

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Т. С. Гулина

МЕТОДЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебно-методическое пособие по выполнению практических работ для
студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура

Профиль программы
«ИНДУСТРИАЛЬНАЯ АКВАКУЛЬТУРА»

Калининград
2025

УДК 502, 639.2.081

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов
и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ» Гончаренок О.Е.

Гулина, Т. С.

Методы рыбохозяйственных исследований: учеб.-метод. пособие по выполнению практических работ для студ. бакалавриата по напр. подгот. 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура (профиль «Индустриальная аквакультура»)/ Т. С. Гулина. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2025. – 68 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению практических работ по дисциплине «Методы рыбохозяйственных исследований» представлены учебно-методические материалы по освоению тем, включающие подробный перечень тем, вопросы для самоконтроля.

Табл. 23, рис. – 17, список лит. – 7 наименований

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» «24» октября 2025 г., протокол № 9.

УДК 502, 639.2.081

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2025 г.
© Гулина Т. С., С. 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	6
2 ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	7
Список рекомендованных источников.....	61
Приложение А Карточка анализа видового и размерного состава улова.....	62
Приложение Б Шкала зрелости половых продуктов.....	63
Приложение В Образец чешуйной книжки.....	64
Приложение Г Критические значения t-критерия Стьюдента.....	65
Приложение Д Варианты для расчета параметров линейного роста рыб по уравнению Берталанфи.....	66
Приложение Е Образец оформления табличного и графического материала по половой и репродуктивной структуре.....	67

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие разработано для направления подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура (для очной и заочной форм обучения) по дисциплине «Методы рыбохозяйственных исследований», входящей в профессиональный модуль части, формируемой участниками образовательных отношений.

Целью освоения дисциплины «Методы рыбохозяйственных исследований» является формирование знаний, умений и навыков по основополагающим в прикладной ихтиологии методам сбора и первичной обработки ихтиологических материалов, пользования основными методиками анализа популяций рыб, оценки ее структурно-биологических показателей и взаимосвязи этих показателей с состоянием популяции и ихтиоценоза в целом.

В результате освоения дисциплины у обучающегося должен сформироваться комплекс знаний, позволяющих проводить оценку состояния водных биологических ресурсов по результатам рыбохозяйственных исследований.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- принципы ведения баз данных биологической информации;
- методику составления размерно-возрастного ключа для целей мониторинга водных биологических ресурсов по результатам ихтиологических исследований;
- методику камеральной обработки полевых ихтиологических материалов;
- порядок оценки состояния водных биологических ресурсов;
- состав и структуру промысловой статистики для целей мониторинга водных биологических ресурсов по результатам ихтиологических исследований.

уметь:

- производить камеральную обработку регистрирующих структур для определения возраста, проб по питанию, плодовитости;
- определять возраст рыб по регистрирующим структурам, в том числе с использованием микроскопирования;
- обрабатывать материалы по питанию рыб и плодовитости;
- вести документацию по результатам камеральной обработки;
- вести базы данных биологической информации для целей мониторинга водных биологических ресурсов по результатам ихтиологических исследований;

- применять методики расчета стандартных биологических параметров популяций (видового, размерного и возрастного состава уловов), составления размерно-возрастного ключа;

- оценивать состояние популяций рыб по основным биологическим показателям;

- использовать данные промысловой статистики в профессиональной деятельности.

владеть:

- навыками полевых исследований;

- навыками ведения документации;

- навыками ведения банка данных водных биологических ресурсов для целей мониторинга водных биологических ресурсов по результатам ихтиологических исследований;

- навыками проведения оценки состояния водных биологических ресурсов;

- навыками осуществления контроля промысла в зонах конвенционного рыболовства для целей мониторинга водных биологических ресурсов по результатам ихтиологических исследований

Знания, полученные на практических занятиях по данной дисциплине, могут быть использованы при проведении научных исследований и при прохождении различных видов практик: учебная практика – технологическая практика, производственная практика – технологическая практика, производственная практика – научно-исследовательская работа. Студенты знакомятся с навыками сбора и консервации ихтиологического материала, их обработки и анализа.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Осваивая курс «Методы рыбохозяйственных исследований», студент должен научиться работать на лекциях, практических работах, ЭИОС и организовывать самостоятельную работу.

Практические занятия – форма учебной работы, которая проходит под руководством преподавателя и предполагает активное участие и взаимодействие студентов. Такой тип занятий обеспечивает связь теории и практики и позволяет студентам углублять теоретические знания, полученные на лекции и в ходе самостоятельной работы, переводить их в практические умения и навыки, а также подготавливаться к следующему блоку информации. Занятие может проходить в разных формах, но при любой его форме, обязательной для студента является предшествующая ему и последующая за ним, самостоятельная работа с литературой.

Для качественного выполнения практических работ, независимо от их формы, а также в целях усвоения знаний, умений и навыков важна предварительная самостоятельная работа студента (необходимо изучить теорию вопроса). При подготовке к практическим занятиям студент изучает конспекты лекций и рекомендованную литературу по теме; просматривает таблицы, диаграммы и другие визуально-графические материалы; почитать правила и методические рекомендации.

Задачи практических занятий помогают студентам достичь поставленных целей, научиться использовать знания и умения для решения определенных заданий; применять исследовательские методы; самостоятельно готовиться к практическим занятиям; учиться делать выводы самостоятельно.

2 ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Тема: МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ МАССОВЫХ ПРОМЕРОВ

Цель работы: Ознакомление с сутью и технологией проведения массовых промеров.

Теоретический материал

Промер рыбы осуществляется для различных целей выявления их размерных характеристик в улове, изучения роста, установления промысловой меры, определения допустимых размеров ячеи орудий лова, популяционных исследований (распознавания отдельных подвидов и местных форм).

Выловленная рыба по каждому орудию лова сразу же подвергается обработке. Для этого улов разбирается по видам, улов каждого вида взвешивается, а затем подвергается массовым промерам. Промеры обычно выполняют два наблюдателя. Один человек производит измерение промысловой (L), зоологической (Lz) длины рыбы или длины по Смитту (Ls) (для определенных видов рыб и водоемов приняты те или иные стандартные показатели), второй заносит результаты измерения в ведомость массовых промеров способом «точкования». В ведомости промеров для каждого вида рыбы обязательно указывается какая длина измерялась:

- зоологическая длина (абсолютная или биологическая длина) (Lz) – длина рыбы от вершины рыла до вертикали конца наиболее длинной лопасти хвостового плавника при горизонтальном положении рыбы (до заднего края хвостового плавника);
- промысловая длина (L) – расстояние от вершины рыла до конца чешуйного покрова или основания средних лучей хвостового плавника;
- длина по Смитту (Ls) – расстояние от вершины рыла до конца средних лучей хвостового плавника.

Измерение обычно производится с точностью до наименьшего целого сантиметра, например, рыба длиной от 25,0 до 25,9 см относится к размерной группе 25 см. Для мелких видов рыб возможно использование шага размерной группы равного 0,5 см, а для крупных - 2-5 см.

В процессе проведения массовых промеров для каждого орудия лова составляется отдельная ведомость (приложение А). При использовании стандартных порядков сетей возможно использование одной ведомости с обязательным занесением данных массовых промеров отдельно по каждой ячейности. Запрещается объединять в одну ведомость промеров уловы из разных орудий лова.

Объем материала, подвергаемого массовым промерам, определяется величиной улова. В том случае, когда улов какого-либо вида не превышает 200-500 экз. промерам подвергается весь улов, в противном случае, из улова берется

случайная выборка (также не менее 200 экз.), а затем производится пересчет результатов промеров выборки на весь улов.

Пример заполнения ведомости массовых промеров приведен ниже.

В результате проведения контрольного облова пойманы два вида рыбы – плотва и сиг следующих размеров (см):

плотва (L): 13.3, 14.4, 15.6, 13.1, 13.8, 13.5, 14.2, 13.6, 12.0, 13.8 13.3, 14.3, 13.1, 14.3, 12.9, 14.1, 13.1, 13.0, 14.5, 12.5

сиг (Ls): 17.3, 17.7, 18.7, 18.2, 17.1, 18.7, 16.7, 17.9

После точкования ведомость массовых промеров для этих видов будет выглядеть следующим образом:

Вид	Длина	Размерная группа								Всего
		11	12	13	14	15	16	17	18	
Плотва	L		∴			.				20
Сиг	Ls						.			8

Порядок выполнения работы

Студенты разбиваются парами, получает свежую рыбу и приступают к проведению массовых промеров в следующем порядке:

1. Занесение в шапку ведомости массовых промеров необходимой информацией о вылове (водоем, дата, орудие лова т.д.).
2. Сортировка улова по видам рыб.
3. Измерения длин всех рыб одного вида (Lz, L, Ls) с последующей точковкой.
4. Определение общей массы рыбы одного вида.
5. Повторение операции со всеми другими видами рыб.

Ведомость массовых промеров после заполнения анализируется (определяется видовой и размерный состав уловов, количество видов в улове, доминирующие и малочисленные виды, количественные характеристики, описывающие улов и т.д.), после чего проверяется преподавателем и защищается студентом.

Тема: ПОЛНЫЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЫБ

Цель работы: Ознакомление с правилами и технологией проведения полного биологического анализа.

Теоретический материал

Полный биологический анализ (ПБА), наряду с определением видового и размерного состава уловов, является одной из важнейших составляющих комплекса работ по сбору материала, проводимых при полевых ихтиологических исследованиях. Он позволяет в полевых условиях определить их размерно-весовые характеристики особей, получить представление об их биологическом состоянии и характере питания. Основываясь на данных, собранных в ходе проведения ПБА, после обработки и анализа материала, возможно решение следующих задач:

- оценка темпа линейного и весового роста рыб;
- составление размерно-возрастных ключей;
- определение половой структуры, темпа возраста полового созревания.

Взятие пробы для проведения биологического анализа осуществляется не по возрастным, а по размерным группам. Считается, что достижение достаточной точности обеспечивается при отборе 20-25 экз. рыб каждого сантиметра.

Биологический анализ включает в себя определение длины, общей массы каждой отобранной особи, ее массы без внутренностей, пола и стадии зрелости половых продуктов, балла наполнения желудочно-кишечного тракта и ожирения. В лабораторных условиях по собранным в ходе ПБА регистрирующим структурам определяется возраст.

Измерение длины рыбы.

Измерения длины рыбы производится с помощью специальной измерительной доски. В исключительных случаях допускается применение обычной мерной линейки или ленты.

Следует иметь в виду, что при проведении биологического анализа у всех видов рыб измеряется две длины: зоологическая (общая, абсолютная) (обозначение L_z) - от вершины рыла до конца лучей хвостового плавника и промысловая (L) от вершины рыла до конца чешуйного покрова, а у бесчешуйных рыб - до основания средних лучей хвостового плавника. Кроме того, у лососевых, сиговых, а в некоторых случаях у сельдевых и окуневых также измеряется и длина по Смитту (L_s) — от вершины рыла до развилки хвостового плавника.

Определение массы тела.

Индивидуальное взвешивание может производиться на весах различной конструкции.

Масса мелких рыб определяется с точностью до 1 г, а крупная - с точностью до 5-10 г.

Взятие чешуи или других структурных элементов (отолитов, жаберных крышек, лучей плавников) для определения возраста

Чешую принято брать у начала спинного плавника выше боковой линии. Однако, как показывает практика, у ряда особей в этой части тела чешуя бывает повреждена, и годовые кольца на такой чешуе различаются недостаточно четко. В этой связи рекомендуется отбор чешуи у одной и той же особи, осуществлять с двух участков тела: традиционного, как указано выше, и с того участка, где чешуя наиболее крупная и светлая (как правило за основанием грудного плавника).

Перед взятием чешуи этот участок тела в обязательном порядке по направлению от головы к хвосту очищается скальпелем или тупой стороной ножа от слизи, грязи и чешуи других рыб, а затем обычным соскобом скальпеля или ножа берут 10-20 чешуй и помещают в чешуйную книжку. Необходимо следить и за тем, чтобы на ноже не оставались чешуи с другой рыбы.

Нет четких рекомендаций, какое количество чешуи необходимо собрать с одной особи. Нужно исходить из того, что в месте сбора может находиться не только пригодная для определения возраста чешуя, но и поврежденная или регенерированная. Поэтому необходимо собирать такое количество чешуи, из которого впоследствии можно было бы отобрать не менее 10 качественных чешуй.

Лучи берутся из грудного, брюшного или спинного плавников (обычно берутся те лучи, которые имеют большую толщину). Для этого один или несколько первых лучей отделяют ножом от остальных, делается надрез к основанию луча и луч выламывается. Для определения возраста луч обязательно нужно брать вместе с сочленовной головкой, нельзя вырезать лучи ножницами. Взятые лучи помещаются в чешуйную книжку.

Жаберная крышка берется у окуня. Вначале ножом соскабливается слой эпителия, покрывающий крышечную кость, стараясь ее не поцарапать. Затем нож вводится между крышечной и покрывной костями так, чтобы он прошелся по стыку крышечной и межкрышечной. Затем вращательным движением руки крышка отрывается вместе с сочленовной головкой. Если она держится плотно, то подрезаются сухожилия или мышцы, ее держащие. Крышки укладываются в кармашек чешуйной книжки.

Отолиты – парные образования, лежащие в слуховых капсулах справа и слева от головного мозга. Для мелких рыб отолиты берут сверху головы: скальпелем или ножом делается надрез в затылочном отделе в месте начала чешуйного покрова, либо мышц туловища. Глубина разреза составляет примерно половину высоты головы. Для крупных рыб берут снизу: ножом разрезают нижнюю челюсть от истмуса до симфизиса, чтобы увидеть небо рыбы. В месте примерно соответствующему началу чешуйного покрова, либо началу мышц туловища делается надрез на половину высоты головы. Отолиты расположены между основной затылочной и переднеушными костями, имеют вид белых зернышек круглой или продолговатой формы, мелких или крупных в зависимости от размеров рыбы. Отолиты помещаются либо в кармашек чешуйной книжки, либо в специальные пакетики, на котором так же, как и на листках чешуйной книжки, указывается вся информация о рыбе.

Вскрытие рыбы

Вскрытие рыбы при небольших объемах выборки, как правило в лабораторных условиях, производится ножницами или скальпелем по направлению от анального отверстия к голове. В экспедиционных же условиях, при значительном количестве особей, подвергаемых биоанализу, целесообразно осуществлять вскрытие рыб скальпелем или ножом по направлению от головы к анальному отверстию. Такой способ вскрытия ощутимо ускоряет процесс и обеспечивает более высокую степень безопасности при работе с режущим инструментом.

В любом случае вскрытие должно быть произведено таким образом, чтобы можно было отодвинуть ребра и хорошо рассмотреть содержимое брюшной полости и определить необходимые показатели.

Определение степени наполнения желудочно-кишечного тракта

Идентификация наполнения производится как в целом для желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), так и по трем его отделам: пищевод, желудок и кишечник, а у безжелудочных рыб по переднему, среднему и заднему отделам кишечника.

Наполнение определяется визуально по шестибалльной шкале Лебедева, которая имеет следующие градации:

- 0 - «пусто» - желудок или отдел кишечника пуст;
- 1 - «единично» - встречаются отдельные организмы;
- 2 - «слабое наполнение»;
- 3 - «среднее наполнение»;
- 4 - «много» - желудок или отдел кишечника полон;
- 5 - «масса» - желудок растянут и сквозь его стенки видно содержимое.

Результат визуального определения наполнения желудочно-кишечного тракта записывается в виде трехзначного числа, где первая цифра - степень наполнения пищевода, вторая желудка и третья - кишечника (например: 031 или 053).

Определение степени ожирения внутренностей

Наиболее широко распространенным методом определения жирности рыб является визуальное определение степени ожирения внутренностей, которое осуществляется по четырехбалльной шкале:

0 - жира на кишечнике нет;

1 - «слабое ожирение» - следы жира в виде тонких беловатых тяжей на кишечнике до 1/3 кишечника;

2 - «среднее ожирение» - кишечник покрыт жиром от 1/3 до 3/4;

3 - «сильное ожирение» - весь кишечник покрыт жиром.

Определение пола и степени зрелости половых продуктов

Определение пола и стадии зрелости половых продуктов осуществляются визуально. Для обозначения пола в биологической документации приняты следующие символы:

juv (J) ювенальные (неполовозрелые) — пол не различим;

♀ (F) - самки;

♂ (M) - самцы.

Для идентификации стадий зрелости половых продуктов используются шкалы зрелости гонад. Наибольшее распространение получила шестибалльная шкала (приложение Б).

Для идентификации зрелости гонад целого ряда рыб, в том числе рыб с порционным нерестом, используются более сложные шкалы, которые точнее отражают состояние половых продуктов в различные периоды их развития. У порционно-нерестующих рыб для самок принято двойное обозначение стадии зрелости: например, если первая порция икры выметана, перед обозначением второй порции ставится цифра VI. Так, VI-IV означает, что первая порция икры выметана, а вторая находится на IV стадии. Кроме того, у некоторых видов рыб применяются специальные более сложные шкалы зрелости половых продуктов.

Взвешивание гонад и сбор проб на плодовитость

Гонады (чаще всего яичники) осторожно вынимаются из брюшной полости и взвешиваются на весах. Если объем гонад небольшой, они берутся полностью. Если гонады большие, то после их взвешивания из трех участков (переднего, среднего и заднего) берется по куску гонады (обычно 5-10 г, причем чем мельче икринки, тем меньше навеска).

При сборе проб для определения плодовитости, которое проводится в камеральных условиях, яичники в IV стадии зрелости (после их взвешивания) этикетировываются и фиксируются в 4%-м растворе формалина.

Сбор проб на питание

При специальных сборах материала для камерального исследования питания - вырезается весь желудочно-кишечный тракт, этикетировывается и фиксируется 4% раствором формалина, нейтрализованного содой или мелом.

Определение массы рыбы без внутренностей

После вскрытия рыбы и удаления внутренних органов, расположенных в брюшной полости, определяется масса рыбы без внутренностей – вес «порки». Этот показатель дает более точное значение массы исследуемой особи, т.к. исключает массу гонад, которая оказывает особенно сильное влияние у самок, находящихся на стадиях зрелости, а также массу пищевого комка, имеющего существенное значение для хищных рыб.

Оформление документации

Все данные биологического анализа записываются в специальный журнал («Журнал биологического анализа»), а основные данные (все измеренные длины, масса особи, пол, стадия зрелости половых продуктов, степень наполнения желудочно-кишечного тракта и степень ожирения внутренностей) - также и в чешуйную книжку (приложение В).

В обоих видах документации в обязательном порядке также фиксируется следующая информация:

- вид рыбы;
- водоем, промысловый квадрат (участок), географические координаты места наблюдения (если имеется возможность таковые определить);
- дата и время начала и конца лова;
- тип, спецификация и селективные характеристики орудия лова (минимальный шаг ячеи, размер крючка) из которого был взят материал для анализа.

Биологический анализ удобнее производить вдвоем - втроем, чтобы один из участников мог вести все записи.

Порядок выполнения работы

Студент получает свежую рыбу и приступает к проведению биологического анализа в порядке, указанном в предыдущем разделе:

1. Измерения длины рыбы (Lz, L, Ls).
2. Определение общей массы рыбы.
3. Взятие чешуи для определения возраста.
4. Вскрытие рыбы.

5. Определение степени наполнения желудочно-кишечного тракта.
6. Определение степени ожирения внутренностей.
7. Определение пола и стадии зрелости гонад.
8. Определение массы гонад.
9. Определение массы рыбы без внутренностей.

Оформление отчетной документации

В процессе выполнения биологического анализа студент записывает все необходимые данные в чешуйную книжку и в журнал биологического анализа.

Работа завершается представлением отчета, в который входят:

1. Листы чешуйной книжки;
 2. Лист журнала биологического анализа части улова, проведенного группой студентов;
 3. Анализ результатов ПБА:
 - а) общая характеристика материала (количество экземпляров в пробе, размерный состав, средняя масса особей);
 - б) анализ репродуктивной структуры, включая табличный и графический материал;
 - в) характеристика степени ожирения внутренностей, наполнения ЖКТ.
- Отчет, после проверки его преподавателем, защищается студентом.

Тема: МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ПО ЧЕШУЕ

Цель работы: Получение навыков определения возраста рыб по чешуе.

Теоретический материал

Исторически чешуя была наиболее часто используемой структурой для определения возраста рыб. Ее преимущество заключается в том, что ее сбор не занимает много времени в полевых условиях и в ряде случаев брать чешую можно и у живых рыб.

Чешуя у костистых рыб состоит из прозрачной основной пластинки и минерализованного верхнего слоя (гиалодентинового) (рисунок 1).

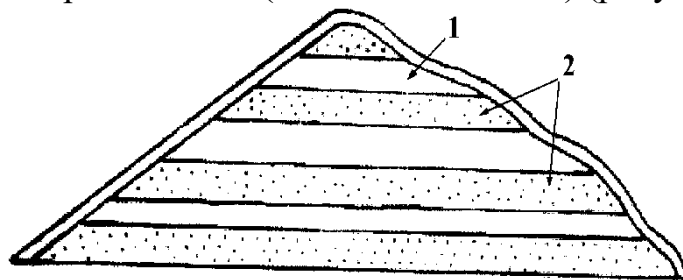


Рисунок 1 – Схема строения чешуи (Э. Леа, 1910 г.)

1 – слоистая часть (фибриллярная); 2 – гиалодентиновая часть

В состав основной пластинки входят волокнистые пластинки, подстилающие друг друга. Число их увеличивается по мере роста чешуи. Гиалодентиновый слой представлен в виде валиков или «склеритов». Они расположены кругами (часто незамкнутыми), из которых меньшие склериты окружены большими, или же имеют несколько иной рисунок (сельди).

Рост чешуи происходит следующим образом: под маленькой первой основной пластинкой подслаивается вторая пластинка более широкая. На ее краях, которые выходят из-под верхней основной пластинки, возникают гиалодентиновые образования – *склериты*. Под второй пластинкой образуется третья и все последующие. Иными словами, рост чешуи, увеличение ее размеров происходит в результате разрастания нижележащих слоев. При этом верхняя пластинка самая старая по возрасту, но самая маленькая по размерам, а нижняя – наоборот.

Для определения возраста рыбы исследуется характер и расположение склеритов. Часть чешуи, обращенная к голове рыбы, лежит внутри кожного кармашка и называется *передней*. Другая часть чешуи, обращенная к хвостовому плавнику рыбы и выдвигающаяся наружу из кармашка, называется *задней*. Те части чешуи, которые расположены между ее передней и задней частями, называются *боками* чешуи.

Точка посередине чешуи, вокруг которой концентрическими кругами (полными или неполными) лежат склериты, называется *центром* чешуи. Линии, идущие от центра к краям чешуи, называются *радиальными бороздками* или *радиалами*. Их функция – придание чешуе гибкости.

Размер чешуи или ее длина, измеряется по среднему радиусу от центра до края задней части чешуи у одних рыб, а у других – до края передней части. Если край волнистый, с округлыми зубчиками, то для получения длины измеряется расстояние от центра до вершины среднего зубчика.

«Рисунок» склеритов отражает различные моменты в жизни рыбы и условия ее существования за прошедшие годы. Это проявляется в виде всевозможных образований на чешуе – колец, или отметок, различной ширины и степени четкости.

По типу «рисунка» чешуи всех рыб можно разделить на две группы. К первой относятся большинство карповых рыб, а также лососевые, судак и некоторые другие рыбы, ко второй – сельдевые. На рисунке 2 показано характерное строение чешуи различных видов рыб.

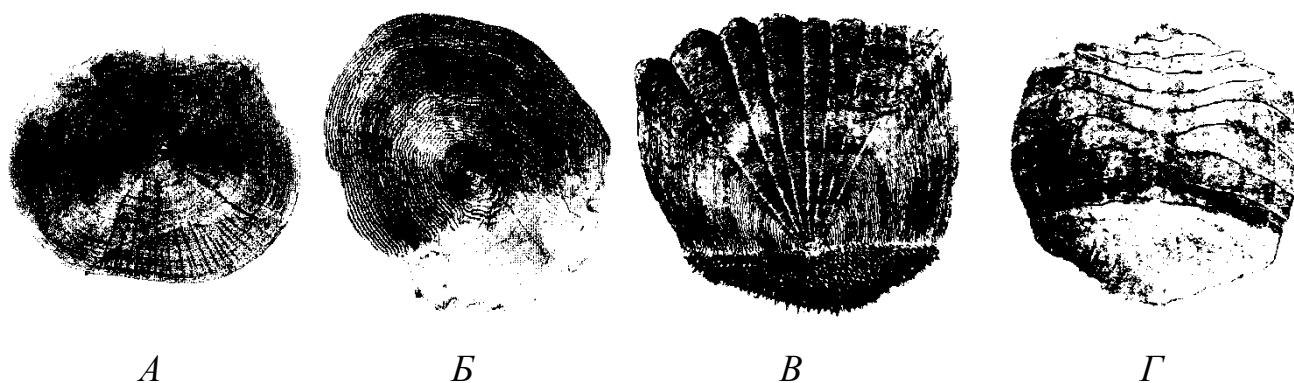


Рисунок 2 – Чешуя различных видов рыб

A – лещ; *B* – лосося; *B* – судака; *Г* – сельди

Методика определения возраста рыб по чешуе основана на неравномерности роста рыб в течение года. Обычно рыбы летом растут быстрее, к осени их рост замедляется, а зимой прекращается. Весной рост снова возобновляется. Однако следует помнить, что рыбы, нерестующие весной, начинают расти быстро только после икрометания.

Одновременно с ростом рыбы в длину растет и каждая ее чешуйка. Неравномерность роста рыбы, его периодичность отражается на росте чешуи.

В течение года весной и летом образуются широкие (раздвинутые) склериты, осенью – узкие (сближенные), а зимой они не образуются совсем. Склериты, возникающие во время быстрого роста, занимают широкую зону (широкую круговую полосу вокруг центра), а склериты, появляющиеся в период медленного роста рыбы, – узкую зону. Их совокупность, сформировавшаяся в течение одного года, и составляет *годовую зону роста*. Годовые зоны роста следуют друг за другом вокруг центра и их число соответствует количеству лет, прожитых рыбой.

Граница между тесно расположенными склеритами и широко раздвинутыми склеритами называется *годовым кольцом*. Годовое кольцо является границей между годовой зоной роста предыдущего года и следующей годовой зоной.

По числу годовых колец определяют возраст рыбы.

Рыбы высоких и умеренных широт, где абиотические условия значительно изменяются в течение года, как правило, имеют на чешуе достаточно четкие годовые кольца. При этом особи, пойманные в период с марта по август в большинстве случаев, имеют по краю чешуи темную (зимнюю) часть годового кольца. Такие возрастные группы принято называть «годовиками» (двухгодовики, трехгодовики и т.д.) и возраст обозначать целым числом (1, 2, 3 и т.д.).

У рыб в период интенсивного роста по краю чешуи наблюдается светлая часть годового кольца («прирост») (рисунок 3). Возрастные группы рыб, выловленных осенне-зимний период — до завершения закладки зимней части кольца — (с сентября по февраль) принято называть «летками» и к цифровому обозначению целого количества лет добавлять знак «+» (сеголетки - 0+; двухлетки - 1+; трехлетки - 2+ и т.д.).



Рисунок 3 – Чешуя трехлетки горбуши (2+) (Anas, 1959 г.)

Препараты чешуи рассматриваются при помощи различных оптических приборов. Чаще всего используют бинокулярный микроскоп (МБС). При этом рассматривание или «чтение» чешуи производится при увеличении 2х8, 4х8 или другом увеличении в зависимости от размеров чешуи. Важно чтобы в поле зрения попадала вся чешуйка. При рассматривании под бинокулярным микроскопом в проходящем свете неперенным условием для получения более четкого изображения годовых колец служит постоянное чередование освещенности в режиме светлого и темного полей. Это достигается путем вращения зеркала.

При рассматривании чешуй карповых, лососевых, окуневых и других рыб студент находит центр чешуи, обнаруживает первую зону суженных склеритов, соответствующих зимнему замедленному периоду роста, а затем зону расширенных склеритов. Таким образом, определение возраста ведется путем рассматривания чешуи и подсчета годовых колец от центра к периферии.

У сельдевых чешуя не имеет четко выраженного центра. По этой причине подсчет годовых колец производится от границы между передним и задним радиусами чешуи. Годовые кольца на чешуе сельдевых лучше видны на заднем крае чешуи. Следует иметь в виду, что на чешуе сельдей лучше заметны радиальные бороздки, представляющие собой изогнутые волнистые линии, которые неопытные исследователи часто принимают за годовые кольца. Годовые кольца имеют концентрическую форму и, в значительной степени, повторяют конфигурацию чешуи.

В ряде случаев на чешуе помимо годовых колец могут формироваться добавочные кольца, отображающие периоды изменений роста рыбы в течение года, зависящие от характера питания, температуры воды, времени нереста и других причин. Добавочные кольца очень похожи на годовые, но менее отчетливо выражены и могут быть не замкнутыми. Они бывают нескольких

типов: мальковые, нерестовые и кольца случайной задержки или, наоборот, усиления роста, места обитания.

- Мальковые кольца образуются недалеко от центра чешуи (внутри первого годового кольца). Границы малькового кольца менее резко выражены, чем границы первого годового кольца.

- Нерестовые кольца образуются на чешуе многих рыб в нерестовый период. Особенно хорошо выражены нерестовые отметки у лососевых, у некоторых сельдевых и карповых. Нерестовые кольца обычно заметны по разрыву склеритов и неправильному их расположению – обрывки склеритов идут в разных направлениях.

- Добавочное кольцо I типа появляется в результате случайной задержки роста, тянется по всей окружности чешуи и образуется двумя-тремя сближенными склеритами. Это добавочное кольцо резко выделяется по соотношению величины граничащих с ним зон с раздвинутыми склеритами.

- Добавочное кольцо II типа образуется при резкой смене быстрого роста на медленный. В этих случаях после зоны раздвинутых склеритов сразу начинается зона частых склеритов. В этом месте перехода от редких склеритов к частым получается добавочное кольцо второго типа.

- Добавочное кольцо III типа наблюдается при механических повреждениях чешуи, когда на месте обрыва образуется поле с неправильно идущими склеритами, причем оно отграничивается резким кольцом от внутренней части чешуи. На других, нормальных чешуях этой рыбы такого кольца нет. Это кольцо легко обнаруживается по неправильной форме. Подобное кольцо может быть только на единичных чешуях данной рыбы.

Порядок выполнения работы

1) Определения возраста рыб по ранее приготовленным препаратам.

Группе студентов раздаются готовые препараты чешуи рыб. Чешуя рассматривается под биноклем. Студент, определивший возраст рыбы, называет номер препарата и говорит преподавателю, сколько он видит годовых колец, имеются ли добавочные кольца и другие метки.

Чешуя в случае необходимости читается вместе с преподавателем.

2) Определение возраста рыбы по чешуе, полученной при проведении ПБА.

Студенты получают листы чешуйной книжки с чешуей, взятой ими в ходе выполнения лабораторной работы «Методика проведения полного биологического анализа».

Для определения возраста чешуя должна быть очищена от остатков слизи, эпидермиса и пр. Взятая из чешуйной книжки чешуя отмывается

следующим образом: пинцетом она помещается последовательно в пробирки с тремя растворами. В первой находится раствор 25%-ного аммиака (2/3 части) и щелочи (1/3 часть), во второй - вода, в третьей – этиловый спирт (70%). В каждом растворе чешуйки выдерживаются несколько секунд. Промытая чешуя протирается марлей, просматривается под лупой или на свет для удаления чешуй с разрушенным центром.

Приготовленная чешуя просматривается под бинокулярным микроскопом и по нему определяется возраст пойманной рыбы.

Результаты определения контролируются преподавателем и записываются в соответствующие графы листа журнала биологического анализа или в тетрадь (записываются: название водоема, дата вылова, вид рыбы, номер чешуйной книжки, порядковый номер по чешуйной книжке, промысловая длина (L)).

Возрастные группы рыб в зависимости от даты вылова:

«годовики» - в период с марта по август;

«летки» – в период с августа по март.

Тема: МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ПО ОТОЛИТАМ

Цель работы: Ознакомление с методикой определения возраста рыб по отолитам.

Теоретический материал

Отолиты – это парные кальцинированные структуры беловатого цвета, расположенные попарно в капсулах перепончатого лабиринта черепа рыб, являются органами равновесия.

Отолиты, как наиболее надежная регистрирующая структура, широко используется для определения возраста рыб. Существует лишь две причины, по которым отолиты могут быть непригодными для определения возраста. Первая причина – полное или частичное кристаллическое перерождение одного или обоих отолитов, вторая – асимметричность отолитов одной пары, которые могут различаться как по своим размерам, так и по числу зон роста. Однако такие явления относительно редки. Так у балтийского шпрота кристаллическое перерождение встречается в 3-х случаях из 100, асимметричность – 1 из 1000.

Ограничивает использование отолитов для определения возраста и достаточно высокая трудоемкость их сбора и обработки. В связи с этим данная регистрирующая структура в качестве основной, как правило, берется у рыб, не имеющих чешуи либо имеющих трудно рассматриваемую чешую. Отолиты часто используются и для определения возраста рыб после чтения чешуи.

По оптической плотности субстанции отолитов различают менее прозрачные **опаковые** и более прозрачные **гиалиновые** зоны (рисунок 4).

Возникновение зональности в строении отолитов связывается с сезонной неравномерностью роста рыб.

Известно, что неорганическое вещество отолитов состоит из CaCO_2 в форме игольчатых кристаллов арагонита, органическое вещество представляет собой уникальный по аминокислотному составу фиброзный белок – отолин, близкий к конхиолину – белку раковин некоторых моллюсков. Наблюдаемые различия в оптической плотности субстанции отолитов, видимо, связаны с различным соотношением органического и неорганического компонентов в опаковых и гиалиновых зонах. Гиалиновые зоны содержат больше органического вещества, чем опаковые.

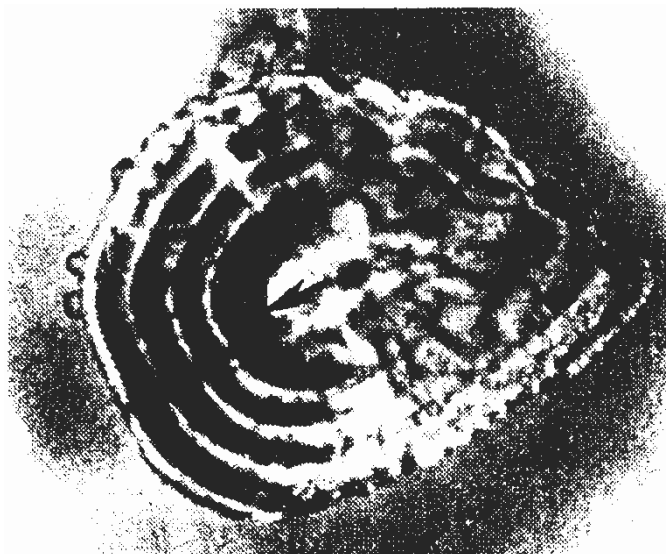


Рисунок 4 – Отолит гольца в возрасте 5+ (стрелкой показано первое годовое кольцо)

Принято считать, что опаковые (менее прозрачные) зоны соответствуют периоду быстрого роста, гиалиновые (прозрачные) – задержке роста (Апс, 1982).

Работу по определению возраста по отолитам логически можно разделить на три этапа:

- 1) Взятие отолитов;
- 2) Подготовка отолитов к рассматриванию;
- 3) Чтение отолитов (собственно определение возраста).

Взятие отолитов

Отолиты берутся у свежей рыбы. Рыба, фиксированная в формалине мало пригодна для дальнейшей работы, связанной с определением возраста по отолитам в связи с тем, что вещество отолитов достаточно быстро формалином разрушается.

Отолиты у рыб можно брать двумя способами:

1. Путем надреза головы на затылке позади глаз над слуховой капсулой;
2. Путем вскрытия слуховых капсул снизу головы после удаления жабр.

Выбор способа взятия отолитов осуществляется наблюдателем исходя в первую очередь из удобства. Первым способом отолиты берутся, как правило, у мелких рыб, и рыб, имеющих мягкие затылочные кости (сельдевые, ставриды,

корюшковые и т.д.). Второй способ чаще всего применяют при отборе проб у крупных рыб (тресковые, судак и т.д.). Однако некоторые исследователи рекомендуют брать отолиды снизу головы и у ряда мелких рыб (шпрот, ерш).

Способы укладки отолитов определяются их размерами. Мелкие отолиды укладываются, как и чешуя, в чешуйные книжки. Крупные отолиды укладываются в специальные бумажные пакетики или в пенициллиновые пузырьки. При этом на каждую пару отолитов (от одной рыбы) требуется один пакетик или пузырек. Пузырьки используются в том случае, если предусматривается просветление отолитов в период полевых работ, по окончании которых сразу же определяется возраст. При этом отолиды заливаются просветляющей жидкостью и закрываются герметически. Пузырьки помещаются в полевой штатив и этикетируются. Вся проба также снабжается общей этикеткой.

Подготовка отолитов к рассматриванию

По степени трудности чтения отолиты можно условно разделить на три группы:

1. Отолиды, не требующие для их чтения дополнительной обработки.

Такие отолиды хорошо смотрятся в капле воды или в просветляющей их жидкости, как правило в проходящем свете. При этом в качестве просветляющей жидкости используются спирты, скипидар, бензол и его аналоги – толуол и ксилол или же канадский либо пихтовый бальзам, растворенный в ксилоле.

2. Отолиды, требующие некоторой механической обработки, которая чаще всего заключается в их шлифовке до нужной прозрачности. При этом отолит шлифуется равномерно с обеих сторон. В качестве шлифующего материала используются наждачная бумага или точильные бруски различной степени зернистости, пасты, порошки и др. Отолит при шлифовке рекомендуется прижимать к шлифующей поверхности мягкой пробкой. После такой обработки отолиды рассматриваются, главным образом в проходящем свете.

Так как отолиды у многих рыб в центре значительно более толстые, чем по краям, то с возрастом, по мере накопления известкового вещества первые гиалиновые зоны постепенно заплывают, их видимость ухудшается. Это следует иметь ввиду и обязательно подвергать такие отолиды шлифовке.

Если же структура отолита не позволяет подвергнуть их шлифовке, то в этом случае иногда положительный результат дает рассматривание скола или распила отолита, сделанного через середину отолита перпендикулярно его продольной оси. Иногда половина отолита стачивается напильником. Скол или распил шлифуют на мелкозернистом наждачном бруске (оселке). Затем отолит

заливают в канифоль на предметном стекле так, чтобы отшлифованная поверхность была обращена к стеклу. Когда канифоль затвердеет, отолит стачивают напильником до тонкой пластинки, затем ее шлифуют до полной просвечиваемости, канифоль растворяют ксилолом, препарат заливают канадским бальзамом и закрывают покровным стеклом.

3. Отолиты, требующие иной механической или химической обработки. В эту группу можно включить отолиты, которые из-за своей формы (например, загнутые края у некоторых тресковых) не могут шлифоваться одинаково с обеих сторон. Такие отолиты разламываются или распиливаются по центру, поверхности слома подшлифовываются, затем слегка прокаливаются на пламени спиртовки до слабого пожелтения. *При этом отолит лучше не докалить, чем перекалить*, чтобы не допустить его разрушения. Затем обе половинки отолита втыкают в приклеенный к предметному стеклу воск или пластилин так, чтобы поверхность слома была обращена кверху, и рассматривают в отраженном свете. Предметные стекла с такими отолитами этикетированы. Годовые кольца на сломах отолитов лучше видны, если направить на них сверху луч света. Все отолиты также легче читаются в поляризованном свете.

Химическая обработка отолитов заключается в воздействии на них некоторых растворов при обычной или высокой температуре. Так, отолиты беломорской корюшки и налима выдерживают, прежде всего в нашатырном спирте (25% растворе аммиака) от 30 минут до 3-х суток (в среднем 4-5 часов). После этого их промывают в горячей воде и рассматривают под биноклем в капле глицерина. Если и после такой обработки кольца видны недостаточно хорошо, то отолиты помещают на 3-5 минут в кипящий раствор поваренной соли (6 г соли на 100 см³ воды) и снова промывают в горячей воде.

Препараты отолитов, приготовленные любым способом в обязательном порядке, подписываются (название водоема, вид рыбы, порядковый номер по чешуйной книжке, промысловая длина (L), дата вылова и фамилия приготовлявшего препарат).

Чтение отолитов

Чтобы правильно прочитать отолит нужно знать его структуру, а также время закладки «зимних колец», т.е. участков, образующихся в период замедленного роста рыбы. В проходящем свете на отолитах видны непрозрачные (**опак**овые) зоны, соответствующие ускоренному росту рыб и полупрозрачные (**гиалин**овые) зоны – зоны замедленного роста. Одна непрозрачная и одна полупрозрачная зона в сумме составляют годовую зону роста.

Чтение возраста производится от центральной части отолита, называемой **ядром**. Ядро отолита плюс первая гиалиновая зона – первый год жизни, следующие опаковая и гиалиновая зоны – второй год жизни и т.д.

Использование отолитов для определения возраста дает, как правило, более надежный результат, чем использование чешуи. Однако следует иметь в виду, что в ряде случаев, особенно у рыб старших возрастных групп, первое годовое кольцо бывает плохо очерчено, расплывчато, и его, по ошибке, можно принять за ядро отолита.

Помимо годовых колец, на отолитах бывают видны и добавочные кольца, но они менее резки и большей частью не замкнуты.

Порядок выполнения работы

Студентам раздаются готовые препараты отолитов рыб. Отолиты рассматриваются под биноклем. Студент, определивший возраст рыбы, называет номер препарата и говорит преподавателю, сколько он видит годовых колец, имеются ли добавочные кольца и другие метки.

Отолиты в случае необходимости читаются вместе с преподавателем.

После этого каждый студент должен самостоятельно подготовить отолит, полученный в результате проведения ПБА, определить по нему возраст и проверить правильность определения с помощью преподавателя.

Тема: МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ПО КОСТЯМ И СПИЛАМ ЛУЧЕЙ ПЛАВНИКОВ

Цель работы: Получение навыков по сбору, обработке и «чтению» материала при определении возраста рыб по костям и спилам лучей.

Теоретический материал

Для определения возраста рыб, наряду с чешуей и отолитами, используются различные кости, а также лучи плавников. Чаще других возраст определяется по плоским костям (четыре кости жаберной крышки, и, в особенности, operculum, челюстные, cleitrum, некоторые кости черепа) и круглым костям (позвонки, уrostиль). Лучи для определения возраста могут использоваться как колючие, так и мягкие.

На всех перечисленных элементах возраст рыб фиксируется достаточно четко (рисунок 5).

Работу по определению возраста по костным элементам и лучам можно разделить на три этапа:

- 1) Сбор материала;

- 2) Подготовка материала к рассматриванию;
- 3) Чтение костей и спилов лучей плавников (т.е. определение возраста).

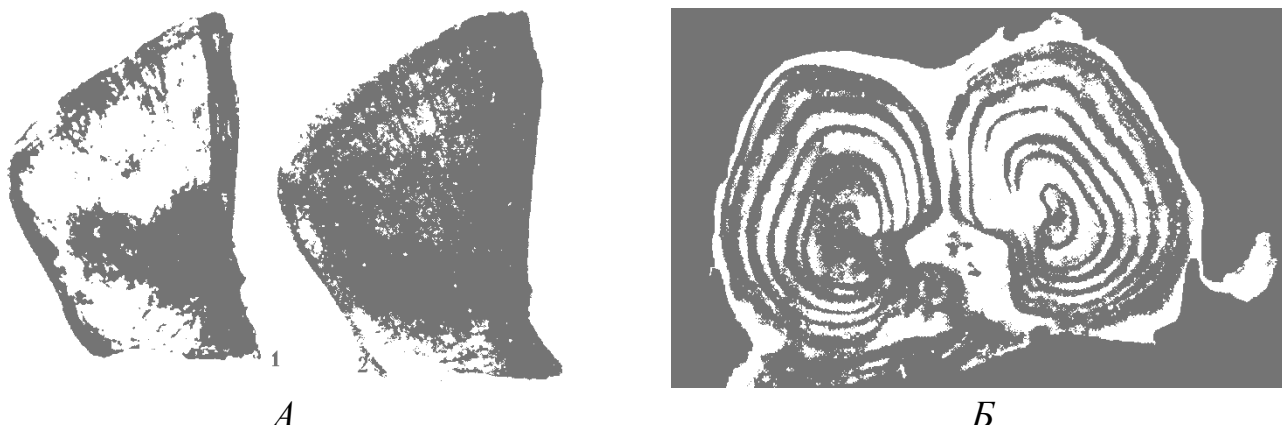


Рисунок 5 – Годовые кольца на костях и лучах плавников рыб

А – жаберная крышка окуня; *Б* – поперечный спил луча плавника сазана

Сбор материала

Основным требованием при сборе костей является освобождение их от мягких тканей путем мацерации или другим способом, высушивание и этикетирование по установленным правилам. При этом, при сборе крупных костей, порядковый номер препарата, ставится тушью непосредственно на каждом экземпляре, а вся проба снабжается подробной этикеткой. Мелкие кости собираются также как и чешуя в чешуйные книжки. При взятии той или иной кости важно выделить ее целиком по сочленению, чтобы сохранить все годовые кольца.

Плавники или отдельные лучи плавников вырезаются вместе с сочлененной головкой или костью. В связи с этим срезать плавники ножницами категорически запрещается. Плавниковые лучи высушиваются в расправленном виде, так как если они ссыхаются между собой, то в дальнейшем их трудно отделить друг от друга.

Подготовка материала к рассматриванию

Подготовка тонких плоских костей к рассматриванию заключается в освобождении их от мягких тканей при взятии или после (в результате вымачивания) и высушивания. Более крупные или толстые кости, кроме этого, подвергаются шлифовке или отбеливанию. Иногда для лучшего различения годовых колец кости кипятят в глицерине при температуре 290°C. В кипящем глицерине кость из прозрачной становится молочно-белой и годовые кольца проступают более отчетливо. Можно размягчить кости, а также зубы рыб кипячением в пресной воде в течение получаса. После этого кость легко режется бритвой или на микротоме.

Для определения возраста по лучам плавников, в большинстве случаев, используются поперечные спилы, реже – продольные шлифы. Для получения спилов используют одну или две параллельно закрепленные лобзиковые пилы с регулируемым зазором. При этом луч закрепляется в специальный станок и распиливается у самого основания. На последнее обстоятельство следует обратить особое внимание, т.к., зная особенности роста плавниковых лучей, следует помнить, что наибольшее количество годовых колец будет у основания луча, наименьшее – у вершины. Вот почему при сборе плавниковых лучей следует их вылуцивать, а не состригать.

Полученный спил должен быть достаточно тонким, чтобы мог рассматриваться в проходящем свете. Иногда для этого спил нужно немного подшлифовать на бруске или наждачной бумаге. Если спил получил неправильную форму, т.е. под углом, то его следует рассматривать на часовом стекле в капле просветляющей жидкости.

Для получения спилов мягких лучей их нужно хорошо высушивать в расправленном виде и распиливать так же, как и колючие лучи. Если же лучи достаточно тонкие и после высушивания легко ломаются, то их предварительно заливают в блоки с раствором целлулоида в спиртоэфирной смеси или оргстекла в дихлорэтано, после чего подвергаются распиловке.

Для получения спилов, кроме лобзиковых, также применяют электрические циркулярные пилы. При этом важно. Чтобы электромотор обеспечивал бы не менее 2000 об/мин. и режущее полотно имело бы одинаковую толщину по всей поверхности и не крошило бы луч.

Иногда для определения возраста рыб изготавливают продольные шлифы колючих плавниковых лучей. При этом луч шлифуется равномерно с обеих сторон с помощью наждачной бумаги или бруска до прозрачности.

Чтение костей и спилов лучей

При чтении костей важно определить начало роста, т.е. точку от которой нужно вести отсчет годовых колец. Не менее важным является распознавание годовых колец, умение отличить их от добавочных. Так на крышечной кости окуня впереди первого годового кольца обычно хорошо заметно так называемое «мальковое» кольцо, а также в зоне роста каждого года много добавочных колец.

На костях, также как и на других структурных элементах, чередуются зоны ускоренного и замедленного роста. При рассматривании в падающем свете широкие зоны (зоны ускоренного роста) выглядят матово-белыми, узкие (зоны замедленного роста) – темными.

Широкая и узкая зона вместе составляют годовую зону роста. Узкая зона называется годовым кольцом, хотя на большинстве костей она не имеет формы кольца.

Добавочные кольца похожи на годовые, но они слабы и расплывчаты и выражены обычно не по всему направлению годового слоя.

В зависимости от величины костей их рассматривают без увеличения или под бинокулярным микроскопом.

Поперечные спилы плавниковых лучей рассматриваются, также как и чешуя, от центра к периферии и их «чтение» обычно не вызывает затруднений, т.к. добавочных колец здесь значительно меньше, чем на других элементах.

Порядок выполнения работы

На раздаточном материале в виде плоских костей различных рыб студенты визуально определяют возраст. Затем с помощью бинокулярных микроскопов рассматривают спилы маргинального луча осетровых и проверяют правильность определения возраста.

После этого каждый студент должен самостоятельно изготовить спил колючего луча на электрической пиле, определить по нему возраст и проверить правильность определения с помощью преподавателя.

Тема: МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАЦИОНОВ РЫБ

Цель работы: Освоение основных методических приемов расчета рационов рыб методом балансового равенства и оценки количества потребленных групп организмов в водоеме.

Теоретический материал

Рацион, или количество пищи, потребляемое рыбой за тот или иной промежуток времени, наиболее полно отражает количественную сторону потребления пищи.

Наиболее распространен метод определения суточного рациона по уравнению балансового равенства, разработанный Г.Г. Винбергом (1956). Суть метода заключается в определении количества энергии, поступающей в организм с пищей и расхода ее на обменные процессы, на прирост массы тела, а также учета не усвоенной пищи. Расчеты ведутся по формуле:

$$C=R + P + P_g+F,$$

где С - рацион;

Р - траты энергии на пластический обмен;

Р_g- траты энергии на генеративный рост;

Р- траты энергии на обмен веществ;

Ф - неусвоенная часть потребленной пищи.

Степень усвоения различных кормов неодинакова у разных видов рыб. В настоящей работе принято, что суммарные потери энергии пищи с экскрементами и мочой при питании рыб естественными кормами (эврифаги, бентофаги, планктофаги) составляют около 20% валовой энергии (Винберг, 1956). С учетом этого балансовое уравнение будет иметь следующий вид:

$$C = (R + P + P_g) / 0,8$$

Определение энергетических трат на питание (P) У взрослых рыб при относительно малой удельной скорости роста можно получить как разность между конечной и начальной массой, разделенную на продолжительность периода наблюдения.

$$P = (w_2 - w_1) / \Delta T$$

Чтобы получить величину относительного среднесуточного прироста, надо найденную величину отнести к средней массе рыбы за это период:

$$P\% = P / w_{cp} * 100$$

где: P и P% - абсолютный (г) и относительный (%) среднесуточный прирост;

w_2 , w_1 и w_{cp} - начальная, конечная и средняя масса рыб, соответственно, г;
 ΔT - длительность периода наблюдения, сут.

Определение энергетических трат на генеративный обмен (P_g). Чтобы учесть данный параметр, необходимо знать вес гонад или абсолютную плодовитость и среднюю массу зрелой икринки. Помимо массы икры необходимо определить ее калорийность, т.к. она существенно отличается от соответствующих показателей для тела рыбы. В настоящей работе для простоты вычислений этот показатель нами учитываться не будет. Тогда исходное уравнение будет иметь вид:

$$C = (R + P) / 0,8$$

Определение энергетических трат на обменные процессы. Энергетические траты на обмен у рыб определяют по количеству потребленного кислорода. Количество потребленного рыбой кислорода в зависимости от массы тела описывается степенной функцией;

$$R_1 = a W^k$$

R_1 - скорость потребления кислорода, $\text{млO}_2 \text{ экз.}^{-1} \cdot \text{час}^{-1}$;

W - масса тела, г ;

a и k - видоспецифичные коэффициенты.

По данным Г.Г. Винберга (1961), для всех пресноводных рыб, при температуре воды, равной 20°C в первом приближении $a = 0,307$, $k=0,810$. Для приведения величины обмена, рассчитанной при 20°C , к температуре воды в период наблюдений, используют температурную поправку (q), рассчитываемую с использованием температурного коэффициента Вант-Гоффа – $O_{10} = 2.25$:

$$q = Q_{10}^{(20-t)/10}$$

В окончательном виде формула для расчета суточных грат на обмен веществ (г/сут) примет следующий вид:

$$R = \frac{a * 4.86 * 24 * W^k}{1000 * q} * 2 \quad (48)$$

24 - число часов в сутках;

2 - соотношение средней скорости обмена в природных условиях и стандартного обмена по Винбергу (1956);

4,86 - энергетический эквивалент кислорода (оксикалорийный коэффициент) (кал/мл O_2);

1000 - средняя калорийность тела рыбы (кал/га).

Исходные данные

Исходные данные по вариантам включают:

- вид рыбы;
- продолжительность вегетационного сезона, в течение которого рассчитываются рационы рыб (ΔT);
- распределение температуры воды в течение вегетационного сезона;
- показатели весового роста рыб в возрастах (1+) – (10+)
- численность рыб в возрастах (1+) – (10+)
- состав пищи (процентное соотношение основных групп кормовых организмов по массе; в целом для популяции.

Порядок работы

1. Средневзвешенным способом определяется температура воды за вегетационный сезон. Так для варианта 1 средневзвешенная температура воды будет равна:

$$((11,5 * 30)+(14,5 * 38)+(17,5 * 36)+(20,5 * 16))/120 = 15,5^{\circ}\text{C}$$

2. Рассчитывается температурная поправка - q

3. Составляется таблица для расчета отдельных параметров балансового равенства отдельно по возрастным группам (экз/сутки):

t, лет	w, г	Δw , г	w _{ср} , г	P, г	R, г	C, г	C, %	K ₁	K ₂
1+	w ₁	w ₂ - w ₁	(w ₂ + w ₁)/2	$\Delta w / \Delta T$					
2+	w ₂								
3+	w ₃								
.....									

Для характеристики эффективности использования потребленной пищи на рост используют трофические коэффициенты первого (K₁) и второго (K₂) порядков:

$$K_1 = P / C, K_2 = P / (P+R)$$

Проводится анализ полученных величин, делается вывод об эффективности использования пищи на рост данным видом рыб.

4. Составляется таблица для расчета количества потребленных групп кормовых организмов в водоеме за вегетационный сезон:

t, лет	N, тыс. экз	Рацион 1 экз/сутки, г	Рацион стадо/вег. сез. т	Калорийность пищи кал.	Среднесуточное потребление пищи, т
1+	n ₁				
2+	n ₂				
3+	n ₃				
.....					

Для определения калорийности пищи используются данные по процентному соотношению пищевых групп в рационе и данные по энергетической ценности этих групп (растительность, детрит - 350 кал, планктон - 620 кал, бентос - 790 кал, рыба - 1000 кал), так как рацион, рассчитанный по сырой массе, отличается от рассчитанного по калорийности во столько раз, во сколько калорийность пищи отличается от калорийности тела рыбы.

Расчет калорийности ведется средневзвешенным способом.

Завершается выполнение лабораторной работы кратким анализом полученных данных.

Тема: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОДОВИТОСТИ РЫБ.

Цель работы: познакомить студентов с методикой определения плодовитости у порционно-нерестующих рыб.

Теоретический материал

Плодовитость у порционно-нерестующих, а также и у единовременнонерестующих рыб, определяется весовым или объемным методом. Для этого из двух-трех частей яичника на IV стадии зрелости берутся навески (или определенный объем) икры, подсчитывается количество икры в них, определяется среднее количество икры в навеске и пересчитывается на вес яичников. Таким образом, устанавливается абсолютная индивидуальная плодовитость (АИП).

Особенность методики определения плодовитости у порционно-нерестующих рыб заключается в установлении числа порций икры и количества икры в каждой порции.

Предполагается, что вступившие в фазу трофоплазматического роста икринки размером более 0,15 мм вызревают в данном нерестовом сезоне и поэтому должны быть учтены при определении плодовитости. При увеличении бинокулярного микроскопа 4*8 – это соответствует 6 делениям окуляр-микрометра. Цена 1 деления при этом увеличении равна 0,025 мм. Таким образом, начиная с 6 делений, подсчитывается количество икринок в навеске (среднее арифметическое из трех равных навесок), а затем путем пересчета на массу гонад. Определяется АИП.

Для определения количества порций икры – навеску икры (ее величина зависит от размеров икринок и чаще колеблется от 0,02 до 5 г) помещают в камеру Богорова или чашку Петри, раскладывают ее в виде ленты, при необходимости смачивают водой (икра не должна высыхать и в то же время плавать в воде) и измеряют диаметр икринок с помощью окуляр-микрометра и фиксируют методом «точковки».

Количество измеренных икринок должно быть не менее 100. Согласно проведенным измерениям строится вариационный ряд с количеством классов не менее 8-10, для чего несколько делений окуляр-микрометра объединяют в один класс (для определения количества классов можно использовать формулу: $k=1+3,31\lg n$, где n – количество измеренных икринок).

Для более объективного выделения отдельных порций икры строится вариационная кривая размеров икринок и выделяются интервалы колебаний размеров икры каждой порции. Количество икры в каждой порции определяется по их удельному весу (%) в АИП. Относительная индивидуальная плодовитость (ОИП) определяется как отношение АИП к массе тела самки.

С помощью описанного метода можно определить количество порций икры только для рыб с асинхронным (прерывистым) созреванием половых продуктов в период вителлогенеза. Если же созревание ооцитов идет синхронно (непрерывно) и на вариационной кривой нет четких пиков, то установить количество порций икры настоящим методом невозможно.

Порядок выполнения работы

Плодовитость определяется для самок ерша с гонадами на IV стадии зрелости (для первой порции икры). Как правило, взятие проб на плодовитость проводится совместно с проведением биологического анализа. Гонады извлекаются из полости и взвешиваются. Берется навеска икры так, чтобы в ней было не меньше 100 икринок. Икра в навеске просчитывается и измеряется с помощью окуляр-микрометра бинокуляра.

По соотношению массы навески (с просчитанным количеством икры) и массы гонад рассчитывается АИП. При этом необходимо учитывать, что около 10% массы гонад приходится на соединительную ткань, оболочки ястыка, остаточную икру и пр. Соответственно, при расчетах АИП массу гонад необходимо уменьшать на 10%.

При подсчете икры в каждой порции количество икры, занимающее промежуточное значение между отдельными порциями, делится поровну между предыдущей и последующей порцией.

Полученные результаты представляются в виде таблицы и графика.

Тема: БИОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНУТРИВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ РЫБ

Цель работы: Освоить методику проведения биометрии рыб для оценки внутривидовой структуры, а также анализа размерно-возрастной и половой изменчивости.

Теоретический материал

При определении внутривидовых структурных единиц (экологические формы, популяции) широко используется биометрический метод. Он основан на общеизвестном представлении о взаимодействии между окружающей средой и живыми организмами: в процессе эволюции у организма, попавшего в новые условия среды обитания, возникают приспособительные изменения в биологии, которые со временем приводят к возникновению морфологических различий.

Суть биометрического метода заключается в том, что на рыбе производятся измерения и подсчеты определенного количества морфологических признаков. Сравнение этих признаков в выборке из n рыб с

применением методов статистической обработки позволяет определить однородность или различие морфологического строения сравниваемых групп рыб одного вида.

- мерные или пластические (диаметр глаза, длина хвостового стебля и т.д.);
- счетные или меристические (количество лучей в плавниках, количество чешуй в боковой линии и т.д.), в т.ч анатомические (тычинок на первой жаберной дуге, количество позвонков и т.д).

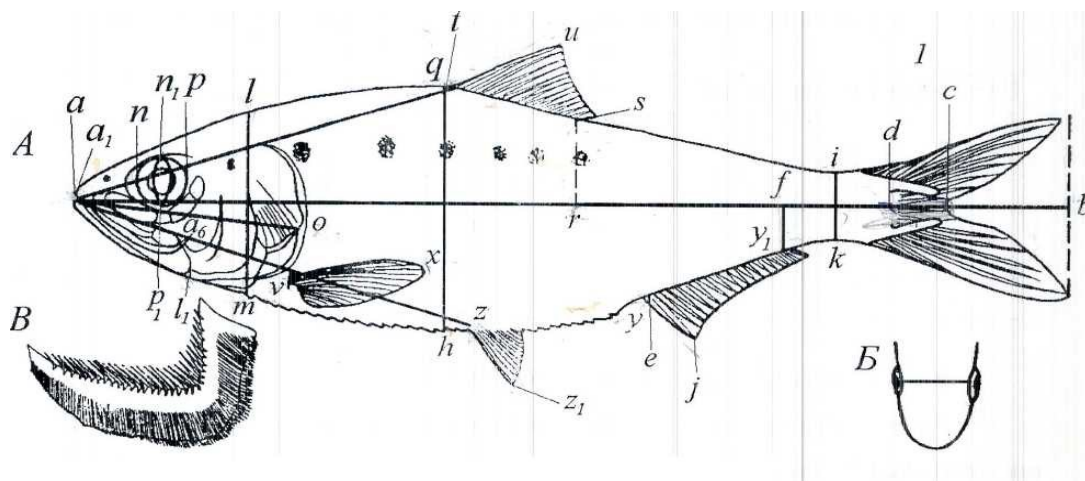


Рисунок 6 – Схема измерения сельдевых

A - ab - длина зоологическая; ac - длина по Смитсу (до конца средних лучей) C ; ad - длина промысловая C ; an - длина рыла; $n)pi$ - диаметр глаза (вертикальный); po - заглазничный отдел головы; ao - длина головы; Im - высота головы у затылка; a_1a_6 - длина верхнечелюстной кости; ah - длина нижней челюсти; qh - наибольшая высота тела; Hc - наименьшая высота тела; aq - антедорсальное расстояние; rd - постдорсальное расстояние; az - антевентральное расстояние; ay - антеанальное расстояние; fd - длина хвостового стебля; qs - длина основания D ; tu - наибольшая высота D ; yy_1 - длина основания A ; ej - наибольшая высота A ; vx - длина P ; zzi - длина V ; vz - расстояние между P 7; и V ; zy - расстояние между V и A ; dc - длина средних лучей C .

B - промер ширины лба, ***B*** - жаберная дужка: верхний ряд - тычинки, нижний - лепестки.

В целях обеспечения объективной сравнительной оценки рыб в исследуемых выборках все мерные признаки выражаются не в абсолютных значениях, а в индексах, т. е. в отношениях размера данного признака к длине рыбы и выражаются в процентах. Однако необходимо учитывать, что пропорции роста отдельных частей тела рыбы не остаются постоянными. Так, у многих видов рыб относительная длина головы (выраженная в процентах от общей длины рыбы) с возрастом уменьшается. Чтобы исключить влияние этого явления на результаты исследований, признаки, измеренные на голове, выражаются в индексах по отношению не только к длине тела рыбы, но и к длине головы.

Результаты биометрического анализа по каждому экземпляру рыбы заносятся в специальные карточки измерений. Затем, в зависимости от целей исследований, производится группировка материала и его вариационно-статистическая обработка.

При сравнительной оценке различных выборок рыбы необходимо выполнять следующие требования:

- между собой сравниваются признаки рыб однообразной длины или одного возраста;
- сравнение производится отдельно по полам, у рыб близкой стадии зрелости;
- объем выборки должен обеспечивать достаточно высокую степень достоверности, для чего количество экземпляров в сравниваемых группах должно быть не менее 25 экземпляров.

Первоначальная интерпретация полученной 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. Анализ кривых распределения признака позволяет провести рекогносцировочную оценку возможности наличия внутривидовых группировок.

На следующем этапе проводится оценка достоверности различий между выборками, для чего сначала вычисляются стандартные статистические показатели:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad \sigma = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \quad m_M = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad V = \frac{\sigma}{\bar{x}} * 100$$

После этого вычисляется критерий достоверности различий. Традиционным в ихтиологии статистическим критерием является критерий Стьюдента (t_{st}), рассчитываемый по формуле:

$$t_{st} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

где $\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$ — средние значения признака,
 $\bar{x}_1$ - берется большее по значению число,
 m_1 и m_2 - ошибки средней.

Полученные фактические значения критерия Стьюдента сравниваются со стандартными критическими значениями, приводимыми для различных уровней значимости и числа степеней свободы (приложение Г).

Достоверность различий по критерию Стьюдента (t_{st}) или M_{diff} оценивается с учетом степеней свободы (f), которое равно сумме вариант сравниваемых выборок за вычетом числа «2».

$$f = n_1 + n_2 - 2$$

Уровень значимости для большинства биологических исследований принимается равным 5 % (различия достоверны с вероятностью 95 %). Так, например, по длине рыбы имеются следующие данные:

Пример 1:	станция № 12:	$M_1 \pm m_1 = 48,1 \pm 3,4;$	$n_1 = 31;$
	станция № 48:	$M_2 \pm m_2 = 53,3 \pm 4,2;$	$n_2 = 18.$

По формуле находим M_{diff} или t_{st}

$$M_{diff} = \frac{M_1 - M_2}{\pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2}} = \frac{53,3 - 48,1}{\sqrt{4,2^2 + 3,4^2}} = \frac{5,2}{\sqrt{17,64 + 11,56}} = \frac{5,2}{5,4} = 0,96$$

Число степеней свободы (f) составит:

$$f = n_1 + n_2 - 2 = 31 + 18 - 2 = 47$$

По данным таблицы, критическое значение критерия Стьюдента при первом уровне значимости 5 % (вероятность 95 %) и при числе степеней свободы 50 (ближайшей к 47) составит 2,01. В биологических исследованиях различия обычно считаются достоверными, когда фактический критерий различия ($t_{st \text{ факт}}$) больше критического на уровне значимости 5% ($t_{st 5\%}$). Если же он равен или меньше критического при этом уровне значимости, различия

считаются статистически недостоверными. В нашем примере фактический критерий различия $t_{st\text{ факт}} = 0,96$, что много меньше критического при уровне значимости 5% ($t_{st\ 5\%} = 2,01$). Поэтому разница по данному признаку у рыб на рассматриваемых станциях должна быть признана недостоверной.

Пример 2:	станция № 12:	$M_1 \pm m_1 = 48,1 \pm 3,4$;	$n_1 = 31$;
	станция № 37:	$M_2 \pm m_2 = 193,0 \pm 22,5$;	$n_2 = 15$.

$$M_{diff} = \frac{193,0 - 48,1}{\sqrt{22,5^2 + 3,4^2}} = 6,38$$

Число степеней свободы (f) составит: $f = 31 + 15 - 2 = 44$

Так как фактическое значение критерия различия $t_{st\text{ факт}} = 6,38$ много больше критического значения при уровне значимости 0,1% ($t_{st\ 0,1\%} = 3,52$), то обнаруженные различия следует признать достоверными с вероятностью, превышающей 99,9%. Нулевая гипотеза отбрасывается.

Для больших выборок (более 30 экз.) для уровня значимости 5 % и 1 % можно принять следующее, если $t_{st} \geq 3$, то между сравниваемыми группами рыб существуют математически достоверные различия по данному признаку.

Помимо непосредственного определения внутривидовых группировок, биометрический метод позволяет оценить характер размерно-возрастной и половой изменчивости рыб.

Порядок выполнения работы

1) В соответствии со схемой измерений сельдевых (рисунок 6) производятся измерения всех пластических и подсчет меристических и анатомических признаков. Результаты записываются в карточке измерений, где определена и очередность работы (вскрытие рыбы для определения пола и стадии зрелости производится после всех измерений и подсчета меристических признаков).

Измерения признаков производится штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. При подсчете лучей в плавниках определяется число неветвистых и ветвистых лучей. Их количество записывается римскими и арабскими цифрами (например: III-12 — три неветвистых и 12 ветвистых лучей). У сельдей подсчитывается также количество килевых чешуек от горла до брюшных плавников (K1) и от брюшных плавников до анального (K2).

2) После измерения и подсчета всех наружных признаков приступают к определению пола, стадий зрелости гонад и подсчета анатомических признаков. Для этого рыбу вскрывают не со стороны брюшной полости, как это

производится при биологическом анализе, а со спины вдоль позвоночника. Разрез делается от затылка до хвостового стебля, перерезая все ребра.

3) Определив пол и стадию зрелости гонад, внутренности удаляют, а с позвоночника скальпелем счищают все мясо, обнажая позвонки. При подсчете позвонков определяется число туловищных (прекаудальных) и хвостовых (каудальных) позвонков. Первым каудальным позвонком считается тот, у которого образована гемальная дуга, что проверяется при помощи препаровальной иглы. Число прекаудальных и каудальных позвонков записывается так: 23+17.

Все измерения и подсчеты заносятся в карточку измерений. На каждый экземпляр рыбы заполняется своя карточка.

5) Производится вычисление индексов, взяв за основную (базовую) длину по Смитту (L_s). Пластические признаки на голове выражают в индексах по отношению к длине по Смитту и к длине головы.

6) По указанию преподавателя, дающего индивидуальное задание студентам, необходимо провести группировку материалов измерений рыб, выполненных всей группой студентов по двум-трем признакам в целом для выборки без подразделения рыб на размерные группы и по полам.

Вычисляется шаг классового промежутка для конкретного признака (λ):

$$\lambda = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{N},$$

где: λ – шаг классового промежутка, который чаще берется целым числом;

$X_{\max}$ – максимальная величина признака;

$X_{\min}$ – минимальная величина признака;

N – число классов, на которые разбивается исследуемая проба выборка (рекомендуемое число классов в пределах 10, сам шаг чаще берется равным целому числу).

7) Строится вариационный ряд, и определяются частоты встречаемости каждого класса. Измеренные показатели группируются по принципу «до предыдущего целого», т.е. все значения, попадающие в интервал 15,0-15,9 относят к классу 15 и т.д.

Запись при этом ведется в табличной форме, по аналогии с образцом ниже:

		p	a	pa	pa^2
15	∴	3	- 4	- 12	48
16	∴	2	- 3	- 6	18
17		0	- 2	0	0
18	Γ	6	- 1	- 6	6

19	☒	10	0	0	0
20	••	2	1	2	2
21		0	2	0	0
22	•	1	3	3	9
23	•	1	4	4	16
		$n = 25$		$\Sigma_{pa} = -15$	$\Sigma_{pa^2} = 99$

Примечание: p – частота встречаемости; a – отклонение от условной средней.

8) Проводится анализ полученного распределения (нормальное распределение, либо наличие нескольких пиков) и делается предварительный вывод о наличии, либо отсутствии дифференциации по анализируемым признакам. При возможном наличии дифференциации проба разделяется на группы, согласно выявленному распределению и осуществляется проверка гипотезы о существовании внутривидовых группировок.

В связи с тем, что рыба, подвергнутая морфометрическому анализу, представляет единую пробу, дифференциация по измеренным и просчитанным признакам может отсутствовать. В этом случае биометрический метод применим для исследований размерной и половой изменчивости.

При изучении размерной изменчивости выделяют размерные группы с учетом размаха колебаний рыб в выборке и обеспечения наиболее точных результаты. Рекомендуемое число размерных групп не менее 3. Для каждой размерной группы вычисляются стандартные статистические показатели и проводится оценка достоверности различий между размерными группами.

Изучение половой изменчивости производится отдельно по полам, аналогично предыдущему пункту.

Порядок выполнения работы

1. Получить партию карточек измерений и конкретное задание у преподавателя.
2. Произвести группировку карточек так, чтобы получить однородный материал.
3. Составить ведомость индексов и, по указанию преподавателя, выполнить вариационно-статистическую обработку для двух признаков.
4. Проанализировать полученные результаты, определив достоверность различий и репрезентативность собранного материала.

Примечание: Завершение математической обработки и подготовка отчета может выполняться в виде домашнего задания.

Оформление отчетной документации

Работа завершается представлением отчета, в который входят:

- заполненные карточки промеров;

- ведомости признаков, согласно индивидуальному заданию;
- вариационные ряды;
- расчеты параметров вариационных рядов;
- анализ результатов данных.

Тема: БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОПУЛЯЦИЙ

Цель работы: создать из текстовой информации базы данных Excel для формирования сводных таблиц.

Порядок выполнения работы

Преподаватель выдает заполненные во время проведения полевых исследований «Ведомости массовых промеров», «Ведомости полного биологического анализа».

Студенты формирует базы данных по заданной структуре.

Результат работы:

- база данных Excel по ведомостям массовых промеров;
- база данных Excel по ведомостям полного биологического анализа

Тема: ВИДОВОЙ СОСТАВ УЛОВОВ

Цель работы: научиться рассчитывать видовой состав уловов.

Порядок выполнения работы

Расчет видового состава уловов заключается в установлении доли (процентного соотношения) каждого вида рыб в контрольных уловах по численности и биомассе.

Для этого используются базы данных, полученные в результате работ с ведомостями массовых промеров. Для удобства работы можно составить рабочую таблицу, которая будет иметь следующий вид:

Номер станции	Виды рыб											
	окунь		плотва		щука		...		...		...	
	Y _n	Y _w	Y _n	Y _w	Y _n	Y _w	Y _n	Y _w	Y _n	Y _w	Y _n	Y _w
1												
2												
3												
...												
□												
Примечание: Y _n – улов в экз.; Y _w – улов в кг.												

Подставляется численность и биомасса каждого вида на всех станциях, а затем выражается в процентах от общей численности и биомассы.

При использовании программы Excel рекомендуется занести данные массовых промеров в базу данных, имеющую следующий вид:

	A	B	C	D	E
1	N ст	вид рыбы	показатель	длина, см	кол - во
6	1	густера	L	10	9
7	1	густера	L	11	12
8	1	густера	L	12	15
9	1	густера	L	13	15
10	1	густера	L	14	6
11	1	густера	L	15	6
12	1	густера	L	16	6
23	1	густера	Yw,T	все	0,012
38	1	лещ	L	30	2
39	1	лещ	L	31	2
40	1	лещ	L	32	2
41	1	лещ	L	33	2
42	1	лещ	L	34	1
47	1	лещ	Yw,T	все	0,032
52	1	окунь	L	9	16
53	1	окунь	L	10	22
54	1	окунь	L	11	26
55	1	окунь	L	12	27
56	1	окунь	L	13	13
69	1	окунь	Yw,T	все	0,015

При данной структуре базы данных обработку материалов удобно вести с помощью инструмента «Сводная таблица». При этом сводная таблица будет иметь следующий вид:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	N ст	(Все)						
2	L	(Все)						
3								
4			вид2					
5	показатель	Данные	лещ	окунь	плотва	судак	прочие	Общий итог
6	L	Сумма по полю кол - во	8546	18757	17721	5877	27894	78795
7		Сумма по полю кол - во2	10.85%	23.80%	22.49%	7.46%	35.40%	100.00%
8	Yw,T	Сумма по полю кол - во	4.617	2.302	2.753	3.909	7.51	21.091
9		Сумма по полю кол - во2	21.89%	10.91%	13.05%	18.53%	35.61%	100.00%

Итоговая таблица представлена ниже:

Таблица - Видовой состав контрольных уловов в ... (водоем, год)

Показатель	Ед.изм.	Окунь	Плотва	Щука	...	...	Всего
Численность	экз.						
	%						
Масса	кг						
	%						

Виды рыб располагаются в таблице 2 в порядке уменьшения численности. Кроме того, этот же результат представляется в виде гистограммы (рисунок 7).

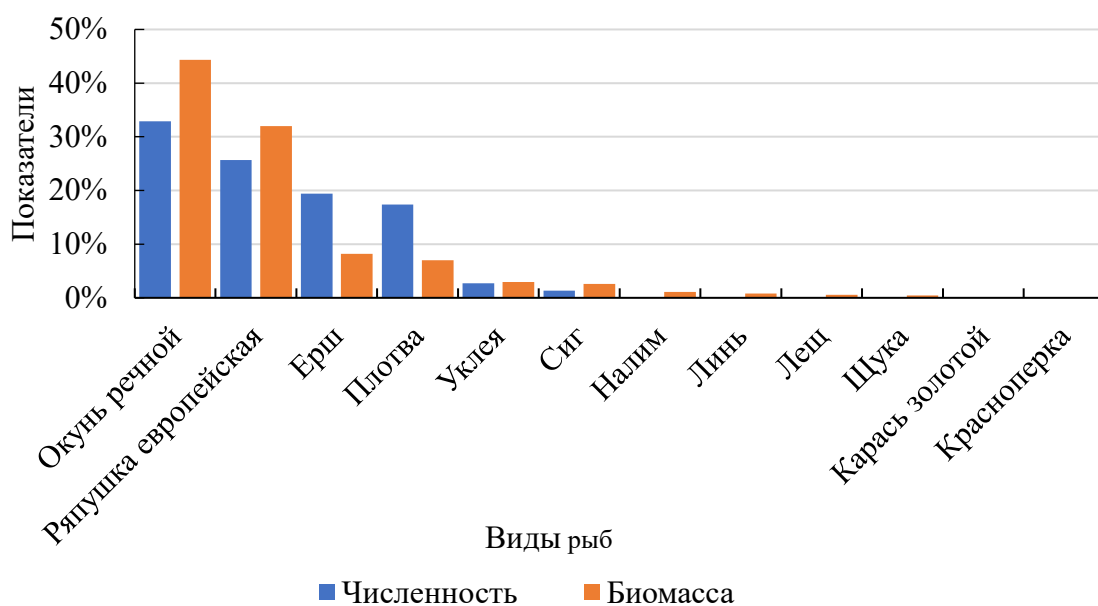


Рисунок 7 – Видовой состав уловов

После построения графического материала необходимо провести анализ и сделать выводы о видовой структуре уловов.

Тема: РАЗМЕРНАЯ СТРУКТУРА ... (ВИД) В КОНТРОЛЬНЫХ УЛОВАХ

Цель работы: рассчитать размерную структуру определенного вида рыб в контрольных уловах.

Порядок выполнения работы

Расчет размерной структуры улова заключается в установлении доли (процентного соотношения) каждой размерной группы определенного вида рыб в контрольных уловах. Для этого используются базы данных, полученные в результате работ с ведомостями массовых промеров.

Для выполнения этого задания также используются данные ведомостей массовых промеров. Для удобства работы составляется вспомогательная таблица.

Номер станции		Длина рыб, см														n	
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		18
1		1	2	3	6	9	12	15	15	6	6	5	3	1			
2		2	4	7	12	18	24	28	13	12	11	8	7	4	1		
...																	
Итого	шт.																
	%																

Размерный ряд берется для заданного вида. Так, для леща он начинается с 11 см, а для густеры с 4 см. В таблицу заносятся данные массового промера данного вида на каждой станции, затем подсчитывается численность рыб каждой размерной группы на всех станциях и выражается в процентах.

При использовании Excel строится сводная таблица следующего вида:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2	вид	лещ	✓												
3	показатель	L	✓												
4															
5		L2	✓												
6	Данные	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	...	Общий итог
7	Сумма по полю кол - во	431	334	315	287	278	265	249	239	224	208	189	172	1030	4221
8	Сумма по полю кол - во2	10.21%	7.91%	7.46%	6.80%	6.59%	6.28%	5.90%	5.66%	5.31%	4.93%	4.48%	4.07%	24.40%	100.00%

Итоговая таблица будет иметь следующий вид:

Таблица – Размерная структура ... (вид, год)

Показатель	Длина рыб, см															n
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
экз.																
%																

Кроме того, размерная структура популяции представляется в виде графика (рисунок 8).

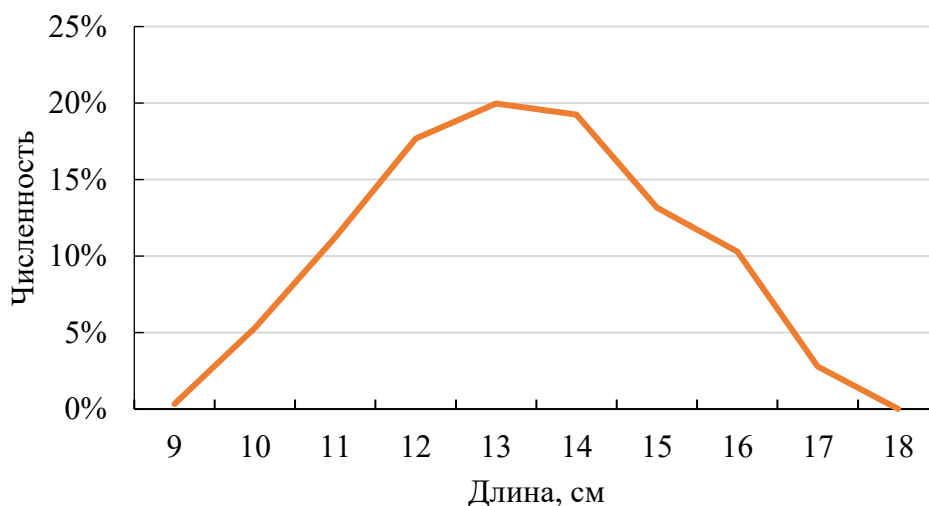


Рисунок 8 – Размерная структура европейской ряпушки 2020 г.

После построения графика (рисунок 2) необходимо вычислить среднюю длину рыбы в популяции - $L_{ср}$. Она вычисляется как средневзвешенная величина по формуле:

$$L_{cp.} = \frac{\sum L_i n_i}{\sum n_i} + 0.5,$$

где L_i - размерная группа;

n_i – количество рыб в размерной группе;

n – количество рыб в пробе;

0,5 – коэффициент приведения длины к середине интервала размерного класса (1 см).

Результат работы:

- таблица размерная структура вида в контрольных уловах;
- гистограмма размерная структура вида в контрольных уловах;
- рассчитанные средняя и средневзвешенная длина рыбы в популяции.

После всех необходимых расчетов необходимо провести анализ и сделать выводы о размерной структуре изучаемого вида в контрольных уловах.

Тема: ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ... (ВИД) В КОНТРОЛЬНЫХ УЛОВАХ ... (ГОД)

Цель работы: рассчитать возрастную структуру определенного вида рыб в контрольных уловах.

Порядок выполнения работы

Расчет возрастной структуры улова заключается в установлении доли (процентного соотношения) каждой возрастной группы определенного вида рыб в контрольных уловах.

Возрастная структура анализируемого вида в контрольных уловах определяется на основании рассчитанной размерной структуры. Для трансформации размерной структуры в возрастную используется размерно-возрастной ключ.

Размерно-возрастной ключ представляет собой таблицу, показывающую соотношение возрастных групп для каждого размерного класса. Она составляется на основании данных полного биологического анализа (ПБА).

В таблицу переносятся все данные из биологического журнала, определяется число рыб каждой размерной группы, разного возраста и выражается в процентах:

Длина, см	Возраст, годы											n, шт. / %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
4	8/100											8/100
5	5/50	5/50										10/100
6	2/20	5/50	3/30									10/100
7		7/70	3/30									10/100
8		5/33,3	5/33,4	5/33,3								15/100

Для трансформации размерной структуры в возрастную, численность каждой размерной группы распределяется по возрастам в соответствии с полученными процентами размерно-возрастного ключа, а затем суммируется по каждому возрасту:

Таблица - Возрастная структура ... (вид) в контрольных уловах ... (год)

Показатели	Возраст, годы										n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
шт.											
%											

Результат работы:

- таблица возрастная структура вида в контрольных уловах;
- гистограмма возрастная структура вида в уловах (рисунок 9);
- рассчитанные средний и средневзвешенный возраст рыбы в популяции.

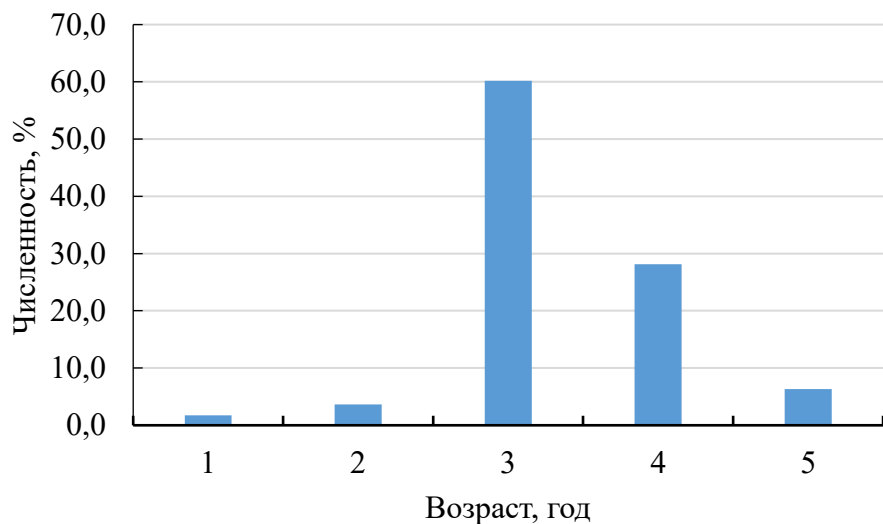


Рисунок 9 – Возрастная структура ... (вид) в контрольных уловах

Для вычисления среднего возраста рыбы ($T_{ср.}$) в обловленном стаде использовать следующую формулу:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i} \quad (2)$$

где T_i - возрастная группа (годовики, двухгодовики и т. д.);
 n_i – количество рыб в возрастной группе;
 n - количество рыб в пробе.

После всех необходимых расчетов необходимо провести анализ и сделать выводы о возрастной структуре изучаемого вида в контрольных уловах.

Тема: РАЗМЕРНО-ВЕСОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ.

Цель работы: расчет данных по длине и массе рыбы, ознакомление со стандартными статистическими показателями.

Порядок выполнения работы

Для расчета данных по длине и массе рыбы используются стандартные статистические показатели по следующим формулам:

Таблица – Перечень статистических показателей, рассчитываемых для биологических параметров

Показатель	Формула
Минимальное значение	X_{min}
Максимальное значение	X_{max}
Среднее значение	$M = \frac{\sum x}{n}$
Стандартное отклонение	$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$
Ошибка средней	$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
Коэффициент вариации	$V = 100 \frac{\sigma}{M}$

В большинстве случаев расчеты необходимо проводить отдельно для каждого используемого орудия лова и места проведения обловов. Результаты расчетов оформляются в виде таблиц по прилагаемым образцам.

Статистические показатели позволяют представить биологические параметры групп особей одного вида, объединенных по каким-либо признакам. Выше мы уже провели такие группировки по длине (размерная) и возрасту (возрастная структура контрольных уловов).

В дальнейшем необходимо будет провести группировку по нескольким признакам одновременно: полу и возрасту, полу, возрасту и упитанности,

стадиях зрелости и т. д. Для этого все данные биологического журнала необходимо сгруппировать по возрасту и полу.

Например, Биологический журнал Вид: густера. Вариант 1. Условные обозначения:

L-длина зоологическая,

L-длина промысловая,

W-масса рыбы;

W- масса без внутренностей;

S-пол (F-самка, M-самец, J-неполовозрелая);

Z-стадия зрелости; t-возраст;

H-наполнение по трем отделам (пищевод, желудок, кишечник);

O-ожирение;

E-плодовитость.

При использовании калькулятора все эти данные выписываются по возрасту и полу в расчетную таблицу:

Таблица – Форма рабочей таблицы для расчета биологических параметров

Самки							Самцы						Неполовозрелые					
T	L _z	L	W	W _p	H	O	L _z	L	W	W _p	H	O	L _z	L	W	W _p	H	O
2 - годовики																		
1																		
2																		
...																		
3 - годовики																		
1																		
2																		
...																		
4 - годовики																		
1																		
2																		
...																		

При выписывании для каждой особи следует оставить две свободные графы, куда будут внесены вычисленные данные по коэффициентам упитанности. После группировки материала можно приступить к расчетам и заполнению следующей таблицы:

Таблица – Размерно-весовые показатели ... (вид, год)

Возраст, годы	Длина, см		Масса, г		n
	$M \pm m$	σ	$M \pm m$	σ	
	$\overline{X_{\min} + X_{\max}}$	$\overline{V}$	$\overline{X_{\min} + X_{\max}}$	$\overline{V}$	
Самки					
3	$13,5 \pm 0,7$	2,4	$147 \pm 10,8$	50,3	3
	$\overline{12,9 - 15,7}$	$\overline{4,2}$	$\overline{92 - 165}$	$\overline{8,5}$	
4	$15,5 \pm 1,2$	3,5	$220 \pm 20,3$	70,1	10
	$\overline{13,9 - 18,4}$	$\overline{6,2}$	$\overline{130 - 250}$	$\overline{10,9}$	
Самцы					
.....					
.....					
Без различия пола					
.....					
.....					

При использовании программы Excel рекомендуется занести данные биологического анализа в базу данных, имеющую следующий вид:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	№	Lz	L	W	Wp	S	Z	t	H	O	E
2	1	31.6	30.1	693	589	F	3	6	102	0	
3	2	33.7	32.1	830	706	F	3	6	102	0	
4	3	31.8	30.3	706	600	F	4	7	134	0	314.1
5	4	31.8	30.3	706	600	F	4	8	134	0	314.1
6	5	32.7	31.1	760	646	F	3	6	102	0	
7	6	31.9	30.4	713	606	F	4	7	151	2	317.4
8	7	32.7	31.1	760	646	F	3	8	102	0	
9	8	32.7	31.1	760	646	F	3	9	102	0	
10	9	32.9	31.3	773	657	F	4	8	134	0	347.9
11	10	30.6	29.1	631	536	F	3	8	102	0	
12	11	12.0	11.4	44	40	J	1	2	151	2	
13	12	35.0	33.3	920	782	F	4	10	134	0	422.6
14	13	35.0	33.3	920	782	F	4	8	134	0	422.6
15	14	30.6	29.1	631	536	F	3	5	102	0	
16	15	35.0	33.3	920	782	F	4	9	134	0	422.6
17	16	6.4	6.1	8	7	J	1	1	201	0	

Аналогично массовым промерам при данной структуре базы данных обработку материалов удобно вести с помощью инструмента «Сводная таблица»:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		Значения							
2	t	Lmin	Lmax	Lср.	Lст.откл.	Wmin	Wmax	Среднее	Wст.откл.
3	1	3.1	10.1	5.5	1.8	1	23	5	5.1
4	2	5.1	12.5	9.8	2.0	3	43	23	11.7
5	3	10.1	44.6	26.2	10.9	13	140	41	32.4
6	4	15.2	23.1	19.0	2.3	14	294	159	79.0
7	5	13.9	33.0	22.5	5.2	13	535	162	161.3
8	6	23.1	31.1	27.4	2.8	294	729	511	152.3

В конце работы необходимо представить таблицу размерно-весовых показателей вида и провести анализ полученных данных.

Тема: ТЕМП ЛИНЕЙНОГО РОСТА.

Цель работы: изучение темпа линейного роста.

Порядок выполнения работы

Темп линейного роста – изменение длины с возрастом. Выделяется три типа роста: рост, абсолютный темп линейного роста, относительный темп линейного роста. Исходными данными для анализа роста являются данные полученные в предыдущей теме - размерно-весовые показатели.

Используя данные таблицы из предыдущей работы, составляются таблица и рисунки по линейному росту.

Таблица – Темп линейного роста ... (вид, водоем, год)

Таблица 1. Темп линейного роста рыб (Вид, водоем, год)				
Возраст, годы	Длина, см М	Прирост		n
		см	%	
Самки				
3	13,5	2,0	14,8	40
4	15,5	2,4	15,5	30
5	17,9	-	-	20
Самцы				
.....				
.....				
Оба пола				
.....				
.....				

При расчетах относительного темпа роста длина рыб предшествующего года берется за 100 %:

13,5 – 100 %
 2,0 – X
 X=14,8 %

15,5 – 100 %
 2,4 – X
 X=15,5 %

По данным таблицы строятся графики (рисунки 10-12).

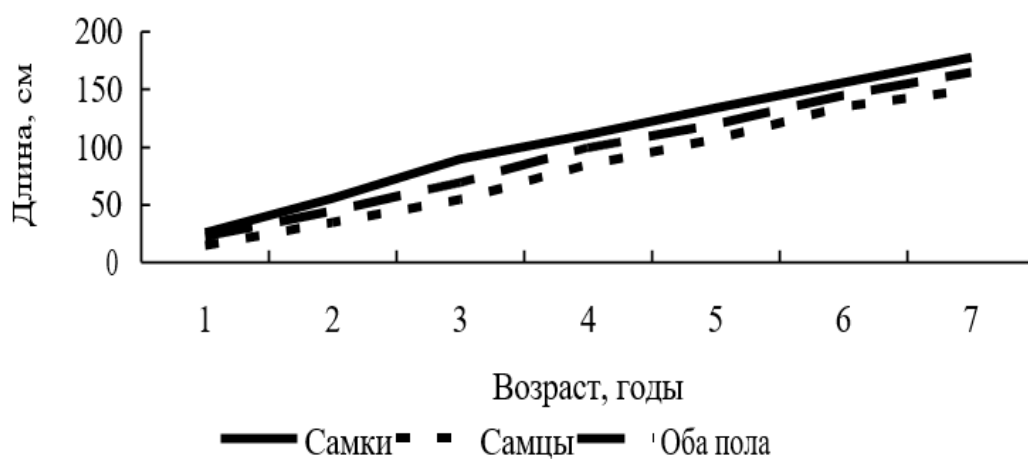


Рисунок 10 – Линейный рост ... (вид, год)

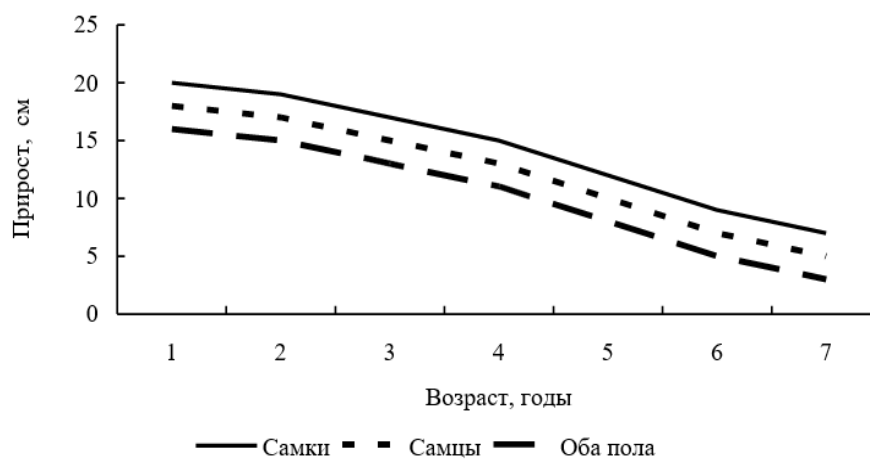


Рисунок 11 – Абсолютный темп линейного роста ... (вид, год)

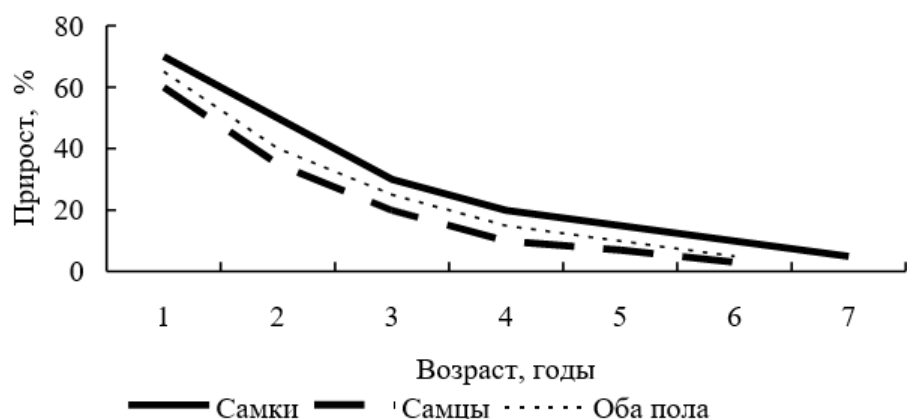


Рисунок 12 – Относительный темп линейного роста ... (вид, год)

Результат работы:

- таблица линейного роста вида;
- график линейного роста;
- график абсолютного темпа линейного роста;
- график относительного темпа линейного роста

Тема: ТЕМП ВЕСОВОГО РОСТА

Цель работы: изучение темпа весового роста.

Порядок выполнения работы

Темп весового роста - изменение массы с возрастом. По аналогии с линейным ростом выделяется три типа роста: рост, абсолютный темп линейного роста, относительный темп линейного роста. Исходными данными для анализа роста являются данные полученные в теме - размерно-весовые показатели.

Анализируя данные таблицы, вычисляется темп весового роста. Вычисления ведутся аналогично темпу линейного роста, только вместо длины рыбы берется масса. Результаты представляются в виде таблицы и графиков.

Таблица – Темп весового роста ... (вид, водоем, год)

Таблица 1. Темп годового роста 1-х (Вид, Возраст, Год)				
Возраст, годы	Масса, г $M \pm m$	Прирост		n
		г	%	
Самки				
3	25,3	9,3	36,8	40
4	34,6	17,5	50,6	30

5	52,1	-	-	20
Самцы				
.....				
.....				
Без различия пола				
.....				

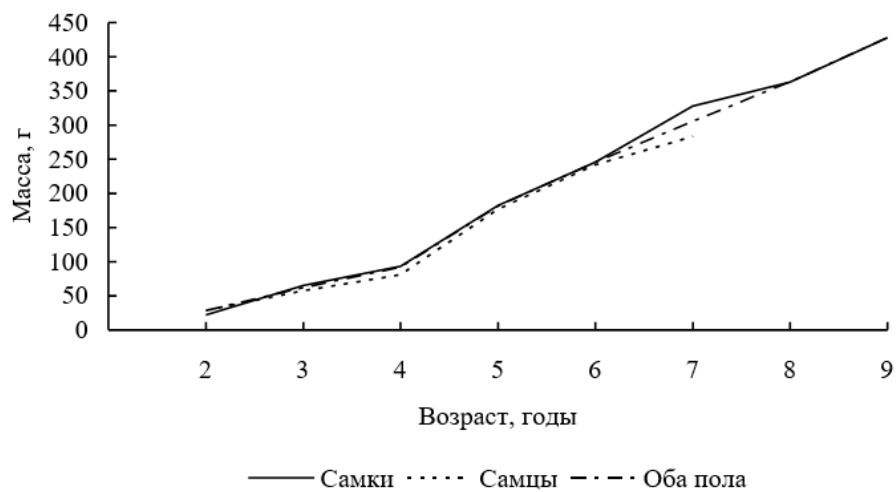


Рисунок 13 – Весовой рост (вид, водоем, год)

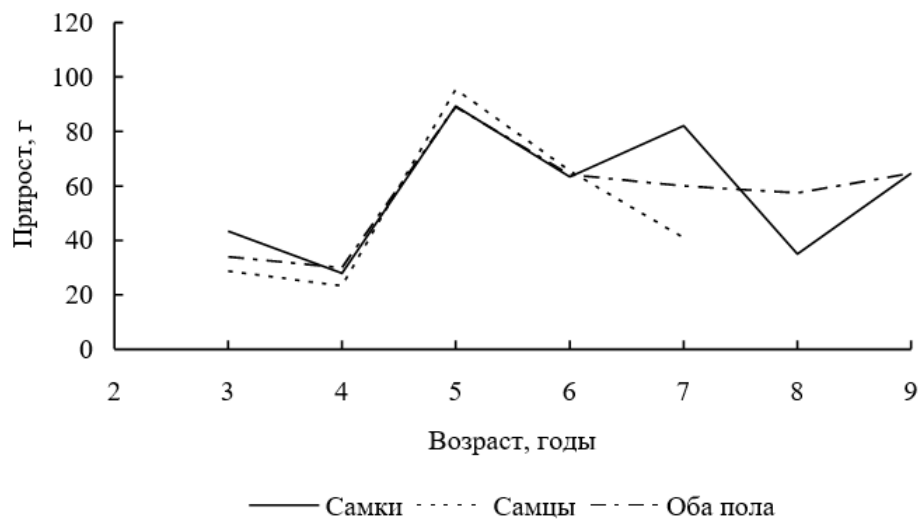


Рисунок 14 – Абсолютный темп весового роста

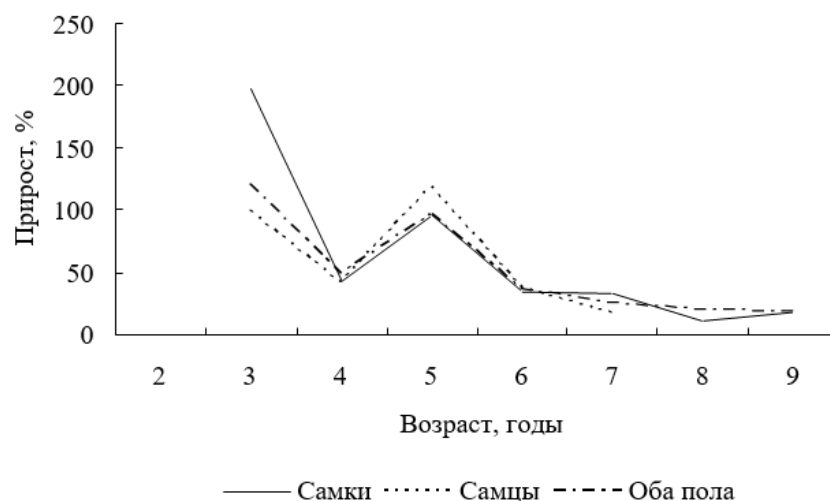


Рисунок 15 – Относительный темп весового роста

Результат работы:

- таблица весового роста вида
- график весового роста;
- график абсолютного темпа весового роста;
- график относительного темпа весового роста

Тема: РАСЧЕТ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РОСТА РЫБ ПО УРАВНЕНИЮ БЕРТАЛАНФИ

Цель занятия: научиться производить расчисления параметров линейного роста рыб по уравнению Берталанфи

Порядок выполнения работы

В рыбохозяйственных исследованиях для описания роста наиболее часто применяют уравнение Берталанфи. Оно входит в математические модели и используются при расчетах смертности.

Уравнения роста рыб служат для описания связи между длиной (l) или массой (w) рыб и их возрастом (t).

По среднегодовым размерным-весовым показателям рыб в популяциях обычно строят кривые роста. Это можно сделать графически, но чаще всего эти кривые можно описать различными уравнениями, с использованием различных параметров. Основными критериями для выбора подходящей кривой роста является высокая степень соответствия данным, учет экологии вида, удобство в расчетах и применении.

При подборе кривых должны учитываться следующие экологические особенности:

1. линейный рост рыб обычно более интенсивен до достижения половой

зрелости, после чего темп линейного роста замедляется;

2. максимальные абсолютные приросты массы тела, как правило наблюдаются у половозрелых рыб;

3. аллометричность роста - выражается в изменении пропорций тела у рыб в течение жизни, соответственно различают изометрический и аллометрический рост).

Наиболее применимы в ихтиологических исследованиях роста рыб два типа уравнений: степенное, имеющее вид $Y = aX^b$ и наиболее часто применяющееся для описания весового роста (тогда $W = at^b$) и уравнение роста Берталанфи. В ряде случаев для линейного роста может иметь место линейная зависимость, а для весового - экспоненциальная ($W = ae^{bc}$). Применяются также логистическая и ряд других кривых роста (Рикер, 1983).

Очень широкое распространение при моделировании процессов динамики численности рыб в популяции и расчетах смертности имеет уравнение Берталанфи. Графически уравнение Берталанфи применительно к линейному росту рыб имеет следующий вид (рисунок 16):

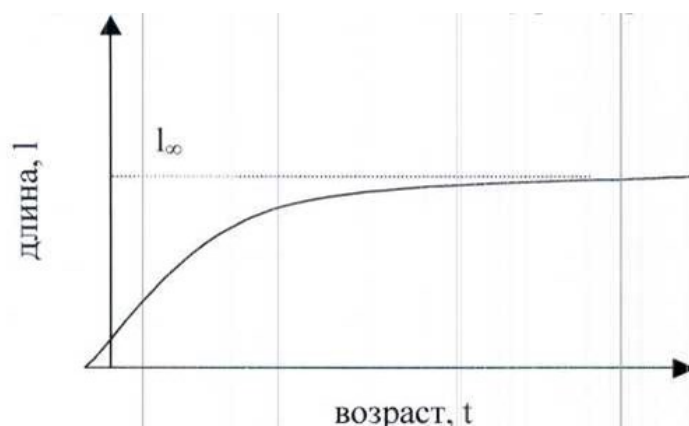


Рисунок 16 – Кривая линейного роста Берталанфи

Данная кривая часто наиболее реально описывает процессы роста рыб и подразумевает, что увеличение размера рыбы асимптотично, т.е. размер стремится к некоторому определенному пределу независимо от того, как долго рыбы живет. На практике это оценка асимптотического размера, его не следует рассматривать как максимальный размер рыбы в популяции. Оценки положения асимптоты в значительной степени зависят от параметров модели, являются скорее математическим допущением, чем реальным явлением.

Математическое выражение уравнения Берталанфи имеет следующий вид:

$$l_t = l_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$$

где l_t - длина рыбы в момент t ;

l_∞ - длина рыбы в возрасте, когда рост теоретически прекращается, т.е. $l_\infty = l_t = l_{t+i}$ при $t \rightarrow \infty$;

k - параметр, который определяет скорость уменьшения прироста длины, имеет размерность – время⁻¹;

t_0 - теоретический возраст, при котором рыба имела бы нулевую длину, если бы росла в соответствии с приведенным уравнением.

Уравнение Берталанфи хорошо описывает рост при использовании средних многолетних данных длины и в случае изометрического роста, когда показатель степени в уравнении связывающим длину и массу рыба равен 3 ($W=al^3$).

Расчет параметров уравнения Берталанфи основан на установленной Уолфордом (Walford, 1946) линейной зависимости между длинами рыбы в два последовательных года: $l_{t+1} = a + bl_t$. Коэффициенты a и b вычисляются по методу наименьших квадратов по формулам:

$$b = \frac{n \sum l_t l_{t+1} - \sum l_t \sum l_{t+1}}{n \sum l_t^2 - (\sum l_t)^2}$$

$$a = \frac{\sum l_{t+1} - b \sum l_t}{n}$$

В соответствии с расчисленными параметрами линейного уравнения определяются коэффициенты l_∞ и k :

$$l_\infty = \frac{a}{1 - b}$$

$$l_\infty = -\ln b$$

Параметр t_0 вычисляется следующим образом:

$$t_0 = \frac{\frac{1}{n} \sum \ln - (l_\infty - l_t) - \ln l_\infty}{k} + \frac{n + 1}{2}$$

Считается, что уравнение Берталанфи хорошо аппроксимирует закон роста исследуемого вида рыбы если ошибка не превышает 5%.

Выполнение работы.

Исходная информация - средние многолетние значения длины рыб для имеющегося возрастного ряда (приложение Д). Рассмотрим пример:

Возраст, t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина l_t , см	14,0	20,3	26,6	30,7	34,0	36,8	41,6	44,6	46,1	47,9

Для расчетов строится вспомогательная таблица:

t	l_t	l_{t+1}	$l_t l_{t+1}$	l_t^2			$(l_{\infty}-l_t)$	$\ln(l_{\infty}-l_t)$
1	14.0	20.3	284.20	196.00			45.2	3.8116
2	20.3	26.6	539.98	412.09	a=	8.424	38.9	3.6616
3	26.6	30.7	816.62	707.56			32.6	3.4851
4	30.7	34.0	1043.80	942.49	b=	0.858	28.5	3.3508
5	34.0	36.8	1251.20	1156.00			25.2	3.2278
6	36.8	41.6	1530.88	1354.24	$l_{\infty}=$	59.2	22.4	3.1102
7	41.6	44.6	1855.36	1730.56			17.6	2.8693
8	44.6	46.1	2056.06	1989.16	k=	0.153	14.6	2.6827
9	46.1	47.9	2208.19	2125.21			13.1	2.5745
10	47.9							
n	$\sum l_t$	$\sum l_{t+1}$	$\sum l_t l_{t+1}$	$\sum l_t^2$				$\sum \ln(l_{\infty}-l_t)$
9	294.7	328.6	11586.29	10613.31				28.7735

Пояснения:

1. В колонку 3 вносится длина рыбы в последующем годовом классе;
2. В колонке 1 величина $\sum l_t$ рассчитывается без учета длины рыбы в последнем возрастном классе (длина рыбы в возрасте 10 лет - 47,9 см исключается);
3. После заполнения колонок 2-5, по вышеприведенным формулам рассчитываются параметры линейного уравнения а и Б, и коэффициенты l_{∞} , k, затем с учетом полученного параметра l_{∞} заполняются колонки 7 и 8 и в последнюю очередь рассчитывается параметр t_0 (коэффициенты а, b и k рассчитываются до третьего знака после запятой).

Для приведенного примера уравнение Берталанфи имеет вид:

$$l_t = 59,2 (1 - e^{-0,15(t+0,763)})$$

Подставляя в уравнение известные эмпирические данные (1 эмпир.) находятся теоретические величины (1 теор.), затем вычисляется величина ошибки (SD%) с помощью следующей таблицы:

Возраст, t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l эмпир	14,0	20,3	26,6	30,7	34,0	36,8	41,6	44,6	46,1	47,9
l теор.	14,0	20,5	26,0	30,7	34,8	38,2	41,2	43,8	46,0	47,9
D=lэмп.- lтеор	0,0	0,2	-0,6	0,0	0,8	1,4	-0,4	-0,8	-0,1	
(D%) ²	0,0	0,65	5,72	0,0	4,83	14,25	0,81	3,44	0,06	

$$SD\% = \sqrt{\frac{\sum(D\%)^2}{n-2}}$$

Если ошибка не превышает 5 %, то уравнение Берталанфи хорошо аппроксимирует закон роста исследуемого вида рыбы для тех возрастов, для которых имеются фактические данные.

В соответствии с полученными теоретическими величинами строится график линейного роста рыбы (рисунок 17).

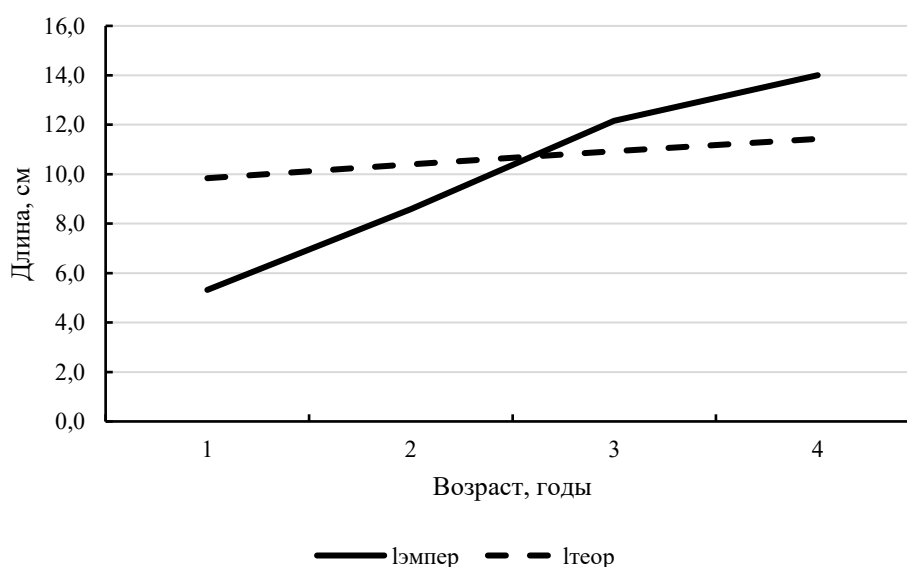


Рисунок 17 – График уравнения Берталанфи

Результат работы:

- таблица с параметрами роста уравнения Берталанфи;
- график фактического линейного роста и линейного роста по уравнению Берталанфи.

Тема: РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ

Цель работы: Научиться описывать функциональную связь между различными биологическими параметрами с помощью регрессионного анализа.

Порядок выполнения работы

Регрессионный анализ заключается в математическом описании функциональной связи между различными биологическими параметрами. Эти зависимости используются для прогнозирования изменения одного параметра в зависимости от другого и определения теоретических значений параметра в тех случаях, когда отсутствуют фактические данные. В ихтиологии обычно принято описывать следующие связи в виде уравнения $y=f(x)$:

- зависимость массы рыбы от ее длины $W=f(L)$;
- зависимость между длиной зоологической и длиной промысловой $L_z=f(L)$;
- зависимость длины по Смитту от длины промысловой $L_s=f(L)$;
- зависимость длина–возраст $L=f(t)$;
- зависимость масса–возраст $W=f(t)$;
- зависимость абсолютной плодовитости от длины тела, массы особи и ее возраста $E=f(L)$, $E=f(W)$, $E=f(t)$.

Для описания используются три вида функций, представленных в таблице.

Таблица - Функции, используемые для регрессионного анализа биологических параметров

Название	Формула	Линейная форма	Параметры для расчетов					
Линейная	$Y=a+bx$	$Y=a+bx$	$\sum x$	$\sum x^2$	$\sum y$	$\sum y^2$	$\sum xy$	n
Степенная	$Y=ax^b$	$\ln(y)=\ln(a)+b\ln(x)$	$\sum \ln x$	$\sum \ln^2 x$	$\sum \ln y$	$\sum \ln^2 y$	$\sum \ln x \ln y$	n
Экспоненциальная	$Y=ae^{bx}$	$\ln(y)=\ln(a)+bx$	$\sum x$	$\sum x^2$	$\sum \ln y$	$\sum \ln^2 y$	$\sum x \ln y$	n

Аппроксимация функций и нахождение неизвестных членов a , b и коэффициента корреляции r осуществляется методом наименьших квадратов по формулам:

$$a = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum xy \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2};$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2};$$

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

Учитывая, что заранее неизвестен наиболее адекватный вид функций, рассчитываются все три вида функций, а затем выбирается та, которая имеет наибольшее значение коэффициента корреляции. При этом параметры линейной функции вычисляются по указанным формулам, а для вычисления параметров степенной и экспоненциальной функцией берутся соответствующие значения из таблицы выше.

Расчет удобнее проводить в таблице. Пример расчета зависимости массы рыбы (у) от ее длины (х) и результаты приведены в таблицах. Расчеты ведутся до четвертого десятичного знака.

Таблица - Пример расчета для выявления зависимости массы рыб (у) от длины (х)

x	y	x^2	y^2	xy	ln x	$(\ln x)^2$	ln y	$(\ln y)^2$	xln y
10	19	100	361	190	2,3026	5,3019	2,9444	8,6697	29,4444
15	60	225	3600	900	2,7081	7,3335	4,0943	16,7637	61,4152
15	77	225	5929	1155	2,7081	7,3335	4,3438	18,8686	65,1571
11	26	121	676	286	2,3979	5,7499	3,2581	10,6152	35,8391
10	23	100	529	230	2,3026	5,3019	3,1355	9,8313	31,3549
14	54	196	2916	756	2,6391	6,9646	3,9890	15,9120	55,8458
11	24	121	576	264	2,3979	5,7499	3,1781	10,1000	34,9586
10	16	100	256	160	2,3026	5,3019	2,7726	7,6872	27,7259
16	77	256	5929	1232	2,7726	7,6872	4,3438	18,8686	69,5009
14	59	196	3481	826	2,6391	6,9646	4,0775	16,6263	57,0855
14	57	196	3249	798	2,6391	6,9646	4,0431	16,3463	56,6027
□□140	492	1836	27502	6797	27,8094	70,6537	40,1802	150,2890	524,9300

Таблица - Результаты расчета зависимости массы рыбы (у) от длины (х)

Уравнение	Коэффициент		
	a	b	r
$y=a+bx$	-269,3	22,64	0,94
$y=ax^b$	0,021	2,88	0,99
$y=aebx$	4,13	0,151	0,97

Результат работы:

- таблица с параметрами уравнения регрессии длина-масса;
- графики зависимостей.

Тема: ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА УПИТАННОСТИ ... (ВИД, ГОД)

Цель работы: изучение возрастной динамики упитанности, жирности, наполнения желудочно-кишечного тракта.

Порядок выполнения работы

Упитанность рыб определяются по удельному весу рыбы, который условно определяется по формуле, предложенной Фультоном или Кларк. Возрастная

динамика упитанности показывает изменение данного показателя с возрастом с группировкой по полу.

Упитанность рыб определяется по удельному весу рыбы, который условно определяется по формуле, предложенной Фультоном или Кларк:

$$K_J = \frac{W}{L^3} 100 ;$$

$$K_K = \frac{W_p}{L^3} 100,$$

где W - масса рыбы;

L – длина рыбы;

W_p – масса рыбы без внутренностей.

По приведенным выше формулам рассчитываются коэффициенты упитанности для каждой особи пробы, а затем для группы особей (одного возраста и пола) рассчитывается среднее значение и заносятся в таблицу.

$$M = \frac{\sum x}{n}$$

Таблица - Возрастная динамика упитанности (вид) (K_f - по Фультону, K_k – по Кларк)

Возраст, годы	Самки			Самцы			Оба пола		
	K _f	K _k	n	K _f	K _k	n	K _f	K _k	n

Примечание: длина рыбы (L_z или L) и коэффициенты Фультона и Кларк (K_f и K_k) берутся по указанию преподавателя

Результатом работы является таблица возрастной динамики упитанности и ее анализ с описанием.

Тема: ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ЖИРНОСТИ, НАПОЛНЕНИЯ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА ... (ВИД).

Цель работы: изучение возрастной динамики жирности, наполнения желудочно-кишечного тракта.

Порядок выполнения работы

Возрастная динамика жирности показывает среднее изменение жирности у данного вида рыб с группировкой по полу.

Возрастная динамика наполнения желудочно-кишечного тракта показывает среднее изменение наполнения у данного вида рыб с группировкой по полу.

Для заполнения таблицы необходимо рассчитать среднее значение для каждой группы рыб при этом, значение наполнения желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) рассчитывается для каждого отдела (пищевод, желудок, кишечник) до десятых долей и записывается через «;». Например: 1.3; 1.0; 1.1.

Таблица - Возрастная динамика ожирения и наполнения желудочно-кишечного тракта

Возраст, годы	Самки			Самцы			Оба пола		
	ожире- ние	напол- нение	n	ожире- ние	напол- нение	n	ожире- ние	напол- нение	n

Результат работы:

- таблица возрастная динамика ожирения и наполнения желудочно-кишечного тракта;
- анализ полученных результатов.

Тема: ПОЛОВАЯ И РЕПРОДУКТИВНАЯ СТРУКТУРА (ВИД)

Цель работы: изучить половую и репродуктивную структуры.

Порядок выполнения работы

Половая структура показывает соотношение полов с группировкой по возрасту, репродуктивная структура показывает соотношение репродуктивных групп в улове с группировкой по возрасту.

Половая и репродуктивная структура представлена в виде таблицы:

Таблица - Половая и репродуктивная структура ... (вид, год)

Возраст, годы	Неполовозрелые		Самцы		Самки		Доля созревших особей				n
							самцы		самки		
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	

При заполнении таблицы следует иметь ввиду, что созревшими считаются рыбы, имеющие стадии зрелости III, IV, V, VI, VI-II. Например, если в пробе 4-годовиков было 20 самцов и из них 10 имели гонады в III и VI-II стадиях зрелости, следовательно, доля созревших самцов 4-годовиков будет 10 экз. и 50 %.

Для заполнения следующих таблиц (АИП – абсолютная индивидуальная плодовитость, ОИП – относительная индивидуальная плодовитость) используются данные биологического анализа. В тех случаях, когда число самок одного возраста меньше 4-х, вычисляется только М, без стандартного отклонения и коэффициента вариации.

Таблица - Репродуктивная структура ... (вид, год)

Пол	Стадии зрелости														n
	I		II		III		IV		V		VI		VI-II		
	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%	
Самки															
Самцы															
Всего															

Таблица - Возрастная динамики плодовитости (вид, год)

Возраст, годы	АИП, тыс. шт.			ОИП, тыс. шт.			n
	$M \pm m$ $X_{\min} - X_{\max}$	σ $\bar{V}$		$M \pm m$ $X_{\min} - X_{\max}$	σ $\bar{V}$		

Для вычисления ОИП берется средняя индивидуальная плодовитость данного возраста делится на среднюю массу этих самок.

Результат работы (приложение Е):

- таблица и круговая диаграмма половая структура улова;
- таблица и гистограмма репродуктивная структура улова.
- таблица возрастной динамики плодовитости.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основная литература:

1. Бонк, А. А. Методы рыбохозяйственных исследований: учеб пособие / А. А. Бонк, В. И. Карпенко, Ю. К. Алдушина, А. В. Алдушин [и др.]. – Калининград, 2022. – 216 с.
2. Методы рыбохозяйственных исследований: учеб. пособие / М. Л. Калайда; Л. К. Говоркова. – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2013. – 288 с.
3. Методы рыбохозяйственных исследований: учеб. пособие / Ю. В. Пряхин, В. А. Шкицкий. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов на Дону: ЮНЦ РАН, 2008. – 251 с.

Дополнительная литература:

1. Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин; ред. П. А. Дрягин. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
2. Шибаев, С. В. Промысловая ихтиология: учебник / С. В. Шибаев. – 2-е изд., перераб. – Калининград: Аксиос, 2014. – 535 с.
3. Математические методы в биологии. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2012. – 196 с.
4. Братусь, А. С. Динамические системы и модели биологии / А. С. Братусь, А. С. Новожилов, А. П. Платонов. – Москва: Физматлит, 2009. – 400с.

КАРТОЧКА АНАЛИЗА ВИДОВОГО И РАЗМЕРНОГО СОСТАВА УЛОВА № _____

Водоем:				Температура: воздуха:		Тип орудия лова:	
Съемка:		Дата:		воды:		Спецификация:	
Номер:			Время:			Шаг ячеи, мм:	макс. мин.
Широта:		Долгота:		Ветер: направление, град:		Характеристика одного орудия, м:	
Станция:				сила, баллы (0-12):		Длина	Ширина Высота
Квадрат:				Волнение, баллы (0-9):		Количество орудий:	
Участок:				Облачность, баллы (0-10):		Начало лова: дата:	время:
				Осадки:		Конец лова: дата:	время:
				Атм. явления:		Горизонт: сред:	мин. макс.
Глубина:	средн.	миним:	макс:	Организация:		Продолжительность лова, час:мин	
Грунт:				Наблюдатель:		Скорость траления, узлы (км/час)	
Фиталь:				Коллектор:		Курс траления, град (1-360):	
				Капитан/бригадир:		Длина зоны облова, м	
				Судно/бригада:		Площадь облова, га	
				Примечания:		Обловленный объем, м3	
						Промысловое усилие	

Измеряемая длина: **L_z** (зоологическая), **L_s** (по Смитту), **L** (промысловая)

Общий улов		кг
		шт

[illegible]

Шкала зрелости половых продуктов

Стадия	Самки	Самцы
Juv	Ювенальная стадия (неполовозрелые). Невооруженным глазом пол неразличим. Гонады имеют вид тонких нитей.	
II	Подготовительная стадия. Гонады начинают созревать и восстанавливаться после икрометания у повторно нерестующих рыб, пол различим. Стадия у большинства рыб продолжается все лето.	
	У самок яичники имеют вид прозрачных тяжей, вдоль которых идет кровеносный сосуд. Икринки невооруженным глазом не видны.	Семенники имеют вид уплощенных тяжей розовато-беловатого цвета.
III	Созревание. Яичники увеличиваются в объеме. В этой стадии весенне-нерестующие рыбы могут находиться со второй половины лета до весны следующего года.	
	Невооруженным глазом видны икринки, они имеют многогранную форму и при соскобе плохо разделяются (комочки). Прозрачность их уменьшается, к концу стадии становятся непрозрачными.	Семенники имеют более расширенную переднюю часть, сужаясь сзади. При поперечном разрезе их края не оплывают.
IV	Зрелость. Гонады достигают почти максимального развития, занимают до 2/3 объема полости тела (непродолжительная стадия).	
	Икринки становятся крупными, округлыми и легко отделяются друг от друга. В конце стадии они становятся слабо прозрачными, при надавливании выделяется капля икры.	Семенники белого цвета, наполнены жидкими молоками, на поперечном разрезе оплывают. При надавливании на брюшко рыбы, из мочепоолового отверстия выделяются капли спермы с кровью.
V	Икрометание. Самки и самцы текучие - при легком надавливании на брюшко рыбы из мочепоолового отверстия легко выделяется икра или сперма.	
VI	Выбой. Половые продукты выметан полностью.	
	Гонады дряблые и воспаленные. Они полны крови. У самок в ястыках может наблюдаться небольшое количество икринок	Гонады дряблые и воспаленные, темно-красного цвета.
VI- II	Восстановительная стадия. Гонады восстанавливаются после икрометания, приобретают упругую форму, однако участки ястыков и семенников у мочепоолового отверстия остаются воспаленными.	

Образец чешуйной книжки

Чешуйная книжка № _____

Водоем

Вид рыбы

Номера

Дата начала

Дата окончания

Коллектор

Дата

Станция, орудие, ячея

Кол-во

№

Водоем

Дата

Район, квадрат, станция

Орудие лова, шаг ячеи

Вид рыбы

Lz

Лs

L

W

Wp

Wg

S

Z

H

O

mg

Обозначения:

Lz – длина зоологическая, см;

Ls – длина по Смитту, см;

L – длина промысловая, см;

W – масса общая, г;

Wp – масса без внутренностей, г;

Wg – масса гонад (для + IV);

Wf – масса пищевого комка, г;

mg – навеска икры на плодовитость;

S – пол (Juv, +, >, G);

Z – зрелость (I, II, III, IV, V, VI, VI-II);

H – наполнение ЖКТ (000-555);

O – ожирение (0-3)

№

Водоем

Дата

Район, квадрат, станция

Орудие лова, шаг ячеи

Вид рыбы

Lz

Лs

L

W

Wp

Wg

S

Z

H

O

mg

линия сгиба

Критические значения t -критерия Стьюдента

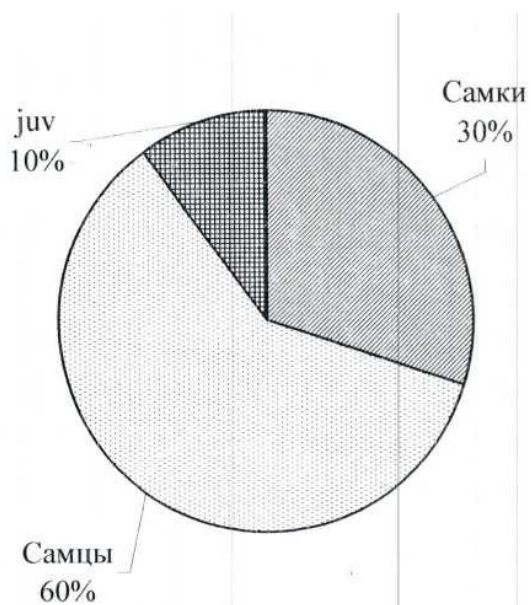
Число степеней свободы d.f.	α			Число степеней свободы d.f.	α		
	00,10	0,05	0,01		00,10	0,05	0,01
1	6,3138	12,706	63,657	18	1,7341	2,1009	2,8784
2	2,9200	4,3027	9,9248	19	1,7291	2,0930	2,8609
3	2,3534	3,1825	5,8409	20	1,7247	2,0860	2,8453
4	2,1318	2,7764	4,5041	21	1,7207	2,0796	2,8314
5	2,0150	2,5706	4,0321	22	1,7171	2,0739	2,8188
6	1,9432	2,4469	3,7074	23	1,7139	2,0687	2,8073
7	1,8946	2,3646	3,4995	24	1,7109	2,0639	2,7969
8	1,8595	2,3060	3,3554	25	1,7081	2,0595	2,7874
9	1,8331	2,2622	3,2498	26	1,7056	2,0555	2,7787
10	1,8125	2,2281	3,1693	27	1,7033	2,0518	2,7707
11	1,7959	2,2010	3,1058	28	1,7011	2,0484	2,7633
12	1,7823	2,1788	3,0545	29	1,6991	2,0452	2,7564
13	1,7709	2,1604	3,0123	30	1,6973	2,0423	2,7500
14	1,7613	2,1448	2,9768	40	1,6839	2,0211	2,7045
15	1,7530	2,1315	2,9467	60	1,6707	2,0003	2,6603
16	1,7459	2,1199	2,9208	120	1,6577	1,9799	2,6174
17	1,7396	2,1098	2,8982	∞	1,6449	1,9600	2,5758

**Варианты для расчета параметров линейного роста рыб
по уравнению Бергаланфи**

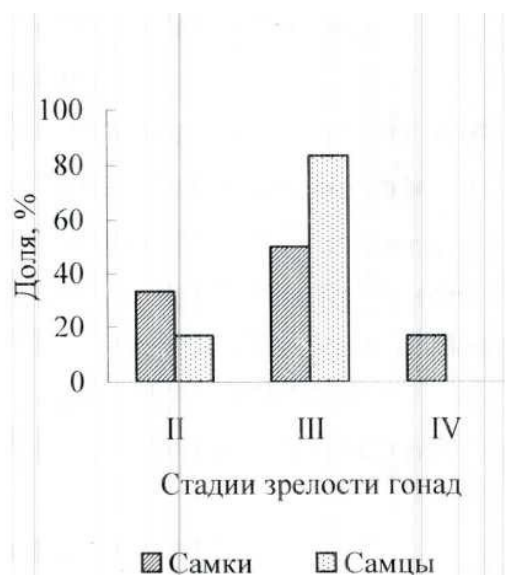
вид		возраст, годы												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	серебр.хек	пример												
		14.0	20.3	26.6	30.7	34.0	36.8	41.6	44.6	46.1	47.9			
		варианты												
1	щука	18.0	29.0	38.7	44.4	52.8	58.0	59.9	63.6	66.9	67.3	67.6	69.4	
2	сазан	11.0	18.9	25.4	31.7	36.8	40.9	44.1	47.9	48.8	50.4	50.6	52.8	53.6
3	лещ	7.1	13.6	17.5	24.3	27.4	31.3	33.2	37.5	40.0	42.3	44.9	49.5	49.0
4	плотва 1	5.5	7.9	9.5	12.0	14.1	16.0	16.5	18.6	19.0	20.0	20.4	21.3	22.0
5	плотва 2	5.5	8.6	10.1	11.9	13.5	14.9	16.8	17.9	19.0	20.0	21.0	21.3	21.3
6	язь	9.6	13.5	17.4	19.9	24.2	27.3	29.4	35.0	37.4	37.4	38.4	40.6	42.1
7	омуль прибреж.	11.2	15.5	20.3	22.8	24.7	26.4	27.6	28.7	29.9	31.3			
8	омуль придон.	8.6	12.1	16.1	19.3	21.0	22.5	24.3	26.1	27.5	29.0	30.5	31.5	31.8
9	омуль пелагич.	9.0	15.9	20.5	23.4	25.7	27.4	29.2	30.9	32.4	33.3	34.5	35.0	
10	сиг-пыжьян	11.0	14.4	19.3	22.6	25.4	25.5	26.7	28.8	29.1	29.5	29.8	30.3	31.0
11	ромб. камбала	10.6	16.6	21.8	28.8	32.0	35.0	36.6	38.8	41.0	42.1			
12	голубой тунец	64.0	81.5	97.5	118	136	153	169	182	195	206	216	227	239

Образец оформления табличного и графического материала по половой и репродуктивной структуре

Пол	Ед. изм.	Всего	juv	Стадии зрелости					Общий итог
				II	III	IV	V	VI	
Самки	шт.	6	-	2	3	1	-	-	6
	%	30,0	-	33,3	50,0	16,7	-	-	100,0
Самцы	шт.	12	-	2	10	-	-	-	2
	%	60,0	-	16,7	83,3	-	-	-	100,0
juv	шт.	12	2	-	-	-	-	-	2
	%	10,0	100	-	-	-	-	-	100,0



Характеристика репродуктивной структуры



Локальный электронный методический материал

Татьяна Сергеевна Гулина

Методы рыбохозяйственных исследований

Редактор И. Голубева

Уч.-изд. л. 5,0. Печ. л. 4,2.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1