вида, остальные организмы до вида или рода. Низшие ракообразные в случае значительного разрушения определяются по фрагментам: представители кладоцер – по постабдоменам; циклопы и диаптомиды – по пятой паре торокальных ног, фурке и абдомене; личинки хирономид – по головной капсуле со всеми ее элементами: субментуму с рядом зубов, их количеству, форме и расположению, по максиллам и усикам; олигохеты в слаборазрушенном состоянии могут быть определены до рода или вида.

Если пища мало разрушена, то возможно прямое взвешивание олигохет, моллюсков, личинок хирономид и прочих бентосных организмов. Если пищевой комок состоит преимущественно из коловраток и низших ракообразных, полупереваренных остатков бентосных организмов, то масса каждого- го определенного организма устанавливается по стандартным (восстановленным) массам, приводимым в литературе.

Неопределимая масса содержимого тракта, если возможно, взвешивается или определяется на глаз в процентном отношении к весу всего пищевого кома и распределяется пропорционально весовому значению обнаруженных пищевых организмов.

Данные видового и весового определения содержимого кишечника записываются в индивидуальную карточку в зависимости от характера питания рыб.

Методика обработки содержимого желудочно-кишечных трактов в деталях отличается для рыб с разным характером питания.

При изучении питания растительноядных рыб различают рыб, питающихся высшей водной растительностью, и рыб, питающихся низшими водорослями. Поскольку определение сильно переваренных остатков высшей водной растительности затруднительно, обязательно должны быть данные по видовому составу растительности в исследуемом водоеме. Рассмотрение пищевого комка (по отделам кишечника) производится под биноклем в чашках Петри, просчитываются организмы зоопланктона, берутся их реконструированные массы. Визуально или путем прямого взвешивания или путем вычета массы зоопланктона определяется доля высшей водной растительности в навеске, затем во всем пищевом комке. Далее вычисляются соответствующие индексы и показатели в зависимости от целей исследований.

У рыб, питающихся низшими водорослями исследование содержимого пищеварительного тракта проводится объемным методом. Из разведенной пробы помещается капля в камеру Ножотта (объемом $0,05 \text{ мм}^3$) или камеру Горяева (объемом $0,9 \text{ мм}^3$). Просматривают несколько камер или дорожек камеры Ножотта, или квадратов камеры Горяева (для массовых видов). Определяют и просчитывают все виды водорослей, измеряют окуляр-микрометром параметры водорослей. Вычисляют объем водорослей, приравнивая их к соответствующим геометрическим фигурам.

Цифровая обработка материалов по питанию рыб. Результаты анализа содержимого пищеварительного тракта рыб могут быть представлены различными способами: по встречаемости, по количеству экземпляров, по объему, по массе, по калорийности и т.д.

Следует отметить, что как самостоятельный метод на первом этапе изучения питания рыб, когда вся цель исследования заключалась лишь в установлении характера питания разных видов, применялся качественный метод. В настоящее время качественная обработка пищевого кома представляет неотъемлемую часть любого количественного метода.

5 Количественные методы обработки пищевого кома

Количественные методы:

- наиболее прост и наименее распространен метод определения частоты встречаемости отдельных компонентов в пище (количество кишечника, содержащих какой-либо кормовой компонент, выражается в процентах к общему количеству исследованных кишечника данного вида, учитываются только кишечника с пищей);

- счетный метод, самостоятельно применяется редко. Основной его недостаток тот, что дает неправильное представление о роли отдельных компонентов (оказывается, при одинаковых количествах очень мелких, например водоросли, и очень крупных, например моллюски, компонентов, значение их в питании одинаково,

хотя и по объему и по массе это будут несоизмеримые величины. Также при этом методе совершенно игнорируются такие пищевые компоненты, как детрит, обрывки растений, которые нельзя просчитать;

- объемный метод (Форбс, 1968, 1988) используется большинством зарубежных исследователей; методика Форбса включает определение объема всего пищевого комка, а значение отдельных компонентов в пище выражают или в процентах частоты встречаемости или в процентах по числу экземпляров;

- весовой метод наиболее точен и совершенен, предложен Блевадом (1916), усовершенствован отечественными учеными (Никитинский В.Я. 1929; Зенкевич Л.А., 1931 и др.). В отличие от Блевада, у Зенкевича Л.А. индексы были представлены не абсолютными отношениями веса пищи и веса рыбы, а это отношение было увеличено в 10000 раз. Работа с такими индексами (выраженными в процедимилле – ‰) оказалась эффективной и простой. Однако в чистом виде весовой способ тоже применяется редко, так как прямое взвешивание отдельных компонентов пищи затруднительно, а порой невозможно. Обычно весовой метод комбинируют с объемным или плоскостным, когда общая масса пищевого кома определяется непосредственным взвешиванием, а масса отдельных компонентов - на основании процентного содержания их в коме по объему или по занимаемым площадям, при чем процент нередко определяется на глаз;

- метод восстановленных весов устраняет ошибку визуального определения. При этом методе просчитываются все особи (целые и по остаткам), по размерам или возрастам каждого пищевого компонента и восстанавливается их живая масса (данные по восстановленным массам приводятся в литературе). Восстановленные массы всех пищевых компонентов, а также масса грунта, если он есть в коме, складываются, и от суммы вычисляется процентное содержание каждого компонента по живой массе. Следует иметь в виду, что и эти проценты могут быть недостоверны, т.к. в данном случае не учитывается степень переваренности, реконструированная масса, как правило, всегда больше массы фактического.

Для получения средних индексов по пробе индивидуальные индексы рыб из одной пробы суммируются и делятся на общее число рыб в пробе независимо от того, имелась или отсутствовала пища у какой-либо из составляющих пробу рыб.

Вопросы для самоконтроля

1. Методология сбора материала для количественной и качественной оценки питания рыб.
2. Особенности изучения питания мирных рыб
3. Особенности изучения питания хищных рыб
4. Изучение питания молоди рыб.
5. Изучение питания растительноядных рыб, питающихся высшей водной растительностью и водорослями.

Литература [1-3, 6-9]

Лекция 11 Методы изучения полового состава и стадий зрелости половых продуктов рыб

План лекции:

- 1 *Половая и возрастная структура популяций*
- 2 *Соотношение полов в популяциях*
- 3 *Особенности размножения рыб*
- 4 *Стадии зрелости гонад*

1 Половая и возрастная структура популяций

Одной из важнейших характеристик структуры ипопуляций рыб является половой состав. Следовательно, необходимо правильно определять пол и стадии зрелости для всех рыб из различных типов водоемов. Можно определять пол рыбы, основываясь на ее внешнем строении.

Половой диморфизм наиболее ярко бывает выражен непосредственно в период нереста, когда у многих рыб формируются значительные различия между полами - лососевые, хариусовые. У сиговых и карповых половые различия выражены слабее. Существуют несколько формальных шкал для определения пола и стадий зрелости рыб, следовательно, при сравнении собственных данных с литературными важно, чтобы эти шкалы совпадали, иначе корректное их сравнение невозможно.

Половой диморфизм, или вторичные половые признаки, в межнерестовый период проявляются не у всех рыб, и определение их пола без вскрытия затруднено. У многих рыб самки крупнее самцов, самцам свойственна более яркая окраска в нерестовый период, удлинённые плавники и др. Например, у самцов полярной камбалы – чешуя ктеноидная, а у самок – циклоидная. У обыкновенной плотвы у самцов тело ниже, глаза крупнее, спинной и анальный плавники выше, а брюшные и грудные плавники длиннее. Самцы тихоокеанских лососей, мойвы, обыкновенного сома крупнее самок. У самцов морского окуня имеется копулятивный орган, расположенный позади анального отверстия. У хрящевых рыб совокупительные органы – птеригоподии, представляющие собой видоизмененную часть брюшных плавников превращены в длинные хрящевые выросты с желобками по внут ренней стороне, по которым сперма стекает в клоаку самки. Кроме того, у некоторых скатов (морская лисица) у самцов зубы заостренные, у самок – плоские. У самцов линия первый луч брюшного плавника более утолщенный, чем у самок. Самцы смариды крупнее самок, плавники у них несколько длиннее. Самцы имеют более яркую окраску тела с поперечными полосами, особенно в период нереста. Самцы зеленушки окрашены в ярко-зеленый, голубой, красновато- оранжевый цвет. Менее яркая с серовато-зеленым тоном окраска самок. У бычков семейства Gobiidae самки имеют у анального отверстия сравнительно короткий и широкий сосочек, через который выметывается икра; у самцов сосочек, через который выходит сперма длиннее и уже. Кроме того, самцы в период нереста приобретают черную окраску. У некоторых карповых рыб (лещ, сазан, плотва, вобла, кутум), сигов в преднерестовый период под влиянием выделяемых в кровь гормонов образуются острые шипики или эпителиальные бугорки «жемчужная сыпь», которая на туловище и голове самцов более ярко выражена. У самцов многих лососевых рыб (лосось, кета, горбуша, форель) к моменту размножения резко изменяется форма тела. У самцов горбуши вырастает горб, загибается вниз крючком верхняя челюсть, величина которой, как правило, тем больше, чем выше степень зрелости половых продуктов. На нижней челюсти также вырастает большой «крюк», зубы на челюстях увеличиваются. Сильно меняется внешний облик самца семги, есть указания на то, что форма чешуи у самцов и самок половозрелой семги различна.

Прижизненная диагностика пола у видов рыб, не имеющих внешних признаков полового диморфизма, еще очень слабо разработана. У осетровых для этих целей берутся пункции гонад (икорным щупом).

2 Соотношение полов в популяциях

Соотношение полов является приспособительным свойством рыб и направлено на обеспечение успешного воспроизводства. У большинства рыб соотношение полов близко 1:1 , но в зависимости от размера особей или других факторов оно становится иным и может изменяться у одного и того же вида.

Размерно-половые отношения у рыб, т.е. процент самок и самцов, приходящихся на каждую размерную группу, могут быть трех типов.

Первый тип – размеры самцов и самок в одновозрастных группах равны. Половой диморфизм по размеру у них отсутствует. Сюда относятся представители рыб, у которых

половое созревание самцов и самок происходит одновременно и соотношение полов 1:1 наблюдается во всех возрастных группах.

Второй тип – самки крупнее самцов, а самцы созревают в более раннем возрасте и продолжительность их жизни меньше (например, сельди рода *Alosa*, морская камбала, аральский усач, сибирская ряпушка). Доля самок у рыб этого типа по мере увеличения их длины возрастает, достигая 100% среди крупных особей.

Третий тип – самцы крупнее самок (бычки, амурская кета, мойва, европейский сом) и среди крупноразмерных особей доля самок уменьшается до минимума.

Соотношение полов в период нерестового хода и на нерестилищах может быть равным (у рыб первого типа), или на первом этапе хода преобладают самцы, а затем возрастает доля самок (у рыб, относящихся ко второму и третьему типам).

Среди рыб есть моногамы и полигамы. У семги с одной самкой обычно нерестится один самец, а в нерестовой группе сазана на одну самку приходится три-четыре, а иногда и более самцов. У обыкновенного карася нерест групповой, в котором участвует несколько самцов и самок.

3 Особенности размножения рыб

Сроки размножения. В зависимости от сроков размножения различают рыб с весенним (щука, окунь, хариус, атлантическо-скандинавские сельди), летним (сазан, осетр, хамса) и осенне-зимним нерестом (семга, тихоокеанские лососи, сиги, налим, наваги). Сроки размножения каждого вида, а, следовательно, и сроки выклева личинок и развития молоди связаны с лучшей обеспеченностью их пищей.

Единовременное и порционное икрометание. У полициклических рыб с единовременным икрометанием вся икра созревает одновременно. Для яичника с единовременным икрометанием характерны следующие комплексы овоцитов: неразвивающиеся, которые являются «запасом» овоцитов для следующего нереста, и созревающие овоциты, все в одной фазе развития.

К полициклическому типу с единовременным выметом половых продуктов относятся филогенетически древние представители: круглоротые, осетровые, род океанических сельдей (*Clupea*), корюшки, лососи, щуки, вобла, лещ, навага, налим, окунь, судак и др.

Для яичника рыб с порционным икрометанием характерны следующие комплексы овоцитов: неразвивающиеся овоциты – «запас» и созревающие овоциты разных фаз развития (фаза первоначального накопления желтка, фаза накопления желтком овоцита, фаза зрелого овоцита).

При порционном икрометании, а, следовательно, и порционном созревании каждая «порция» может опережать другую на 10-15 дней.

О порционности икрометания можно судить на основании измерения диаметра икринок в яичнике в нерестовый период.

Рыбы с круглогодичным порционным созреванием, а, следовательно, и с порционным икрометанием, живут преимущественно в тропических и теплых водах, рыбы с единовременным созреванием гонад, но сезонным порционным икрометанием живут преимущественно в теплых и умеренных водах: к ним относятся черноморско-каспийские сельди, кильки или тюльки, шпроты, плотва, карась, сазан, красноперка, линь, шемая, уклей, густера, сом, ерш.

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

4 Стадии зрелости гонад

В отечественной литературе наибольшее распространение получила следующая шкала оценки стадий зрелости рыб, основанная, преимущественно, на особенностях внешнего строения гонад.

I стадия - молодые, неполовозрелые особи, часто эту стадию называют ювенальной от соответствующего латинского слова. По слабо развитым половым железам, имеющим форму тонких шнуров, визуально невозможно определить пол особи.

II стадия - стадия относительного покоя, характерная для впервые созревающих особей, а также иногда для особей после нереста. Икринки не видны невооруженным глазом. Основным отличием самок от самцов является наличие большого продольного кровеносного сосуда на медиальной стороне яичников, на семенниках такого сосуда нет. В случае отсутствия сосуда покровы гонад самки прозрачны, а самца матовые (не просвечивают).

III стадия - наступление очередного полового цикла. Гонады занимают до половины всего объема брюшной полости, особенно заметно увеличены яичники, в которых хорошо видны непрозрачные икринки. Семенники с заметно расширенной передней частью. При надавливании на гонады из них нельзя выжать ни икринки, ни молоки.

IV стадия - полное созревание половых продуктов. Яичники могут занимать более чем 2/3 объема брюшной полости. Икринки становятся прозрачными и при надавливании на яичники вытекают. Семенники беловатого цвета, при сдавливании брюшка начинают выделяться молоки. В целом, непродолжительная стадия, быстро переходящая в следующую.

V стадия - стадия размножения, когда половые продукты становятся текучими и происходит нерест. При слабом надавливании на брюшко рыбы (или даже без него) половые продукты вытекают струей.

VI стадия - стадия после нереста (стадия выбоя). Половые продукты полностью выметаны, за исключением небольших крупных разрозненных икринок, которые в дальнейшем рассасываются. Гонады воспалены и часто темно-красного цвета. Мочеполовой сосочек припухлый.

Перечисленные выше стадии зрелости, обычно определяются при вскрытии, за исключением V стадии, при которой пол и степень зрелости половых продуктов легко устанавливаются по их текучести. Для порционно нерестующих рыб стадии зрелости каждой из порций икры принято записывать через дефис, а если порция уже выметана, то ее заключают в круглые скобки, например, запись (VI) - IV означает, что первая порция уже выметана, а вторая находится на IV стадии зрелости. Если выметаны две порции, то их обе включают в скобки, например, запись (VI - VI) - III указывает на то, что две порции икры уже выметаны, а третья находится на III стадии зрелости. Часто порядковый номер порции икры обозначают нижним индексом из арабских цифр при римских цифрах, указывающих на стадию зрелости данной порции икры.

П. А. Дрягиным (1949) при анализе половых циклов рыб были сформулированы основные задачи для решения этой проблемы:

- 1) установление полового состава молоди и половозрелых рыб, то есть определение возрастной динамики соотношения полов в популяции;
- 2) определение полового состава отдельных генераций;
- 3) определение полового состава у временных внутривидовых группы рывков рыб - во время нереста, нагула, миграций и зимовки;
- 4) установление селективной избирательности разных орудий лова для самцов и самок;
- 5) определение доли допустимого вылова самок из популяции, чтобы оставшаяся часть обеспечивала устойчивое воспроизведение популяции;
- 6) установление количества нерестовавших самок для расчета коэффициента возврата.

Кроме того, очень важной популяционной характеристикой является возраст созревания (начального и массового), а также характерные для этого линейные и весовые показатели самцов и самок. Необходимо отметить, что структура популяций вида

(половая, размерно-весовая, возрастная), часто существенно различна в разных районах ареала, варьирует в одном водоеме по сезонам и годам, зависит от экологической обстановки, характера водоема, гидрологических факторов, наличия загрязнений и способов лова. Поэтому анализ этих показателей популяций необходимо сопровождать указанием характеристик всех данных факторов.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое половой диморфизм? Как он проявляется у рыб?
2. Соотношение полов в популяциях
3. Особенности единовременного и порционного икрометания
4. Опишите стадии зрелости гонад рыб.

Литература [1-4, 8-10]

Лекция 12 Методы изучения плодовитости и размножения рыб

План лекции:

- 1 *Характеристика плодовитости рыб*
- 2 *Особенности онтогенетического развития рыб*
- 3 *Жизненный цикл рыб*
- 4 *Особенности сбора материала для изучения плодовитости рыб*

1 Характеристика плодовитости рыб

У рыб различают плодовитость потенциальную, конечную, абсолютную, индивидуальную, относительную, рабочую, видовую и популяционную. Плодовитость измеряется количеством икринок, а при живорождении - эмбрионов, личинок, мальков в яичниках или яйцеводах (у хрящевых рыб), готовых к вымету в данном нерестовом сезоне. Яичники для исследования плодовитости лучше всего брать у самок, идущих на нерестилища

Потенциальная плодовитость – это количество икры, откладываемое самкой за всю жизнь при обитании в оптимальных экологических условиях. У моноциклических рыб наивысший уровень потенциальной плодовитости закладывается на стадии личинок (у миног и горбуши) и сеголетков (у кеты, симы, нерки). У полициклических рыб с порционным так же как и рыб с единовременным икрометанием, потенциальная плодовитость формируется на третьей стадии зрелости яичников.

Конечная плодовитость – это фактическое количество икры, выметываемое самкой за всю жизнь. Экспериментальные данные указывают на тесную связь условий обитания и уровня потенциальной и конечной плодовитости. Он может отличаться в 3,5-6,5 раз.

Абсолютная индивидуальная плодовитость (ИАП) – это количество икры, откладываемое самкой в течение одного нерестового периода. В ихтиологии обычно учитывают абсолютную индивидуальную плодовитость, называемую плодовитостью.

Индивидуальную плодовитость можно определять прямым методом, подсчитывая количество всех яиц в гонадах, взятых для исследования, или же применяя автоматические счетчики. Но чаще всего, учитывать огромное количество яиц у рыб можно только косвенно. Косвенный метод заключается в определении общей массы (весовой) или объема (объемный) всех яиц, изолированных из яичника, а также ряда взятых из них проб. Яйца в пробах просчитывают, соотносят с единицей измерения и увеличивают либо на всю массу, либо на весь объем ястыка.

Плодовитость рыб является приспособительным свойством вида и значительно колеблется. Наиболее низкая плодовитость наблюдается у хрящевых рыб, которые

выметывают хорошо развитых мальков или откладывают оплодотворенные яйца, покрытые прочной роговой оболочкой. Второе место по плодовитости занимают виды, откладывающие икру на растительность и не проявляющие заботы о потомстве. Так плодовитость сазана, икра которого развивается на растительности, составляет 0,6-1,5 млн. икринок.

У рыб, проявляющих заботу о потомстве, наблюдается меньшая плодовитость. Например, живородящая бельдюга выметывает от 10 до 400 личинок, колюшка откладывает 60-550 икринок, бычки – 1-2 тыс. икринок.

Количество и качество икры находятся в зависимости от массы длины тела, возраста, жирности и ряда абиотических и биотических факторов, что имеет приспособительное значение. По мере роста рыбы и увеличения ее массы абсолютная индивидуальная плодовитость повышается. Однако у старых особей процесс развития яиц может затухать, и они становятся бесплодными.

Рыбы обладают свойством регулировать плодовитость в зависимости от изменяющихся условий среды и особенно от обеспеченности пищей. Улучшение условий откорма приводит к ускорению темпа роста, а, следовательно, к более высокой плодовитости одноразмерных рыб. В связи с этим, плодовитость одного вида в разных водоемах различна, отражает условия существования рыб и направлена на обеспечение определенной величины пополнения.

У азовского судака, например, наблюдается тесная связь между колебаниями плодовитости и летними заморами, вызывающими ослабление питания, а также отмечена прямая зависимость его плодовитости от активности солнца, хотя в эти годы урожай молоди, наоборот, уменьшается.

Относительная плодовитость (ОП) – это количество икринок, приходящееся на единицу длины или массы тела самки, для чего ИАП делится на длину или массу самки.

Относительную плодовитость можно сравнивать лишь у отдельных стад одного вида. У большинства видов (лещ, щука, черноморские кефали и др.) относительная, как и абсолютная индивидуальная, плодовитость с ростом самок увеличивается. Однако у ряда видов (горбуша Европейского Севера, салака, севрюга и др.) относительная плодовитость с увеличением размера и массы особей уменьшается.

Рабочая плодовитость представляет собой количество икринок, получаемое от одной самки для рыбоводных целей. У некоторых видов рыб она может составлять до 70% абсолютной индивидуальной плодовитости.

Видовая абсолютная плодовитость – это общее количество икринок, выметываемое рыбой за всю ее жизнь.

Для определения значения плодовитости в пополнении стада недостаточно иметь абсолютную индивидуальную, относительную и видовую плодовитость. Для этого необходимо определить показатель видовой плодовитости. Показатель видовой плодовитости – условная величина, зависящая от ряда факторов: индивидуальной плодовитости, возраста наступления половой зрелости, числа икротетаний и др.

У рыб с коротким жизненным циклом при низкой индивидуальной плодовитости показатель видовой плодовитости значительно выше, чем у позднеосозревающих. Следовательно, они обладают более высокой воспроизводительной способностью.

Для более точной оценки показателя видовой плодовитости В.С. Ивлев предложил определять популяционную плодовитость, поскольку отдельные популяции различаются по возрастному составу, времени наступления половой зрелости у рыб и другим биологическим показателям. Она, как и показатель видовой плодовитости, отражает воспроизводительную способность стада.

По характеру нереста различают рыб, выметывающих икру одновременно и несколькими порциями.

У рыб с порционным икротетанием ооциты, предназначенные для вымета в данном году, созревают неодновременно. Асинхронность развития ооцитов проявляется в

период трофоплазматического роста (на III стадии зрелости). При переходе в IV стадию зрелости не все одновременно заканчивают трофоплазматический рост. В результате после вымета первой порции яичник переходит не в VI, а в III стадию, которую обозначают как III₂. В яичнике на этой стадии (в отличие от обычной III стадии) присутствуют лопнувшие фолликулы, хорошо видимые на гистологических препаратах. Яичник после вымета второй порции переходит в стадию III₃ и только после вымета последней порции – в стадию VI. Число порций и продолжительность их созревания у порционно икротечущих рыб зависят от характера развития ооцитов в период трофоплазматического роста.

Для определения числа возможных порций с помощью окулярмикрометра определяют диаметр у 200 икринок в каждой пробе, затем строят вариационный ряд (по диаметру икринок) и по разрывам в вариационном ряду составляют суждение о единовременном или порционном икротечении.

Влияние качества икринок на воспроизводительную способность рыб. У многих видов рыб выявлена положительная зависимость уровня жирового обмена от их воспроизводительной способности. Среди рыб одного поколения быстрее созревают особи с большей жирностью тела, однако рано созревающие рыбы обладают меньшей воспроизводительной способностью, чем поздно созревающие: плодовитость их ниже, икринки мельче, с меньшим количеством жира. У ряда видов среди рыб одного поколения, нерестящихся одновременно, быстрорастущие особи с повышенным содержанием жира в теле обладают и большей плодовитостью, однако икра у них мельче и с меньшим количеством жира.

Величина икринок в гонадах даже у самок с единовременным икротечением неодинакова и зависит от близости к кровеносным сосудам. Диаметр икринок их масса также не остаются неизменными с ростом рыбы. У самок леща, плотвы, воблы, тарани и других видов диаметр икры и их масса увеличиваются с ростом рыбы (в пределах, свойственных данному виду). У старых рыб диаметр икринок уменьшается и качество их ухудшается.

Тенденция к накоплению жира в икринках различна. У беломорской корюшки, горбуши Европейского Севера и других видов содержание жира в икринках увеличивается с возрастом самок. У леща наибольшее содержание жира в икринках наблюдается у молодых, менее жирных рыб с низкой плодовитостью и меньшим диаметром икры, что можно рассматривать как важное приспособление для повышения их воспроизводительной способности.

Многие исследователи считают, что различия в размерах икры и содержании в них жира влияют на выживаемость потомства и его качество. Из мелкой икры выклеваются меньше личинок и меньшего размера. Поэтому у большинства рыб наиболее высококачественное потомство получается от рыб среднего возраста.

Несомненно, что для многих рыб существует тесная взаимосвязь между скоростью роста производителей, жизнеспособностью потомства и его численностью.

2 Особенности онтогенетического развития рыб

Длительность инкубационного периода у рыб значительно колеблется – от нескольких часов у многих тропических до 22 мес. у колючей акулы. Для инкубации икры того или иного вида требуется определенное количество тепла, выражаемое в градусоднях. Однако эта величина непостоянна и в зависимости от температуры воды различна. При повышении температуры воды (в пределах, свойственных данному виду) развитие икры протекает быстрее.

Метаморфоз. Развитие личинок камбал, речного угря, луны-рыбы и других рыб проходит с метаморфозом. Симметричные личинки камбал плавают в верхних слоях воды спиной кверху, затем постепенно опускаются глубже, один глаз у них переходит на другую сторону тела, и после завершения метаморфоза молодые камбалы начинают вести придонный образ жизни. Личинки речного угря (лептоцефалы), выклевающиеся из

икринок в Саргассовом море, имеют листовидную форму. За 2-3 года дрейфа в струях Гольфстрима они превращаются в прозрачных угреобразных рыбок, заходящих в реки Европы, где растут, теряя прозрачность и превращаясь во взрослых угрей.

Выживаемость икры и личинок. Численность популяции в основном зависит от выживаемости эмбрионов и обеспеченности пищей личинок на этапе перехода на активное питание. На эти периоды приходится наибольшая смертность по сравнению со всеми другими периодами жизни рыбы. Основными факторами, определяющими выживаемость эмбрионов и предличинок, являются температура воды, соленость, газовый режим, ветер, волнения.

Как видно из приведенных данных, огромная плодовитость некоторых рыб не может свидетельствовать об их высокой численности, так как выживаемость икры и личинок очень низка.

3 Жизненный цикл рыб

Жизненный цикл рыб, т.е. вся жизнедеятельность организма в течение онтогенеза от момента оплодотворения до естественной смерти, распадается на различные периоды, каждый из которых характеризуется определенными морфологическими и физиологическими особенностями. В жизненном цикле рыб выделяют следующие периоды: эмбриональный (зародышевый), личиночный, мальковый, ювенильный (юношеский), взрослого организма, старческий.

Эмбриональный (зародышевый) период характеризуется эндогенным питанием (за счет собственного желтка), длится от момента оплодотворения до момента перехода на внешнее (экзогенное) питание и подразделяется на 2 подпериода: собственно эмбриональный, когда развитие совершается внутри яичевой оболочки, а у живородящих рыб протекает внутри тела самки; предличиночный (свободного эмбриона), когда выклюнувшиеся свободноживущие особи питаются за счет желтка.

Личиночный период характеризуется переходом на активное внешнее питание с сохранением личиночных органов и признаков. По внешнему и внутреннему строению организм еще далек от взрослого. В частности – плавниковая складка еще не дифференцирована на зачатки парных и непарных плавников. Мальковый период характеризуется тем, что по внешнему строению организм приобретает сходство со взрослым. Непарная плавниковая складка дифференцируется на плавники. Закладывается чешуя, дифференциация пола началась, но половые органы неразвиты. Малек – это молодая сформировавшаяся рыбка данного года рождения.

Ювенильный (юношеский) период характеризуется усиленным развитием половых желез, но рыбы еще неполовозрелые. Начинают развиваться вторичные половые признаки (если они имеются).

Период взрослого организма начинается с момента наступления половой зрелости, и рыбы обладают всеми признаками, характерными для полностью сформировавшегося организма.

Старческий период характеризуется замедлением роста или полным прекращением его. Рыба теряет способность размножаться.

Теория этапного развития рыб, позволившая изучить периоды, этапы, стадии развития и их продолжительность у многих видов рыб, была разработана В. В. Васнецовым, затем дополнена и развита другими исследователями. Периоды – это довольно длительные интервалы индивидуального развития, состоящие из последовательных этапов.

Этапами называются такие интервалы в развитии рыбы, в течение которых происходит рост и медленные, постепенные изменения организма, однако никаких существенных изменений ни в строении, ни в физиологии, ни в поведении рыбы не совершается. Сохраняются ведущие взаимоотношения организма со средой, остается тот же способ движения, захвата пищи и т.д.

Только после достижения определенной меры количество переходит в новое качество, и организм вступает в следующий этап. Смена этапов у рыб происходит в течение всей жизни. В первые периоды этапы обычно короткие, продолжающиеся от нескольких часов до нескольких суток, а у взрослых рыб длительность этапов может измеряться годами. Переход от одного этапа к другому осуществляется скачкообразно с резкими изменениями в строении и обычно происходит при достижении определенных размеров.

Скачки (морфологические изменения) совершаются очень быстро, иногда менее чем за 3-4 ч, и неразрывно связаны с изменением биологии. Незначительные морфологические изменения, отражающие каждый момент развития организма, называются стадиями.

Однако не все авторы вкладывают в термины «стадия», «этап» одинаковое содержание, что затрудняет сравнение данных о развитии рыб. К тому же у разных рыб наблюдается разное количество этапов развития, причем содержание их также различно. У щуки, например, три личиночных этапа развития, у литофилов – четыре, у фитофилов – шесть.

Знание этапов развития рыб необходимо для совершенствования биотехники разведения и перевозки икры и личинок, понимания причин колебаний численности популяций.

4 Особенности сбора материала для изучения плодовитости рыб

Сбор материала по плодовитости рыб проводится в полевых условиях либо при общем анализе средних проб (анализ уловов), либо при выполнении специального задания. У осетровых видов рыб сборы материалов могут проводиться в течение круглого года, у карповых, окуневых и других – весной до икрометания и только для некоторых видов (сиговые) осенью, у налима – зимой. Но во всех случаях икра для сборов должна быть достаточно зрелой, в стадии IV (лучше всего), либо IV–V (допустимо, но не желательно), у осетровых рыб – не жировая (нет черного пигмента), но вместе с тем ни в коем случае ни текучей, чтобы была полная гарантия того, что ни одной икринки еще не было выметано. Все работы по сбору материала на плодовитость строго регистрируются и записываются в особых журналах по плодовитости, причем каждая исследуемая особь обозначается порядковым номером, начиная с 1-го. При такой работе прежде всего исследуемая особь измеряется (избранный способ) и данные заносятся в журнал. Измерения рыбы необходимо проводить до ее вскрытия, после измерения рыба взвешивается (всегда на одних и тех же весах). Из каждой измеренной и взвешенной самки вынимаются парные гонады (ястык) с икрой, взвешиваются в целом виде или по частям (потом все суммируется) и данные заносятся в соответствующую графу журнала. После взвешивания всего яичника, из него берется (безразлично из правого или левого яичника, если икринки в них одинакового размера) навеска икры, которая очень точно взвешивается на торсионных весах (или электронных – для крупных рыб, но всегда на одних и тех же весах). Для крупных рыб (осетровые, сиговые) навеска должна составлять 5–10 г, для мелких рыб (вьюновые, карповые, окуневые и др.) – 250–500 мг и даже 1 г. В данном случае вырезается кусочек от гонады так, чтобы он захватывал и части до середины гонады. Если в одной гонаде икринки крупнее, а в другой мельче, то каждый из них взвешивается отдельно и из каждой берется отдельно навеска той же величины. Если икра незрелая (жировая), частично выметана или гонада покрыта жиром, в таком случае из нее не следует брать навеску. Если развит только один яичник, а другого совершенно нет, или один значительно больше (по размерам) другого, то навеска берется из большего; в этом случае в журнале делается соответствующая запись. Навеска помещается на кусочек плотной марли, широкого бинта или очень мягкую ткань из хлопка, концы марли соединяются и перевязываются ниткой. Внутри пробы обязательно помещается этикетка с указанием индивидуального номера (по чешуйной книжке). Взятая от каждой исследованной особи навеска помещается в отдельную (по каждому виду) емкость с

спиртом 60° или 1–2%-ным раствором формалина (разбавление в 20–40 раз) и в нее также помещается этикетка (калька, водостойкая бумага) с соответствующими обозначениями: место и время сбора, название вида, соответствующего номера в чешуйной книжке, где помещены чешуйки, масса ястыка, фамилия собиравшего материал. Если нет возможности представить отдельные емкости по каждому виду, то собранный материал желательно соответствующим образом маркировать. В качестве маркеров проще всего использовать нитки разных цветов, которыми перевязываются пробы. Если время в период полевых работ ограничено или нет соответствующего оборудования, то можно брать оба яичника, которые на месте сбора заворачиваются в марлю вместе с этикеткой и фиксируются, а в лабораторных условиях проводится соответствующая доработка и обработка этого материала. Подобный подход предпочтительнее и в случае, если сбор плодовитости производится у некрупных рыб и отсутствуют точные весы. При фиксации необходимо предохранять икру сдавливания, так как икринки могут деформироваться и даже лопнуть. У рыб с порционным икрометанием икру следует брать до первого нереста.

При сборе материала по молоди рыб необходимо охватить все периоды и этапы развития, начиная от икры до уже сформировавшейся особи (сеголеток). Для этого необходимы регулярные наблюдения с четко продуманным графиком работ. Также необходимо вести подробный журнал наблюдений по гидрометеорологическим, гидрологическим показателям исследуемого участка и биологическим данным. Материал по молоди правильнее всего собирать сразу после наблюдений за нерестом. При таком логично продолжающемся исследовании, не будет проблем с поиском нерестилищ, а также больше вероятность того, что исследователь не пропустит день выклева личинок из икры.

Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризуйте потенциальную плодовитость.
2. Дайте определение конечной плодовитости.
3. Опишите абсолютную и относительную плодовитость.
4. Охарактеризуйте индивидуальную плодовитость.

Литература [1-8]

Лекция 13 Методы и значение изучения нереста и нерестилищ рыб, видовой принадлежности икры и личинок рыб

План лекции:

- 1 *Форма, размер и строение икринок*
- 2 *Особенности икрометания у рыб*
- 3 *Методы изучения нерестилищ, икры и личинок рыб*

1 Форма, размер и строение икринок

Икринки у рыб обычно шаровидные, хотя есть и другие формы. Строение икринок является характерным признаком не только для рода, семейства, но и более крупных категорий. Например, у большинства представителей сарганообразных наблюдается шаровидная икринка с нитевидными выростами или выступами; у бычковидных грушевидные икринки на нижнем конце снабжены розеткой нитей для прикрепления к субстрату; у анчоусовых икринки эллипсоидные.

Икринки рыб различаются не только формой, но и размером, цветом, наличием или отсутствием жировых капель, строением оболочки. Величина икринок, как и другие морфологические признаки, является стабильным признаком вида. Крупные рыбы откладывают икру большего диаметра, чем мелкие, но амплитуда колебаний размера икринок остается постоянной для вида даже в разных водоемах, хотя средние значения их могут смещаться в ту или иную сторону. Размеры икринок зависят от содержания в них питательного вещества – желтка – и значительно колеблются – от 0,3 мм у бычка пандака (без капсулы), у китовой акулы до 670 мм в длину (с капсулой).

Среди многочисленных костистых рыб наиболее мелкие икринки характерны для камбалы – лиманды, самые крупные – для лососевых, особенно для кеты. Большой объем желтка в икринках лососевых в отличие от других рыб обеспечивает более длительный период развития, появление более крупных личинок, способных на первом этапе активного питания потреблять более крупные кормовые организмы. Самые крупные яйца наблюдаются у хрящевых рыб (у китовой акулы диаметр икринки – 676 мм). Развитие эмбрионов у некоторых из них (катран) длится почти 2 года.

Окраска икринок специфична для каждого вида. У ряпушки они желтые, у лососей оранжевые, у щуки темно-серые, у сазана зеленоватые, у терпугов изумрудно-зеленые, голубые, розовые и фиолетовые. Желтоватые и красноватые тона обусловлены наличием дыхательных пигментов – каротиноидов. Икра, развивающаяся в менее благоприятных кислородных условиях, обычно окрашена интенсивнее. Из лососевых у нерки наиболее яркая малиново-красная икра, развивающаяся в воде, относительно бедной кислородом. Пелагические икринки, развивающиеся при достаточном содержании кислорода, пигментированы слабо.

Икринки многих рыб содержат одну или несколько жировых капель, которые наряду с другими способами, например обводнением, обеспечивают плавучесть икринок. Икринки снаружи покрыты оболочками, которые могут быть первичными, вторичными и третичными.

Первичная – желточная, или лучистая (*zona radiata*), оболочка, образованная самим яйцом, пронизана многочисленными порами, по которым в яйцо поступают питательные вещества во время его развития в яичнике. Эта оболочка достаточно прочная, причем у осетровых двухслойная.

Над первичной оболочкой у большинства рыб развивается вторичная оболочка, студенистая, липкая, с разнообразными выростами для прикрепления яиц к субстрату.

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

Существуют также третичные оболочки – белковая и роговая. Роговая оболочка развивается у хрящевых рыб и миксин, белковая – только у хрящевых.

У миног, как и у костистых рыб, икринки мелкие, у миксин они эллипсоидной формы диаметром 2-3 см. На роговой оболочке имеются крючкообразные отростки, с помощью которых яйца прикрепляются друг к другу и к подводным предметам.

Роговая оболочка хрящевых рыб значительно больше самого яйца, не соответствует ему по форме, сплюснута и слегка сжимает яйцо. Часто от нее отходят роговые нити, с помощью которых яйцо прикрепляется к водным растениям. У яйцеживородящих и живородящих видов роговая оболочка очень тонкая, исчезающая вскоре после начала развития.

2 Особенности икрометания у рыб

Начало икрометания зависит от многих факторов – готовности половых продуктов к вымету, температуры и солености воды, наличия подходящего субстрата, а также особенностей другого пола и др. Каждому виду в период размножения свойственны оптимальные и предельные температуры воды, называемые пороговыми. При отрицательной температуре размножаются сайка, наваги, арктические и антарктические рыбы. Так минимальная

температура воды, при которой возможен нерест, у наваги – минус 2,3°C, трески – 3,6°C, атлантической сельди – 4,5°C, сазана – 13°C. Наиболее интенсивный нерест у многих карповых рыб наблюдается при температуре 18-20°C и выше. Оптимальная температура размножения белого амура 26- 30°C.

Рыбы откладывают икру в разных условиях. Пинагор нерестится в приливно-отливной зоне, а угорь – в океанической пелагиали на глубинах более 1000 м. У подавляющего большинства морских рыб икрометание происходит в относительно прогреваемых районах прибрежной зоны на глубинах менее 500м там, где наиболее высока биопродуктивность и личинки и молодь обеспечены пищей.

При отсутствии необходимых, специфических для каждого вида условий размножения икрометание может не осуществиться или икра выметывается не полностью; в этом случае она рассасывается.

Икру различают плавающую, или пелагическую, и донную, или демерсальную, к которой относится икра, откладываемая не только непосредственно на грунт, но и на донную растительность.

Рыб в зависимости от места откладки икры разделяют на следующие группы: пелагофильные, откладывающие плавающую икру в толщу воды (кильки, хамса, атлантическая треска, чехонь, белый амур, толстолобик); фитофильные, откладывающие икру на растения и водоросли (вобла, лещ, сазан, карась, окунь, тихоокеанская сельдь); литофильные, откладывающие икру на каменисто-галечный грунт (осетровые, лососевые, кутум, шемая, голавль, подуст); псаммофильные, откладывающие икру на песок (пескарь); остракофильные, откладывающие икру в раковины двустворчатых моллюсков (горчаки).

Забота о потомстве. Большинство рыб не заботится о своем потомстве, хотя откладывание икры на определенный субстрат можно считать уже проявлением пассивной заботы. Однако существует немало рыб, которые сооружают примитивные или более сложные гнезда и охраняют икру и даже личинок или в иной форме заботятся о своем потомстве.

Например, тихоокеанские и атлантические лососи хвостом выбивают в грунте глубокие желоба длиной до 2-3 м, шириной 1,5-2 м, откладывают в них оплодотворенную икру и засыпают гравием.

Самец бычка-кругляка устраивает гнездо под камнями и охраняет кладку до вылупления личинок, отгоняя хищников и аэрируя воду у входа в гнездо движениями значительно увеличенных к этому времени грудных плавников. В течение всего периода инкубации икры он не питается, худеет и зачастую гибнет от истощения. Самец колюшки сооружает гнездо из растительных остатков в виде муфточки и охраняет икру и личинок. Самец судака расчищает на дне место для будущей кладки икры, затем охраняет ее, очищает от ила, смывая его сильными движениями грудных плавников. Если кладка остается без сторожевого самца, то охрану продолжает другой.

Лабиринтовые рыбы строят гнездо из пузырьков воздуха, обволакивая их клейкими выделениями изо рта. Самец пинагора при обсыхании кладки в литоральной зоне поливает ее водой изо рта.

Некоторые рыбы вынашивают оплодотворенную икру. Самка тилляпии, например, держит ее в ротовой полости. На брюшке у самца иглы-рыбы имеется выводковая камера, образованная отходящими от боков тела складками, в которой развивается отложенная самкой икра, а у морского конька камера, почти полностью замкнутая, с небольшим отверстием для откладки икры и выхода личинок. Живорождение у рыб может рассматриваться как проявление одной из форм заботы о потомстве.

3 Методы изучения нерестилищ, икры и личинок рыб

Развитие икры происходит в течение нескольких дней, длительность развития зависит от видовой принадлежности рыбы, от температуры воды и некоторых других условий. Субстратом, на который рыба откладывает икру, чаще всего является мягкая водная растительность, отмершая прошлогодняя трава, иногда мох и корневища

прибрежных растений. Способ сбора икры напрямую зависит от того, на какой субстрат она была отложена. У разных видов рыб есть свои особые предпочтения относительно субстрата и глубины, на которых они откладывают икру. Если нерестилища мелкие, на глубине до 40 см (характерны для язя, уклейки, окуня, иногда леща) или икра отложена на растения, у поверхности воды, то пробы можно брать руками. Пробы с нерестилищ, расположенных на глубине, можно брать скребком для сбора бентоса (небольшая глубина) или драгой. Наиболее эффективные результаты дает болгарская драга, представляющая собою комбинацию сачка, скребка и граблей.

Икру, развивающуюся в толще воды, удобно собирать икорной сетью, которая представляет собой конусообразный мешок из шелкового мельничного газа № 15. Диаметр входного отверстия обычно делается 50–80 см, а длина сети – 2–4 м. К верхнему и нижнему концам сети пришиваются полосы плотного материала (суровое полотно, бязь и т.д.) шириной 6–10 см. В край верхней полосы вшивают металлический обруч, изготовленный из железного прута сечением 10–12 мм. К нижней полосе прикрепляется металлический стаканчик, если его нет, то стеклянная банка емкостью 0,5–1 л.

При изучении нерестилищ исследователь должен бережно обращаться с субстратом, на котором отложена икра, и брать пробы в самом ограниченном количестве. Икра фиксируется сразу же на месте 2%-ным раствором формалина, желательно брать пробы с одного и того же нерестилища ежедневно, чтобы проследить развитие икры. Если же это невозможно, следует живую икру вместе с субстратом поместить в просторную стеклянную емкость и наблюдать за ее развитием. Сосуд нужно установить в прохладном месте, покрыть сверху марлей и ежедневно менять воду.

Отлов молодежи икорной сетью проводится как у берега, так и на середине реки. Перед началом лова икорную сеть промывают в реке: сеть несколько раз опускают и вынимают из воды с открытым металлическим стаканчиком (если используется банка, то ее привязывают после того, как сеть уже промыта). Сеть опускают в воду на веревке по течению. Длина веревки должна составлять не менее 15 м, чтобы сеть полностью погрузилась в воду. Для придонных ловов икорную сеть привязывают одной веревкой к якорю, а другой – к борту лодки (чтобы ее не оторвало течением от якоря). Лов у берега на одном месте или на якоре проводят в течение 10 мин. Икорной сетью можно ловить с лодки, спуская ее вниз по течению реки, в течение 5 мин. Для получения сопоставимых данных о количестве молодежи на единицу объема воды, лов икорной сетью необходимо проводить строго определенное время. При этом нужно учитывать скорость течения, так как в одно и то же время при различной скорости течения через орудие лова проходит разный объем воды. Для придонного лова икорную сеть загружают с таким расчетом, чтобы она шла у дна. По окончании лова сеть осторожно вынимают из воды: сначала к лодке подтягивают веревки, а затем сеть вынимают из воды в вертикальном положении, так чтобы весь улов находился в кутце (мотне – конец сети). Сеть промывают с наружной стороны из ведра или банки, чтобы смыть с кутца приставших к внутренней стороне сети личинок. После этого осторожно открывают стакан и выливают его содержимое в другую емкость (или отвязывают от икорной сети стеклянную банку), из которой через мельничное сито отливают примерно $1/8$ или $1/9$ часть воды. Чтобы личинки не разложились и были пригодны для определения, немедленно доливают тот объем (который был отлит из емкости первоначально) 4–5%-ным раствором формалина, в пробу кладут этикетку с соответствующей записью. Для отлова личинок и мальков, в малозаросших проточных участках, можно применять мальковый круг или сетку Кори. Для сетки Кори обычно используют шелковую материю (№ 4) или из крупноячеистого газа, с ячеей 2,5 мм, длина сети 150 см, ширина у верхнего края 60 см. Сетка Кори выставляется на течении обязательно на определенное время: 5, 10, 15 или 30 мин, в зависимости от обилия мальков, считая достаточным залов 150–200 экз. Опускается сетка под поверхность воды так, чтобы верхняя подбора была на поверхности, причем к нижней подборе следует привязать свинцовые или каменные грузики. Для выбора наиболее

уловистого и показательного места регулярных ловов необходимо предварительно провести пробные ловы в разных местах. Ловы следует проводить раз в 3 дня, причем кроме дневного времени весьма важны ловы в темное время (поздно вечером и ночью), когда иной раз бывают наиболее удачные и разнообразные заловы.

Для изготовления малькового круга используется тот же материал, что и для сетки Кори, его диаметр должен быть не менее 1 м. В зарослях хорошо применять обыкновенный сачок с мешком из марли или мельничного газа № 10–15. Мешок имеет форму конуса длиной 40–45 см, дно закруглено. Диаметр железного обруча равен 40–50 см, сачок насаживается на деревянную ручку длиной 1–1,5 м. Мешок следует шить двойным швом и закруглить его конус. При лове сачком среди зарослей, делают несколько взмахов в тех местах, где есть личинки или мальки. Для лова можно выбирать и участки, свободные от растительности. Важно учитывать, что недавно вылупившиеся из икринок очень мелкие предличинки рыб плохо видны, прячутся у дна, подвешиваются к растительности и т.п., поэтому надо ловить их в тех местах, где личинок в воде визуально не видно. Сачком, осторожно проводя по растениям, можно собирать только что вышедших из икры предличинок, личинок а также уже оформившихся мальков, которые держатся стайками на мелководье и в тихих заводях (при большом улове одного вида лишняя молодежь выпускается в водоем). Сачок с уловом полностью из воды вынимать нельзя. Содержимое сачка вычерпывается в банку с водой, кутец сачка выворачивают и прополаскивают в банке. Пробу сразу же (на месте лова) фиксируют 2%-ным раствором формалина, а через сутки его заменить 4–5%-ным. Емкость с молодежью следует заливать до пробки, чтобы жидкость в ней не болталась и не повреждала тем самым органы и покровы рыб.

На мелководных перекатах быстрых рек и ручьев хорошие результаты дает лов мальков сеткой Киналева, которая представляет собой конусообразный мешок из мельничного газа № 9–10–15 с закругленным конусом. Входное отверстие его обшивается плотным материалом, который прикрепляется к прямоугольной металлической раме размером 50 × 100 см или 30 × 75 см, длина мешка – 1,5 м. Сетка устанавливается либо против течения и в нее загоняется молодежь, либо протягивают ее по дну против течения.

Для лова подростой молодежи также можно рекомендовать бредень (мальковая волокуша), который состоит из крыльев и мотни (или кутца). Крылья делают из капроновой сетки № 8–10, ее можно заменить мешковиной, марлей или для крупной молодежи хлопчатобумажной делью с размером ячеей 4–6 мм. Длина крыльев 2–3 м, ширина 70 см. Один конец крыльев пришивается к мотне, наружный крепится к палкам (клячам). Мотню делают из мельничного газа № 12–15, длина ее 1,0–1,5 м, конец закруглен. Если нет мельничного газа (сита), кутец делают из дели, обшивая его изнутри марлей. Верхний и нижний края волокуши обшивают плотным материалом. К верхнему краю прикрепляются поплавки из пенопласта или пробки, к нижнему – грузила. Верхние концы клячей (палка) должны выступать над верхним краем волокуши (бредня), чтобы волокушу при лове было удобнее вести, прижимая ее нижний край ко дну.

Для лова более взрослой молодежи рыб целесообразно применение комбинированной мальковой волокуши. Общий ее размах от 15 до 50 м. Крылья готовятся из дели с ячейей 26 и 6 мм или только из дели с ячейей 5 мм; кутец длиной 3 м – из конгресс-канвы (или крупноячейного газа). Раскрытие волокуши (высота стенки) – 3 м. Крылья по высоте скошены у нижней подборы от 3 до 1 м ближе к клячам. Количественная оценка волокушного лова может проводиться с учетом облавливаемой площади и высоты водного столба. Мальковые волокуши из шелкового сита могут использоваться не только как активные орудия лова, но и в качестве обметывающей стенки учетных площадок. При лове бреднем (волокушей), его тянут вдоль берега 10–15 м по течению, иногда против течения, или протягивают его из глубины к берегу. По окончании лова мотню бредня полностью из воды не вынимают, чтобы избежать травмирования молодежи. Молодь отчерпывается вместе с водой в стеклянный сосуд, затем вода осторожно сливается через

мельничный газ, а молодь (в полевых условиях) фиксируется в сосуде 2%-ным раствором формалина, а затем перезаливается 4–5%-ным. Лов бреднем проводят, главным образом, в прибрежных частях водоема, на небольших глубинах.

Для того чтобы обловить глубины, превышающие средний рост человека, можно сделать бредень с высокими стенками, сильнее загрузить его нижнюю подбору, а верхней – придать большую плавучесть. Оба конца бредня снабжаются длинными веревками, одна из них привязывается к лодке, другую тянет идущий по берегу человек. Такой способ лова не всегда возможен и требует большой затраты сил. Облов бреднем возможен лишь в том случае, когда на дне водоема нет больших зарослей водных растений, коряг и прочих засоряющих дно предметов.

При выходе свободных эмбрионов из икры они проходят четыре основных периода в своем развитии: предличинки, личинки, мальки и сеголетки. Только что вышедшие из икры личинки держатся некоторое время на том же субстрате, что и икра, и почти не двигаются. После всасывания желточного мешка личинки переходят к активному питанию, делаются более подвижными и держатся стайками. Для отлова молоди (мальков, сеголетков) можно использовать ставные мелкоячейные сети (ячей 5–8–10 мм), длина сети 10 м, высота сети 1–2 м. Сети одиночные или порядки сетей (несколько сетей, соединенных вместе) устанавливаются на различных горизонтах с помощью буйков. Уловы могут дать определенное представление о направлении миграций, вертикальном и горизонтальном их размещении (в водохранилищах или озерах).

Метод учета площадок применим на мелководьях. Он заключается в том, что на обследуемой территории, чаще в зарослях растительности, ограничивается небольшой участок, в пределах которого проводятся учет и отлов молоди или отбор икры. Для ограничения контрольного участка можно использовать учетную раму из проволоки размером 0,5 × 0,5 м, мальковые волокуши из газа и учетный куб В.М. Кузнецовой – жесткий каркас, обтянутый тканью, или коробка квадратного сечения 0,5 × 0,5 м, высотой 0,8 м (из листового металла). Последний используется для учета ранней молоди рыб в густых зарослях мелководий. После набрасывания куба на участок с растительностью, донный край его вдавливается в грунт, затем выпалывается вся растительность из оконтуренной зоны и проводится учет молоди.

Можно также ловить молодь на удочку, но это возможно лишь при наличии свободного времени, что в полевых условиях бывает очень редко. Для записи уловов молоди следует иметь специальный журнал, где указываются дата и название водоема, характер биотопа, на котором проводился лов, количество и размер выловленной рыбы по каждому виду отдельно. Если улов большой, то фиксировать можно только часть его – после разборки; если в улове единичные экземпляры, то можно зафиксировать улов целиком. Наиболее крупные экземпляры (вполне оформившиеся рыбки) можно заворачивать в марлю по несколько штук вместе (снабдив их соответствующей этикеткой), которые фиксируются 4%-ным раствором формалина в железных или пластиковых емкостях. Улов тщательно разбирается: просчитывается количество молоди по видам рыб. Если улов невелик (до 250–300 экз.), то измерение всех особей проводится с помощью штангенциркуля (лучше электронного) и определяются такие длины: ab – до основания хвостового плавника, ac – до конца хвостового плавника, lSm – до средних лучей хвостового плавника. Каждый малек взвешивается (электронные, торсионные весы). Если улов велик, то из него предварительно отбираются все редко встречающиеся мальки, подлежащие измерению. Затем из основной массы улова отбирается проба в количестве 100–200 мальков. Проба берется объемным методом (половина, четверть и т.д. всего улова), сортируется по видам, промеряется и по группам (для каждого вида) взвешивается. При групповом взвешивании должен быть точный штучный просчет для последующего вычисления общего количества и средней массы мальков. Все эти данные записываются в журнал измерений мальков с указанием места, даты лова. В дневник

записываются общие наблюдения над ходом данных работ с краткой характеристикой распределения мальков, различия в дневных и ночных ловах и т.д.

Если мальки не могут быть определены, то проводится только их просчет и делается соответствующая запись в журнал, а затем мальки фиксируются слабым раствором (2%-ным) формалина в отдельной банке и снабжаются этикеткой. После 2–4-дневного выдерживания мальков в формалине следует их переложить в емкость с спиртом 60–70°. Рекомендуется осуществлять сбор материала по молоди рыб через следующие промежутки времени: сразу после выклева, через 3, 7, 14, 21 день и в возрасте одного месяца. Поскольку в эти промежутки времени происходят последовательные существенные изменения в строении молоди, то они широко могут быть использованы для характеристики развития отдельных видов. В указанном возрасте для многих рыб характерно видовое расположение пигментных пятен (и клеток), что также может использоваться для более полной характеристики вид. Однако даже для представителей одного семейства можно найти дифференцирующие признаки.

Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризуйте морфологию икринок
2. Опишите яйцевые оболочки
3. Какие орудия лова используют для изучения развития икры?
4. Особенности применения икорной сети
5. Особенности применения малькового круга.

Литература [1-3, 5-10]

Лекция 14 Методы изучения дыхательной системы рыб

План лекции:

- 1 *Филогенез дыхательной системы*
- 2 *Покровное дыхание*
- 3 *Основные принципы организации специализированных органов дыхания*
- 4 *Строение жаберного аппарата*
- 5 *Особенности жаберного дыхания у рыб*

1 Филогенез дыхательной системы

Дыхание представляет собой одну из базовых функций животных, проявляющуюся в потреблении кислорода и выделении углекислого газа. Эту функцию можно рассматривать как совокупность ряда биохимических реакций, протекающих в клетке.

У многих одноклеточных организмов газообмен с внешней средой происходит через всю поверхность клетки. Для большинства многоклеточных животных, в том и числе представителей типа Хордовые, характерно наличие специализированных органов дыхания, обеспечивающих процесс газообмена. Газообмен между внешней и внутренней средой протекает путем диффузии через влажные поверхности. У позвоночных животных внутренний транспорт кислорода и углекислого газа осуществляется кровеносной системой. Специализированные органы, обеспечивающие газообмен между внешней и внутренней средой, составляют органы дыхания или дыхательную систему. В наиболее простом случае это вся поверхность тела, но, как правило, у позвоночных существуют специализированные органы дыхания, такие как жабры или легкие. Иногда животные имеют не один тип органов дыхания или можно наблюдать онтогенетическую смену одних дыхательных структур на другие. У позвоночных органы дыхательной системы состоят не только из структур, где идет газообмен, но разнообразных вспомогательных

образований различного функционального назначения. Такие структуры обеспечивают защиту органов дыхания или улучшают вентиляцию. Помимо этого, некоторые образования дыхательной системы участвуют в выполнении других функций: таких как терморегуляция, выделение продуктов азотистого обмена и т.д. Происхождение подобных структур и их дальнейшая эволюция связано с приспособлением к среде обитания.

Существование в разных условиях, уровень метаболической активности, предыдущая история развития различных групп хордовых животных привели к реализации разных вариантов строения органов, относящихся к дыхательной системе. В этом отношении структуры дыхательной системы представляют собой иллюстрацию основных закономерностей сравнительной анатомии и эволюционной морфологии.

2 Покровное дыхание

Отсутствие специализированных органов дыхания, когда газообмен идет диффузно через всю поверхность тела, характерно для многих мелких беспозвоночных. В значительной степени это свойственно и ланцетнику, у которого жаберные щели в количестве более ста пар не представляются необходимыми для дыхания, за исключением случаев, когда животное зарывается в грунт. Возможность подобного способа газообмена через всю поверхность тела лимитируется в первую очередь размером тела. Известно, что более мелкие животные имеют относительно большую площадь поверхности тела. Поэтому для такого типа газообмена необходимо, чтобы животное было достаточно мало, а его поверхность проницаема для кислорода и углекислоты. В связи с этим ранние стадии развития сложно устроенных животных, не нуждаются в специальных органах дыхания. Для небольших водных организмов величиной не более 1 мм достаточно простой диффузии кислорода. То есть обеспечиваемая клетка должна располагаться не далее 0,5 мм от поверхности.

Следует подчеркнуть, что описанные выше ограничения относятся не к общим размерам тела, а к его толщине. Лимитируемый при таком типе дыхания максимальный размер животного, когда еще возможно обходиться без специализированных органов дыхания, может быть значительно увеличен при наличии в организме системы циркулирующей жидкости и при обитании в условиях избытка кислорода. Такой системой циркулирующей жидкости является кровеносная система. В связи с этим подобный способ газообмена может сохранять свое значение у разных представителей позвоночных, достаточно крупных и систематически часто удаленных друг от друга, таких как угорь или амфибии, для которых кожное дыхание играет очень большую роль. У угря через кожу поступает 60% кислорода, а через жабры всего 40%. У саламандр через кожу выделяется 80% CO_2 и поглощается 65-74% O_2 .

3 Основные принципы организации специализированных органов дыхания

Большинство позвоночных, и беспозвоночных животных имеют особые органы дыхания, являющиеся продуктом специализации участков тела на выполнении функций газообмена. Это обусловлено обитанием в условиях дефицита кислорода, увеличением размеров тела или уменьшением проницаемости их покровов для газов, а также возрастанием уровня метаболической активности. Значение кожного дыхания заметно сокращается у амниот, как следствие наземного образа жизни, при котором важно наличие непроницаемых для воды покровов.

К основным функциональным требованиям построения специализированных органов дыхания можно отнести следующие:

1. Стенки должны быть проницаемы для газов. Этим обуславливается тонкая оболочка и влажность покровов, поскольку диффузия газов возможна только через влажную оболочку.

2. Площадь поверхности должна быть большой, что достигается за счет увеличения общих размеров или возрастания сложности поверхности.

3. Необходимость постоянного обновления внешней среды, т.е. постоянный приток свежей воды или воздуха.

Особенностью организации дыхательной системы хордовых животных стала её онтогенетическая связь с пищеварительным трактом. Из структур глотки и других участков пищеварительной системы формируется большая часть дополнительных и основных органов дыхания. У водных позвоночных основным специализированным органом дыхания являются жабры. При переходе к наземному образу жизни они заменяются на легкие.

Жабры. У водных позвоночных основным органом дыхания являются жабры. Жабрами называют различного рода дыхательные придатки с хорошо развитой сетью сосудов. У рыб кровь в капиллярах жабр течет в направлении, противоположном току воды; этот противоточный механизм обеспечивает практически полное насыщение крови кислородом. Жабры встречаются и у беспозвоночных животных, но они не гомологичны таковым представителей типа Chordata.

Типичными дыхательными структурами являются внутренние жабры. Это складки, выстилающие ряд щелей или мешков, и характеризуются обильным кровоснабжением. Жаберные щели ведут из глотки к наружной поверхности тела. В этом отношении у ланцетника настоящих жабр нет, поскольку поверхность жаберных щелей лишена характерных жаберных структур. Жабры развиваются в определенном участке передней части пищеварительной трубки, называемом глотка. Если у высших позвоночных глотка это короткий и не имеющий большого значения отрезок пересечения пищеварительных и дыхательных путей, то с филогенетической и онтогенетической точки зрения это важнейший участок. Здесь развиваются жаберные карманы у всех без исключения хордовых животных, а у наземных позвоночных из этого участка развиваются и легкие.

Эмбрионально развитие жаберного аппарата начинается образованием парных карманов из энтодермальной части выстилки переднего конца зародышевой кишки. Вытягиваясь в направлении к поверхности тела, они прободают переднюю часть мезодермальных боковых пластинок и смыкаются с растущими им навстречу выпячиваниями эктодермы. Таким образом, формируется единая выстилка жаберных щелей. Есть основания считать, что у круглоротых, в порядке исключения, сами жабры формируются из энтодермы. В связи с этим даже существует мнение, что жабры круглоротых не гомологичны жабрам остальных групп. Тем не менее, нужно признать, что в образовании жаберных мешков принимает участие оба зародышевых листка и можно говорить лишь о том, какой из них больше, а какой меньше принимает участие в образовании жаберного эпителия. Это формальное отличие послужило основанием для выделения круглоротых в особый раздел Entobranchiata (Agnatha), который противопоставлен остальным позвоночным, составляющим раздел Ectobranchiata (Gnathostomata).

В итоге развития жаберные карманы формируют пару продольных рядов, вызывая деление околожабрных структур (мышц, скелета). Однако эта сегментация базируется на жаберных структурах и никак не связана с настоящей сегментацией соматической мускулатуры и даже, наоборот, нарушает её. Историческое возникновение глотки и жаберных щелей началось с их появления в качестве аппарата питания. Этой функции отвечает включение жаберных щелей в начальную часть пищеварительного тракта. Иначе очень сложно объяснить уникальную и, с функциональной точки зрения, не всегда удобную связь дыхательной и пищеварительной систем хордовых животных. Сравнительно-анатомические данные говорят в пользу этого обстоятельства. Видимо примитивные хордовые, также как ланцетник или личинки миног, питались, фильтруя воду через жаберные щели. Действительно, это очень мелкие организмы, с обширной глоткой, для дыхания которых обычно достаточно и газообмена через всю поверхность тела. Глотка с жаберными щелями здесь выступает в роли своеобразного «сита». Устройство глотки эти двух организмов очень сходно. Видимо у личинки миноги это результат рекапитуляции. Палеонтологические материалы, полученные при изучении древних бесчелюстных палеозоя, подтверждают это предположение. Огромный

относительный размер жаберных областей некоторых ископаемых форм не может быть объяснен только дыханием. Видимо, лишь впоследствии прохождение через жаберный аппарат большого количества воды, из которого можно получать кислород, благоприятствовало появлению в этом месте дыхательных структур, и жаберные щели стали выполнять двойную функцию, как у личинки миноги, т.е. в дальнейшем произошла смена функции.

У современных взрослых позвоночных жаберная система в основном утратила функции элемента пищеварительной системы. Хотя нужно отметить, что некоторые рыбы (сельдь, толстолобик, китовая акула) вторично стали использовать жаберный аппарат для фильтрации. Глоточные зубы – результат преобразования последней редуцированной жаберной дуги, представляют еще один пример возврата элементов жаберной системы к участию в питании.

4 Строение жаберного аппарата

В ходе индивидуального развития парный ряд жаберных мешков или щелей возникает у всех позвоночных. У наземных жаберные мешки зарастают, а у водных животных в стенках этих мешков развиваются жабры. Жаберные мешки круглоротых имеют вид круглых полостей с суженными вводной и выводной частями. На стенках расположены складки слизистой в меридиональном направлении – жаберные складки или лепестки. Жаберные мешки хрящевых рыб представлены щелевидными пространствами, лежащими между межжаберными перегородками. На стенках этих перегородок развиваются жабры. У костных рыб жаберные мешки во взрослом состоянии имеют вид щелевидных пространств между соседними жабрами, сидящими на жаберных крышках. У разных первичноводных животных имеется различное количество жаберных мешков или щелей. У круглоротых самая обширная жаберная область: число жаберных мешков может достигать 14, но обычно семь. У рыб обычно пять щелей (у некоторых акул до семи). У некоторых рыб возможно еще большее сокращение количества щелей.

В этом отношении очень интересно брызгальце – рудимент одной из щелей, расположенной между челюстной и подъязычной дугами. Редукция этой щели, от которой осталась только верхняя часть, произошла в результате образования связи между челюстями 8 и подъязычной дугой (амфистилия, гиостилия). Брызгальце, обычное для селлахий, отсутствует у химер. У скатов брызгальце развито особенно хорошо и используется для забора воды, поскольку расположено на спинной стороне тела.

В полости брызгальца есть рудимент жабры – ложножабра. Она имеет особое кровоснабжение. Кровь сюда поступает уже окисленная от выносящей артерии следующей или гиоидной артериальной жаберной дуги. У костных рыб, за исключением хрящевых ганоидов и целаканта, щель брызгальца утрачена. При этом у многих лучеперых изнутри на жаберной крышке сохраняется остаток ложножабры в виде оперкулярной жабры. Таким образом, наблюдается общая тенденция сокращения объема жаберной области как за счет уменьшения количества жаберных щелей или мешков спереди (брызгальце) и сзади (редукция пятой пары у костных рыб). Кроме того, наблюдается и их компактификация, когда жаберные структуры из крупных сферических образований превращаются в щелевидные пространства между соседними жабрами у костных рыб. При этом общая поверхность жабр возрастает в зависимости от уровня активности животного. У очень подвижных рыб относительная площадь жабр выше, чем у малоподвижных.

Круглоротые. Устройство жаберного аппарата достаточно своеобразно и имеет ряд архаичных особенностей. Среди позвоночных у круглоротых самый большой объем жаберной области, что достигается за счет достаточно большого количества функционирующих жаберных элементов. Жаберные полости имеют вид мешков. Тонкие жаберные лепестки свешиваются в полость жаберных мешков. Жаберные мешки охвачены околожабрными синусами, которые представляют собой лакуны, заполненные кровью и лимфой. Благодаря несжимаемости жидкостей, давление, возникающее при

сжатия мышцами жаберной решетки снаружи, приводит к равномерному сжатию жаберных мешков со всех сторон. У круглоротых встречается наибольшее количество жаберных мешков (до 14 у пиявкоротых миксин). У большинства миног и миксин имеется семь пар жаберных мешков. Строение жаберного аппарата у миног и миксин несколько отлично. У миног положение жаберных структур укреплено скелетным элементом – жаберной решеткой, а все наружные каналы открываются во внешнюю среду самостоятельно. У миксин скелетной решетки нет, а все наружные отверстия жаберных мешков открываются наружу единым каналом (кроме пиявкоротых). Для взрослых миног характерно наличие дыхательной трубки, куда открываются внутренние каналы дыхательных мешков. Дыхательная трубка с дистальной стороны слепо замкнута, а с проксимальной стороны связана с пищеварительной системой. Это отверстие трубки прикрывается особой мускулистой перегородкой – парусом. Дыхательная трубка возникает в процессе метаморфоза в виде отделенного вниз от глотки участка пищеварительной трубки. У личинки миноги – пескоройки – и миксин подобная структура отсутствует, и все внутренние отверстия жаберных мешков открываются непосредственно в глотку.

При дыхании вода поступает через ротовое отверстие и внутренние отверстия жаберных мешков, а выводится через наружные отверстия. При питании вода поступает и выводится из мешков только через наружные отверстия. Благодаря наличию назогипофизарного канала, связывающего полость ноздри и глотку, у миксин существует еще один способ вентиляции жаберных мешков. Их преназальный синус расположен на самом переднем конце тела и позволяет дышать, закопавшись в илистые грунты. Движение воды достигается за счет работы особых мускулистых лопастей перед глоткой. Такая связь дыхания и обоняния весьма нехарактерна для водных животных и появляется только у тетрапод.

5 Особенности жаберного дыхания у рыб

Жабры рыб имеют вид пластинчатых выростов слизистой оболочки, поделенных на отдельные лепестки с множеством мелких складок, которые обильно снабжены кровеносными сосудами. У хрящевых рыб жаберные структуры расположены на кожистых межжаберных перегородках, которые имеют свой скелет – (жаберные дуги), мускулатуру и кровоснабжение (артериальные дуги). У селахий все жаберные щели открываются наружу самостоятельно. Свободный край межжаберной перегородки прикрывает следующую щель. Как правило, количество нормально развитых (не считая брызгальца) наружных жаберных щелей не превышает пяти пар. В качестве исключения у самых древних представителей группы может быть семь пар. Первая межжаберная перегородка расположена на подъязычной дуге. Последняя скелетная жаберная дуга не несет перегородки. Жаберные элементы с одной стороны жаберной дуги составляют полужабру, а с двух сторон – целую жабру. Селахии с пятью жаберными щелями имеют 4,5 пар жабры. Первая полужабра расположена сзади на межжаберной перегородке подъязычной дуги. Вентиляция жаберного аппарата в разных случаях происходит за счет поступления воды через рот при плавании, боковых движений головы или мускульного изменения объема глотки.

У хиMER и костных рыб наблюдается процесс редукции межжаберных перегородок в результате параллельного возникновения жаберных крышек. Эти структуры можно рассматривать как аналогичные. Жаберная крышка прикрывает все жаберные щели. Эта структура имеет внутренний скелет и представляет собой разрастание первой, гиоидной межжаберной перегородки. При этом свободные края остальных перегородок редуцируются. У хиMER сохраняется обычно три полных жабры и две полужабры – на первой перегородке сзади и на последней – спереди. Пятая жаберная щель зарастает. Исчезает и брызгальце.

Жаберная крышка костных рыб сформирована комплексом покровных костей. Представители костных рыб демонстрируют разную степень редукции межжаберных

перегородок. У осетровых исчезают только дистальные части межжаберных перегородок. Для лососевых характерно сохранение небольшого рудимента перегородки. Большинство костных рыб лишены межжаберных перегородок, и жаберы расположены непосредственно на костных жаберных дугах. Возникновение подвижной жаберной крышки позволяет усовершенствовать механизмы обновления среды вокруг жабр. С этим отчасти связаны процессы уменьшения жаберной области у химер и костных рыб. В данном случае, в отличие от селахий, жаберная область расположена под черепной коробкой. Движение воды вокруг жабр костных рыб происходит за счет действия двух «насосов»: ротового, который связан с работой мускулатуры дна ротовой полости и жаберного – за счет движения жаберной крышки. Когда рот закрывается, давление в ротовой полости становится положительным, вода идет через жаберы, и в жаберной области возникает небольшое положительное давление. Затем жаберная крышка приподнимается, и давление в обеих полостях падает, причем сначала в ротовой полости. Потом жаберная крышка закрывается, а рот – открывается.

Добавочные органы дыхания рыб Рыбы представляют очень распространенную группу животных, заселившую самые различные водоемы. Не во всех водоемах кислородные условия позволяют дышать только с помощью внутренних жабр. В условиях малопроточных тропических пресных водоемов растворимость кислорода падает с повышением температуры воды, а наличие разлагающейся органики еще больше уменьшает содержание кислорода. Повышенная мутность воды в свою очередь препятствует фотосинтетическому насыщению воды кислородом. У обитателей подобных водоемов развиваются добавочные органы дыхания. К ним можно относить структуры, усиливающие изъятие растворенного кислорода: такие как наружные жаберы или участки покровов, лишенные чешуи, с обильно развитой капиллярной системой.

Участки тела с обильным кровоснабжением известны для ранних стадий онтогенеза рыб. Однако в большинстве случаев решение проблемы сводится к дыханию атмосферным кислородом, поскольку в воздухе кислорода значительно больше. Так, в 1 литре воды растворяется не более 10 см^3 кислорода, тогда как в 1 л воздуха содержится около 210 см^3 кислорода. Принцип действия структур добавочных органов дыхания достаточно сходен: рыба всплывает и захватывает пузырек воздуха, который попадает в специализированную камеру, стенки которой богато снабжены капиллярами. Здесь усваивается атмосферный кислород через пленку воды на поверхности стенок. Такие камеры являются обычно частью пищеварительного тракта либо образованы слепыми выростами его стенок, причем местоположение такого дыхательного участка значительно варьирует от ротовой полости до кишечника и даже клоаки. Чаще всего подобные образования расположены в области глотки, где добавочные структуры дыхания наиболее разнообразны и сложны.

К добавочным органам дыхания атмосферным кислородом можно отнести и легкие двоякодышащих рыб. Переход на активное дыхание атмосферным кислородом может сопровождаться редукцией жаберной системы. У амии и панцирной щуки для этих целей используется плавательный пузырь, который широким протоком связан с глоткой и в связи с этой функцией приобрел, как и легкие, складчатые стенки. Если рассматривать вопрос генетической взаимосвязи плавательного пузыря и легких, то на их негомологичность указывают различия в эмбриональном развитии этих структур. Легкие развиваются как парные выросты брюшной части глотки, тогда как плавательный пузырь – непарный вырост спинной части пищеварительной трубки. Однако в данном случае эмбриологические критерии не могут дать исчерпывающего подтверждения негомологичности этих образований, поскольку известны примеры вторичного изменения положения образования закладок легкого и даже переход к непарности закладок.

К добавочным органам атмосферного дыхания, связанным с глоткой, следует отнести и разнообразные наджаберные органы – углубление спинной стороны глотки с обильным кровоснабжением у змееголова или лабиринтовый орган у лабиринтовых рыб –

сложная система складок со своим скелетом. С глоткой мешкожаберных сомов связаны особые выросты первой пары жаберных мешков, используемые для дыхания. Помимо структур, связанных с глоткой, возможно кишечное дыхание, когда заглатываемый пузырек воздуха пропускается через кишечник, где и идет газообмен. Подобным образом может использоваться и ротовая полость, снабженная капиллярами.

Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризуйте покровное дыхание.
2. Морфо-функциональная характеристика жаберного аппарата рыб.
3. Эмбриональное развитие жаберного аппарата рыб.
4. Опишите добавочные органы дыхания рыб.

Литература [1-3, 5, 6, 8-10]

Лекция 15 Методы изучения распределения и миграции рыб

План лекции:

- 1 Особенности внутривидовой таксономии у рыб
- 2 Основные типы внутривидовых группировок рыб

1 Особенности внутривидовой таксономии у рыб

Общеизвестно, что вид является основной формой организации жизни от бактерий и вирусов до самых сложных организмов. Многообразие жизни предопределяет различия в критериях вида у простейших, водорослей, грибов и других организмов. Проблема вида и видообразования всегда привлекала ученых биологов и философов. В настоящее время, в соответствии с последним изданием Международного кодекса зоологической номенклатуры, выделяются следующие, иерархически соподчиненные таксоны видовой группы: подвид (*subspecies*), вид (*species*), надвид (*superspecies*); родовой группы: подрод (*subgenus*), род (*genus*); группы семейства: триба (*tribe*), подсемейство (*subfamily*), семейство (*family*), надсемейство (*superfamily*).

В любой ихтиологической работе при первом упоминании любого таксона (особенно группы вида) необходимо приводить точное авторство данного таксона, например, *Cottus gobio* Linnaeus, 1758. Это необходимо для однозначного понимания таксономической принадлежности изученного вами организма, так как в истории ихтиологии были нередки случаи, когда под одним и тем же латинским названием разные авторы описывали разные виды, или под одним и тем же названием один и тот же автор в разные годы описал также разные виды. Кроме того, если фамилия автора вида приведена в скобках, то это означает, что вид был впервые описан данным автором под другим родовым названием.

Необходимо отметить, что в отечественной ихтиологической литературе до сих пор иногда используется более дробная классификация внутривидовых группировок рыб, предложенная Л. С. Бергом (1948) и не соответствующая Международному кодексу зоологической номенклатуры. Л. С. Берг выделял две группы таксонов географические (вид, подвид, племя) и негеографические (раса, морфа).

Вид (*species*) - совокупность особей, занимающих определенную географическую область и обладающих рядом определенных признаков, передаваемых по наследству и всегда отличающих данный вид от близких видов. Виды обозначаются биномиально, например, *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) лещ.

Подвид (*subspecies*) - совокупность особей, связанных с близким к ней видом наличием переходных форм, но имеющая определенную область обитания в пределах

видового ареала. Подвид обладает одинаковой с видом стойкостью в передаче наследственных свойств. Подвиды обозначаются триноминально, например, *Abramis brama orientalis* Berg, 1949 - восточный лещ.

2 Основные типы внутривидовых группировок рыб

Племя (natio) - подвид второго порядка. Племя объединяет группу особей, связанных с подвидом переходными формами, имеющую наследственные признаки и определенное место распространения (ареал) в рамках ареала подвида. Обозначается следующим образом: *Luciscus leuciscus baicalensis* natio kirgisorum Berg, 1913 - киргизский елец.

Раса или элементарный вид (infraspecies) - группа стойких форм, связанных с видом переходными признаками, но отличимы по комбинации признаков. Область распространения расы географически не обособлена от ареала вида; иногда расы бывают приурочены к определенным экологическим условиям - глубине, температуре воды, времени нереста, грунту, типу водоема и т.п. Раса обычно передает свои признаки по наследству при изменении внешних условий.

Морфа (morpha) - более или менее выраженное отклонение основного вида или подвида, охватывающее обширные группы особей или периодически целое поколение и вызванное резким изменением некоторых специфических условий существования, например: субстрата, пищи и т.д., а иногда, быть может, зависящее от внутренних причин». Морфы «не имеют географически определенной области обитания, встречаясь спорадически совместно с основной формой. Признаки морфы неустойчивы - при перемене внешних условий морфа также часто изменяется.

В ихтиологической литературе часто встречаются термины, соответствующие разным нетаксономическим внутривидовым группировкам, отражающим особенности образа жизни тех или иных видов рыб. В первую очередь, это такие группировки как стая, скопление, стадо и элементарная популяция. Существуют разные варианты определения этих группировок. Одной из наиболее используемых является классификация по Г. В. Никольскому (1974).

Стая - это более или менее длительная группировка взаимно ориентированных друг на друга рыб близкого биологического состояния и возраста. Такие группировки характерны для массовых пелагических или придонных рыб - сельди, мойва, камбалы, трески и др.

Скопление - это временное объединение нескольких стай или элементарных популяций, образующееся в результате разных причин. Принято различать 3 основных типа скоплений - нерестовые, миграционные, нагульные. Особенно характерны для морских пелагических рыб, проходных и полупроходных видов, а также некоторых пресноводных видов, в последнем случае чаще на местах зимовки.

Стадо (или популяция) - одновидовая разновозрастная самовоспроизводящаяся группировка рыб, населяющих определенный район и привязанная к определенным местам размножения, нагула и зимовки. К примеру, аляutorское стадо сельди, сахалинско-хоккайдское стадо сельди.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите таксоны видовой группы
2. Дайте определение термину «подвид»
3. Чем морфа отличается от племени?
4. Перечислите основные виды скоплений рыб.

Литература [1-5, 9]

Лекция 16 Методы изучения поведения рыб

План лекции:

1 Изучение хода нереста рыб

2 Особенности сбора икры рыб

3 Наблюдение и характеристика биотоп потенциальных мест нерестилищ рыб

Соотношение полов на нерестилищах зависит от особенностей поведения рыб и воздействия различных факторов в период размножения. Так у воблы на нерестилищах преобладают самцы (до 90%) так как самки после икрометания покидают нерестилища, а самцы задерживаются для участия в оплодотворении икры многих самок.

Таким образом, оценка соотношения полов на различных этапах нерестового хода и нереста позволяет составить представление об особенностях нереста и нерестовых миграций, что имеет важное значение для ведения рационального промысла, оценки состояния запасов облавливаемых популяций.

1 Изучение хода нереста рыб

Основными статистическими характеристиками, позволяющими получить объективное представление о характере нереста пресноводных рыб и сопутствующих ему процессах, являются следующие:

- 1) динамика соотношения полов в нерестовом стаде (желательно ежесуточная);
- 2) динамика размерно-возрастной структуры обоих полов в ходе всего нерестового периода;
- 3) интенсивность нереста на протяжении всего нерестового периода (по числу отнерестовавших самок в каждые сутки);
- 4) суточная ритмика интенсивности нереста (почасовая характеристика обилия текущих самок) с параллельным измерением температуры воды;
- 5) гидрологические особенности: температурный режим, колебания уровня воды, освещенность мест нереста, скорость течения, глубина нереста, ветровой и волновой режимы, защищенность мест икрометания;
- 6) особенности полового диморфизма данного вида рыб в нерестовый период по сравнению с до- и посленерестовым;
- 7) характер нерестилищ по составу грунта (песок, ил, галька), наличию подводной растительности (свежей, перегнившей), закапывание икры в грунт или откладка ее на поверхность.

Очевидно, что для получения объективной картины хода нереста, необходимо проводить изъятие рыб из водоема наименее селективными орудиями лова - неводами, тралями, подъемниками. Если в распоряжении имеются только ставные орудия лова (сети), то необходимо использовать стандартный по размеру ячеи (от 16 до 70 мм) набор сетей. При этом анализировать пробы нужно отдельно из каждой сети, иначе могут быть получены искаженные данные о размерно-возрастном и половом составе нерестового стада. Для выявления статистически достоверной информации о структуре нерестового стада желательно организовать обработку ежесуточно не менее 50-100 особей изучаемого вида.

Сведения о возрастной структуре нерестового стада вносятся в журнал наблюдений после определения возраста выборочно взятых разноразмерных зрелых особей рыб для чего у каждой из них берут чешую или другие регистрирующие структуры. Обычно для характеристики возрастной структуры нерестовой популяции достаточно 300-500 экземпляров для размерной структуры - более 1000 особей в случае анализа процесса нереста у массовых видов рыб.

Одной из важных и, как правило, слабо изученных характеристик нереста рыб является степень использования ими биотопически пригодных нерестилищ, что может быть очень существенным показателем для оценки перспектив динамики численности данного вида рыб. Для получения соответствующих данных необходимо параллельно с изучением перечисленных выше особенностей нереста рыб проводить учет (с картографической привязкой и оценкой размеров в единицах площади) степени использования рыбами пригодных для них нерестилищ и заносить соответствующие данные в журнал или дневник наблюдений.

У некоторых рыб проводится сбор проб отложенной икры ихтиопланктонной сетью или ловушкой (сиговые) для последующего определения фонда отложенной икры и прогноза

урожайности поколения с пересчетом на численность участвовавших в нересте самок.

2 Особенности сбора икры рыб

Сбор донной икры (сарповые, окуневые и др.) производится редко, но возможен специальным скребком на мелководных нерестилищах для определения плотности кладок и также для расчета фонда отложенной икры. Нередко такие работы проводятся с использованием искусственных нерестилищ (обычно это сетное полотно, редко так называемые веники из хвойных пород), с которых периодически собирают пробы икры. В период нереста необходимо вести подробный дневник или журнал наблюдений о ходе нереста (икрометания). В него вносятся следующие данные: время суток, когда идет нерест, ежесуточная температура воды начала и окончания икрометания, характер икрометания (субстрат, если он используется), кислородный режим, освещенность, биотопическая приуроченность (какая часть водоема, глубина, наличие течения, характер грунта, водная растительность), ветровой и волновой режим, присутствие на нерестилище других видов рыб и их поведение.

Для рыб, нерестящихся в сезон весна-лето, наблюдение за нерестом следует проводить лучше весной. В реках – с началом половодья (с момента залития прибрежной зоны, поросшей луговой растительностью, служащей для большинства видов рыб местом нереста) или с момента распаления льда. В то же время есть группа осеннерестующих (сиговые, голец) и даже зимнерестующих (налим) рыб. Для этих рыб обычно характерны достаточно длительные периоды преднерестовых миграций. Например, некоторые рыбы имеют достаточно протяженные миграционные пути для этих видов в пределах их ареалов. Период миграций (хода) продолжается больше полутора-двух месяцев, и производители появляются на нерестилищах уже осенью, накануне нереста. К сожалению, из-за сложности маршрутов миграционного хода при усилении вылавливания в процессе хода на нерестилища, увеличении антропогенной нагрузки, численность некоторых высокоценных видов рыб постоянно снижается или находится в критическом состоянии.

Научно-исследовательские данные по большинству промысловых и потенциально ценных видов позволяют достаточно точно прогнозировать приблизительные сроки нереста рыб. Постоянные наблюдения необходимо вести за нерестом как промысловых, так и непромысловых видов рыб, проводить их на одних и тех же местах систематически, желательно через день, но не реже 2 раз в неделю. При этих наблюдениях проводится контрольный лов рыбы.

Анализ улова позволяет определить видовой и количественный состав рыб, а также степень зрелости их половых продуктов. Лов взрослых рыб (помогает определить сроки нерестового хода и места нереста) осуществляется в период нерестового хода и нереста (конец апреля – май) не реже чем 1 раз в 3 дня. При этом необходимо учитывать и записывать в дневниках и журналах (по нересту) следующие данные: название водоема, место наблюдений, глубина, течение (есть или нет), температуру воды (измеряется у поверхности, в придонных слоях, в 7, 13 и в 21 ч), содержание растворенного в воде кислорода, активную реакцию среды (рН), отмечать растительность, возвышенные участки и т.п.

3 Наблюдение и характеристика биотоп потенциальных мест нерестилищ рыб

Одновременно с наблюдениями и характеристикой биотопов потенциальных нерестилищ ведутся наблюдения за появлением в них производителей различных видов рыб. Для этого используются ставные сети с различной ячеей, мальковая волокуша, разные ловушки, выставляемые на различных участках залитой площади. В момент обнаружения первых производителей разных видов необходимо отмечать температуру воды, а также проводить биологический анализ рыб (размеры, пол, стадию зрелости половых продуктов, наполнение желудочно-кишечного тракта пищей). С момента обнаружения производителей необходимо устанавливать места нереста, которые обычно не бывают рассеянными по всему водоему, а сосредоточиваются на небольшом участке. Установленные нерестилища необходимо посещать через день-два и, во всяком случае, не менее 2 раз в неделю и вместе с тем осматривать весь участок для выяснения таких вопросов: как долго выметывает икру рыба на одном и том же месте, переходит ли она на другое место и куда именно, избирают ли рыбы для нереста из года в год одни и те же определенные места или это происходит путем случайного распределения.

Важно выяснять, в каких местах больше нерестится рыба (на открытых, среди зарослей, равномерно по всему водоему, на одинаковой или разной глубине), наблюдается ли нерест только одного вида или нескольких видов, найдена ли икра на месте нереста. Для лова нерестящихся производителей можно использовать мелкоячеистую волокушу, частую (ячейка 22–24 мм) плавную сеть. Эти орудия лова используются при массовых сборах для определения видового, полового и

возрастного состава производителей или для их массовых промеров. Для выяснения полового состава рыб при каждом посещении нерестовых площадей, необходимо облавливать и прибрежные зоны, и центральные участки. При этом учету подлежат размеры, пол и степень зрелости половых продуктов (стадия) рыб. Отмечаются и подробно описываются также все случаи и места нахождения взрослых рыб, охраняющих кладку икры в гнездах (судак, сом). Наблюдения на нерестилищах (объезд отдельных участков) ведутся не реже одного раза в 3–5 дней. Путем визуальных наблюдений не всегда можно установить, какие рыбы выметывают икру на обследуемом нерестилище или на подходе к нему. Многие рыбы преимущественно нерестятся рано утром, а к середине дня икрометание почти прекращается. При каждом посещении нерестилища надо определить его площадь (хотя бы приблизительно), измерять высоту стояния воды и ее температуру.

За начало икрометания конкретного вида рыб надо считать момент первого обнаружения самок с текучей икрой и появления выметанных (а возможно, и оплодотворенных) икринок или непосредственное наблюдение за процессом нереста. Появление отнерестившихся самок (с выметанной икрой, VI стадия зрелости гонад), а также прилипшей к сетям икры, служит доказательством того, что нерест уже начался, но в распознавании икры (какому виду она принадлежит) надо быть очень осторожным в виду (внешнего морфологического) сходства ее у разных видов (карповые, окуневые и др.). Массовый нерест приходится на тот период времени, когда на нерестилищах в уловах встречаются в массовом количестве самки с текучей икрой. За конец икрометания следует принимать последнее обнаружение самок с текучей икрой (V стадия) или на стадии выбоя (VI стадия). Этот способ приемлем для многих рыб.

Икра многих рыб приклеивается к растениям и другим органическим остаткам. В каждом обследуемом водоеме просматривается растительность, добытая руками, сачком, шестом, веслами и т.п. Икру осетровых можно выловить только специальными орудиями лова (икорной сетью, драгой, тралом, дночерпателем). Для характеристики нереста рыб с донной прилипающей икрой практикуются объезды нерестовых участков, во время которых через каждые 20, 50 и 100 м (в зависимости от площади водоема) просматривается растительность для обнаружения на ней икры. Место нахождения икры должно быть подробно описано: следует указать название водоема, его глубину, температуру воды, время обследования, вид растительности и много ли на ней икры (на единичных растениях встречается она или на многих, расположена ли она кучно или рассеяно и т.п.).

У некоторых рыб (плотва, лещ, сазан и др.) интенсивность нереста можно определять по распределению кладок икры на учетных площадках. Такие площадки (1 × 1 м) закладываются только после того, как проведен предварительный осмотр водоема. Число этих площадок зависит от размеров водоема, но, во всяком случае, их должно быть не меньше трех и выбираются они в разных местах водоема. На каждой площадке проводится полный подсчет икры, а затем рассчитывается средняя величина. Для учета икры на площадках делают специальные железные или деревянные рамки, размеры которых могут быть разными (20 × 20 см, 50 × 50 см, 1 × 1 м). Рамки кладут на дно и внутри них срезают всю растительность вместе с икрой. Часть икринок (50–100 шт.) следует брать на инкубацию для определения ее видовой принадлежности. Иногда на одних и тех же местах происходит повторный нерест рыб, поэтому рекомендуется на отдельных площадках учет проводить не менее 2–3 раз.

Инкубирование икры проводят в чашках Петри. Воды в них наливают немного, икру распределяют в один слой. Если икра найдена прилипшей к субстрату (растительности), то ее не отрывают (чтобы не повредить оболочку), а переносят в сосуд для инкубирования вместе с субстратом, удалив осторожно ножницами или пинцетом лишние части растений. Воду лучше всего брать из водоема, в котором найдена икра (водопроводной или колодезной водой пользоваться нельзя). Сосуды с икрой ставят в такие места, где нет прямого солнечного света. Воду в сосудах можно менять 1 раз в день и даже реже, за исключением тех случаев, когда инкубируется икра, развитие которой в естественных условиях происходит на течении или требует большого количества кислорода. Можно помещать икру и в проточные аквариумы или садки, обтянутые шелком или марлей, но следует учесть, что в реке садок очень быстро заносится илом. При смене воды в сосудах с икрой, свежую воду следует предварительно некоторое время (30 мин – 1 ч) подержать в том же помещении, где инкубируется икра, чтобы не было большой разницы температур, иначе икра может погибнуть.

После вылупления предличинок из икры, часть их (5–10 экз.) немедленно фиксируют, а часть оставляют еще на 2–3 сут, затем через определенные промежутки времени их снова

фиксируют, что облегчает дальнейшее определение их видовой принадлежности. Зная видовую принадлежность икры и сроки ее инкубации в водоеме, можно более точно установить и дату нереста. Следует учитывать, однако, и то обстоятельство, что продолжительность инкубации икры в очень большой степени зависит от температуры воды.

Для учета условий, интенсивности и продолжительности нереста следует как можно чаще посещать одни и те же нерестилища (известные), отмечая параллельно с проводимыми биологическими исследованиями и ряд метеорологических и гидрологических явлений (температура воды, направление и сила ветра, высота уровня воды, волнение и т.п.), по возможности не тревожа производителей, не распугивая их и не проводя общего облова на этом нерестилище. При этом следует обращать внимание на то, есть ли на нерестилищах какие-либо хищники из рыб, птиц, причиняющих вред рыбе (поедание самой рыбы или её икры). Для учета уходящих (скатывающихся) с поймы производителей используются ставные сети, всевозможные ловушки (вентеря, морды, котцы и др.), при этом необходимо обращать внимание на размеры, пол и наполнение пищей желудочно-кишечного тракта у рыб, отловленных тем или иным орудием лова.

Одновременно с наблюдениями за нерестом, необходимо следить за судьбой отнерестившейся рыбы (остаётся ли она на месте нерестилищ, как долго и в каком количестве или сразу же скатывается). У оставшейся на месте нерестилищ рыбы необходимо учитывать вид, размеры, пол, степень наполнения желудка и кишечника, а также продолжительность задержки рыб на пойме и время ухода (ската). При этом следует указать и характер ухода рыбы – в массе, стаями или поодиночке (еще лучше, если это осуществлено будет по видам рыб). При всех наблюдениях (и вскрытиях) по рыбе, находящейся на месте нерестилищ, необходимо собирать данные по ее питанию, определяя: количество питающихся особей среди самцов и самок, их половую зрелость (по гонадам), количество пищи (по наполнению желудочно-кишечного тракта). Эти наблюдения нужно проводить в различных участках водоема и на нерестилищах и сопоставлять их с данными рыб в разное время лова (до нереста, во время его и после икрометания). Следовательно, наблюдения за нерестом рыбы можно проводить по взрослым рыбам (надо знать состояние зрелости их половых продуктов и иметь данные по наблюдению за процессом икрометания), а также по икре, личинкам (на самых ранних этапах их развития) и малькам. Эти данные служат дополнительным, а часто основным материалом при оценке сроков и мест нереста рыб.

Метод оценки нерестилищ рыб по их личинкам основан на изучении особенностей поведения и распределения личинок разных видов рыб на местах вылупления их из икры. Установлено, что подавляющее большинство личинок рыб, у которых донная прилипающая икра, обитают на нерестилищах со дня вылупления из икры и до конца личиночного этапа С. Следовательно, места нереста рыб в таких водоемах можно определять по нахождению предличинок и личинок на этапе С. Личинки старших возрастов могут мигрировать в более отдаленные участки пойм, реки и т.п.

На нерестилищах речного типа (реках, водохранилищах) в местах с быстрым течением, на глубоких местах личинки на местах вылупления обитают недолго. К моменту рассасывания желточного мешка они мигрируют и скатываются далеко от мест рождения. Места нереста рыб в таких водоемах можно определять только по нахождению предличинок. По нахождению предличинок и личинок можно легче и точнее установить начало нереста рыб, чем по взрослым рыбам – производителям, так как выловить первую самку с текучей икрой труднее, чем поймать личинок.

Сроки нереста очень часто приходится уточнять, пользуясь способом нахождения личинок. По этому же способу легче установить нерестовые площади отдельных видов, так как не везде и не всегда можно ловить в нужном количестве взрослых рыб. Можно ежегодно определять интенсивность нереста по учету личинок на местах размножения. Но следует учитывать то обстоятельство, что иногда успешный нерест и высокие урожаи молоди не совпадают с успешным нерестовым ходом и большим количеством производителей рыб данного вида.

Зная сроки инкубации икры и продолжительность развития личинок рыб, можно произвести соответствующие расчеты и определить сроки нереста того или иного вида рыб. Располагая данными о сроках и местах икрометания отдельных видов рыб, можно определить их нерестовые площади и интенсивность нереста. Для установления даты начала нереста надо провести однократный лов личинок в разных местах водоема. Для определения мест, площади и продолжительности нереста, лов личинок надо вести в течение всего нерестового сезона. Эти

данные могут быть использованы также и для учета распределения молоди в водоеме (на нерестилищах), установления количественного соотношения отдельных видов рыб и т.п.

Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризуйте методы поиска скоплений рыб.
2. Особенности изучения хода нереста рыб
3. Миграции. Методы изучения миграций рыб

Литература [1-3]

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саускан, В. И. Система организации рыбохозяйственных исследований в России и за рубежом : учебное пособие / В. И. Саускан. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 184 с. — ISBN 978-5-8114-3065-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169241> (дата обращения: 11.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Романов, В.И. Методы исследования пресноводных рыб Сибири: учебное пособие // В.И. Романов, А.П. Петлина, И.Б. Бабкина. – Томск: Томский государственный университет, 2012 – 252 с.
3. Котляр, О.А. Методы рыбохозяйственных исследований (ихтиология) учебное пособие / О.А. Котляр. – Рыбное. – 2004. – 180 с.
4. Калайда, М.Л. Методы рыбохозяйственных исследований: учебное пособие для студентов вузов./ М. Л. Калайда, Л. К. Говоркова. - СПб.: Проспект Науки, 2013. - 288 с.
5. Корпачев, В.С. Водные ресурсы и основы водного хозяйства / В.С. Корпачев, И. А. Бабкина. - СПб.: Изд-во: Лань, 2012. – 384 с.
6. Пряхин, Ю.В. Методы рыбохозяйственных исследований. Учебное пособие / Ю. В. Пряхин, В. А. Шкицкий. - Ростов н/Д,: ЮНЦ РАН. - 2008.- 251 с.
7. Тылик, К. В. Водные биоресурсы и аквакультура. Введение в профессию: учебное пособие для вузов / К. В. Тылик ; Управление науки и образования Федерального агентства по рыболовству. - СПб. : Лань, 2014. - 138 с.
8. Дгебуадзе Ю.Ю. Экологические закономерности изменчивости роста рыб / Ю.Ю. Дгебуадзе.– М.: Наука, 2001. - 276с.
9. Зиновьев, Е.А. Методы исследования пресноводных рыб / Е.А. Зиновьев, С.А. Мандрица. - Пермь: 2003.-113с.
10. Шibaев, С. В. Промысловая ихтиология: учеб. / С. В. Шibaев. - СПб: Проспект Науки, 2007. - 399 с.

Сабрие Серверовна Зинабадинова

Методология и организация рыбохозяйственных исследований

Конспект лекций
для студентов направления подготовки
35.04.07 Водные биоресурсы и аквакультура
очной и заочной формы обучения

Тираж _____ экз. Подписано к печати _____.
Заказ № _____. Объем 5,55 п.л.

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»
298309 г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82.