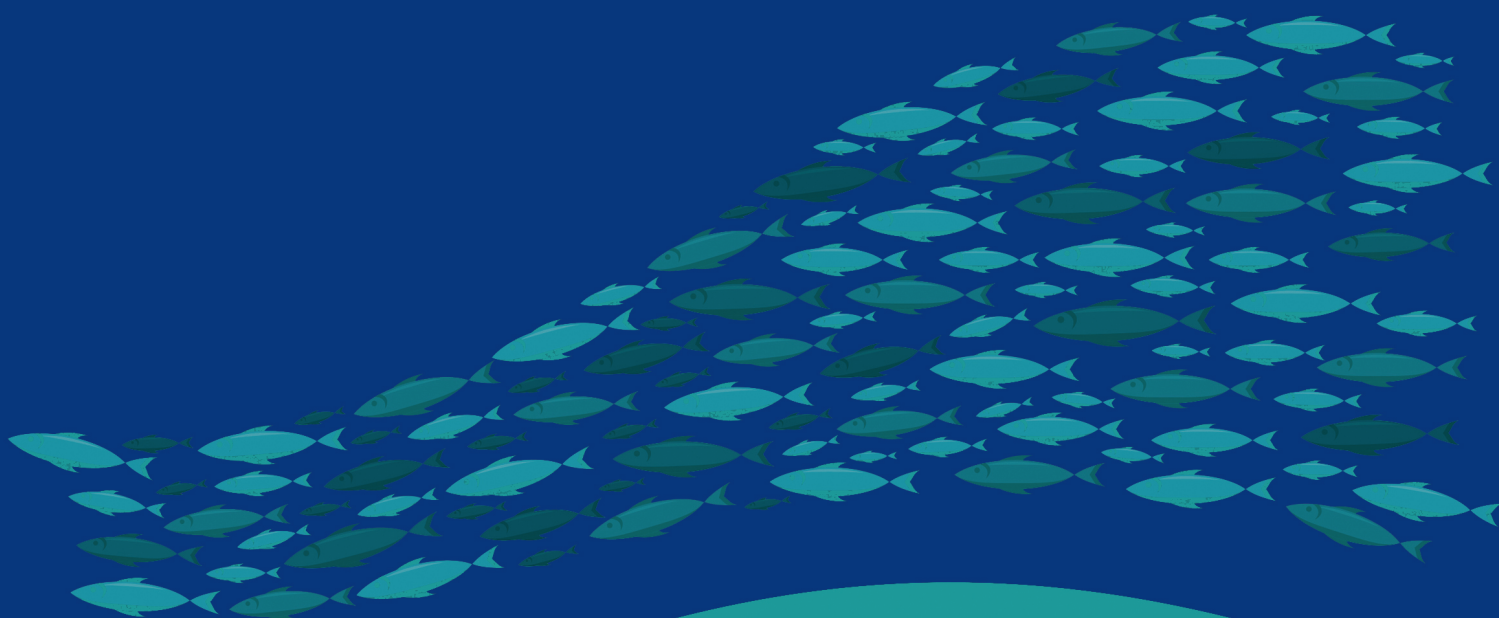


МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ИХТИОЛОГИИ

ПРОГРАММЫ СПЕЦКУРСОВ КАФЕДРЫ ИХТИОЛОГИИ



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ИХТИОЛОГИИ

ПРОГРАММЫ СПЕЦКУРСОВ КАФЕДРЫ ИХТИОЛОГИИ



КОНСТАНТА
Белгород, 2026

УДК 597.2/5(075.8)

ББК 28.693.33я73

П78

*Рекомендовано к опубликованию решением Учёного
и Учебно-методического советов биологического факультета
Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова*

П78 Программы спецкурсов кафедры ихтиологии / составители: А. О. Касумян, В. В. Зданович, Н. В. Белова и др. ; Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Биологический факультет, Кафедра ихтиологии. – Белгород : КОНСТАНТА, 2026. – 230 с.

ISBN 978-5-908148-07-8

Составители: Касумян А.О., Зданович В.В., Белова Н.В., Бурлаков А.Б., Бурменский В.А., Глубоковский М.К., Груздева М.А., Девицина Г.В., Дгебуадзе Ю.Ю., Емельянова Н.Г., Кондратьева И.А., Криксунов Е.А., Кузищин К.В., Лобырев Ф.С., Ляпина Т.Н., Малютина А.М., Мельникова М.Н., Михайлова Е.С., Осинев А.Г., Павлов Д.А., Павлов Д.С., Павлов С.Д., Пичугин М.Ю., Пономарева Е.В., Романов А.В., Самойлов К.Ю., Семенова А.В., Строганов А.Н., Шадрин А.М.

Настоящий сборник содержит учебные программы обязательных, по выбору и факультативных лекционных спецкурсов, по которым ведётся обучение студентов на кафедре ихтиологии биологического факультета МГУ. В сборник включены также программы разделов Большого практикума и учебно-производственной практики студентов кафедры ихтиологии и программы разделов по ихтиологии летних полевых практик студентов 1-2 курсов биологического факультета, проводимых на базе Звенигородской и Беломорской биологических станций МГУ.

УДК 597.2/5(075.8)

ББК 28.693.33я73

ISBN 978-5-908148-07-8

© МГУ имени М.В. Ломоносова, 2026
© КОНСТАНТА, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
5 СЕМЕСТР	6
Общая ихтиология	5
Общая гидробиология	11
Методы ихтиологических исследований	15
6 СЕМЕСТР	17
Общая ихтиология	17
Рост и возраст рыб	22
Экология рыб экстремальных сред обитания	25
Размножение рыб в водоёмах разных широт	28
Учебно-производственная практика студентов после 3-го курса (на ББС МГУ)	31
7 СЕМЕСТР	37
Эмбриология рыб	37
Анатомия рыб (большой практикум)	44
Гаметогенез рыб	46
Основы гидрологии водоёмов	50
Основы создания и улучшения пород рыб	53
Система примитивных рыб (большой практикум)	57
Палеоихтиология	68
8 СЕМЕСТР	73
Сравнительная анатомия рыб	73
Биоразнообразие, филогенетика и систематика рыб	77
Система неотелеостей – продвинутых рыб (большой практикум)	82
Основы содержания рыб в неволе	94
Эмбриология рыб (большой практикум)	96
Трофология рыб (большой практикум)	99

9 СЕМЕСТР	102
Основы популяционного анализа	102
Онтогенез рыб	106
Генетика и селекция рыб	111
История ихтиологии	116
Экосистемное моделирование	119
Аквакультура рыб	121
Практическая биостатистика	126
Четвертичная ихтиофауна	130
Модификации раннего онтогенеза рыб	134
Экология популяций и сообществ рыб	137
Основные методы генетических исследований рыб (большой практикум)	144
10 СЕМЕСТР	147
Физиология рыб	147
Поведение и миграции рыб	153
Эндокринология рыб	157
География рыб	160
Ихтиопланктон	167
Иммунология рыб	170
Государственная система охраны и управления водными биоресурсами	174
11 СЕМЕСТР	178
Частная ихтиология	178
Популяционная и эволюционная биология рыб	189
Коммуникации рыб	195
Экспериментальные исследования по ихтиологии	199
Биологические инвазии чужеродных видов	203
Актуальные проблемы современной ихтиологии	209
Инструментальные методы исследований в ихтиологии	216
Ихтиологический мониторинг	220
ПОЛЕВЫЕ ПРАКТИКИ СТУДЕНТОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА (ИХТИОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ)	224
Летняя полевая практика студентов после 1 года обучения, ЗБС МГУ	224
Летняя полевая практика студентов после 2 года обучения, ББС МГУ	226

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебные программы, вошедшие в настоящий сборник, охватывают все основные направления ихтиологии, начиная от таких классических дисциплин как систематика, анатомия и эмбриология рыб и заканчивая поведением рыб, теорией динамики популяций, аквакультурой и государственной системой охраны и управления водными биоресурсами. Обучение студентов по этим программам ведётся на кафедре ихтиологии МГУ и направлено на подготовку квалифицированных молодых специалистов, обладающих высокой теоретической подготовкой по всем базовым вопросам биологии рыб и имеющих хорошие практические навыки, прежде всего для выполнения научных исследований.

Спецкурсы и практикумы, по которым ведётся обучение студентов на кафедре ихтиологии, имеют разную историю. У истоков создания многих программ стояли знаменитые предшественники, профессора кафедры Г.В. Никольский, В.В. Васнецов, С.Г. Крыжановский, В.Д. Лебедев, С.Г. Соин. Другие спецкурсы созданы и внедрены в учебный процесс позже или относительно недавно. Программы всех спецкурсов подвергаются постоянной модернизации и дополнению в соответствии с новыми знаниями и возникающими перспективными направлениями в рассматриваемой области. Спецкурсы прошли успешную апробацию временем. По многим из этих программ занималось не одно поколение студентов, многие из которых впоследствии стали известными специалистами мирового уровня в различных областях ихтиологии и биологии, организаторами и руководителями научных коллективов. В сборник включены не только программы лекционных курсов, но и программы разделов Большого практикума и летней практики студентов. Большое значение в подготовке молодых кадров-ихтиологов имеет также опыт практической научной работы, приобретаемый нашими студентами в ходе выполнения своих курсовых и выпускных квалификационных работ – самостоятельных научных задач, решаемых под руководством опытных наставников.

К обучению на кафедре ихтиологии студенты приступают начиная с 3-го курса специалитета, т. е. с 5-го семестра. Учебные программы спецкурсов и практикумов в сборнике приведены в соответствии с той последовательностью, в которой происходит их освоение студентами. В пределах каждого из семестров вначале приведены программы обязательных дисциплин, затем дисциплин по выбору и факультативов.

Ответственный редактор сборника
заведующий кафедрой ихтиологии профессор А.О. Касумян

5 СЕМЕСТР

ОБЩАЯ ИХТИОЛОГИЯ (курс лекций, обязательный)

Тема 1. Предмет, содержание, цели и задачи ихтиологии

Место ихтиологии в системе биологических дисциплин. Эволюция и основные группы рыб и рыбообразных. Число видов. Разнообразие рыб их адаптации к жизни в водной среде. Рыбы как важнейший ресурс человечества, области использования. Рациональная эксплуатация биоресурсов гидросферы. Теоретические основы ихтиологии: представление о единстве организма и среды; понятие о виде, популяции, популяционной изменчивости и адаптациях рыб; представления о развитии рыб в онтогенезе и филогенезе; теория биологического прогресса видов А.Н. Северцова; теория динамики стада рыб; теория рыбопродуктивности водоёмов.

Тема 2. Основные этапы развития ихтиологии

Древний мир; средневековье; период великих географических открытий; становление ихтиологии как дисциплины в XVIII–XIX вв.; ихтиология в XX и XXI веках. Развитие ихтиологии в России. Основные этапы в изучении ихтиофауны пресных и морских водоёмов. Важнейшие экспедиции: Великая северная экспедиция В. Беринга (1732–1743), Большая Академическая экспедиция (1768–1774), экспедиции К. Бэра и Н. Данилевского (1851–1870 гг.), Мурманская научно-промысловая экспедиция (1898–1908) Н.М. Книповича. Первые биостанции: Севастопольская; Неаполитанская; Соловецкая; Глубокое озеро. Развитие ихтиологических исследований в СССР. Организация Плавморнина. Основные морские научно-промысловые экспедиции. Изучение ихтиофауны крупнейших пресноводных водоёмов страны. Развитие исследований ихтиофауны Мирового океана.

Тема 3. Выдающиеся отечественные и зарубежные ихтиологи

С.П. Крашенинников, И.И. Лепехин, П.С. Паллас, К. Бэр, П.Я. Данилевский, К.Ф. Кэсслер, Л.С. Берг, Г.В. Никольский, П. Артеди, К. Линей, Ж. Кювье, И. Мюллер, Д. Джордэн, Э. Стеншио. Структура, организация и основные направления научно-исследовательских работ институтов и учреждений системы Федерального агентства по рыболовству, Российской академии наук и Министерства науки и образования. Современные периодические журналы по ихтиологии, базы данных.

Тема 4. Основные представления о систематике и эволюции рыб

Основные задачи систематики и география рыб, их значение для практики рыбного хозяйства. Представление об ареале вида. Типы ареалов. Амфибореальность, биполярность. Краткий обзор истории развития системы рыб и рыбообразных от Аристотеля до XX века. Современные представления о системе и эволюции и филогении рыбообразных и рыб. Современные системы (Дж. Нельсон). Разнообразие классов первичноводных черепных животных. Эволюционная история на протяжении Мезозойской и Кайнозойской эры. Современные классы. Краткий обзор структуры класса Хрящевых рыб. Краткий обзор структура класса Лучепёрых рыб: подклассы и крупнейшие подразделения – надотряды. Костистые рыбы – важная группа черепных (позвоночных) животных. Структура разнообразия ныне живущих костистых рыб.

Тема 5. Водная среда и морфо-функциональные основы жизнедеятельности рыб

Водная среда, факторы воздействия и закон экологической толерантности. Физико-химические свойства воды: плотность, вязкость; температура; теплоёмкость; освещённость; прозрачность; электропроводность; звукопроводность; гидростатическое давление; растворимость газов; солёность; pH; растворённые органические вещества. Общий план строения и форма тела рыб в связи с особенностями жизни в водной среде.

Тема 6. Плавучесть рыб

Центр тяжести и центр плавучести у рыб. Гидростатические и гидродинамические адаптации рыб, направленные на нейтрализацию действия силы тяжести. Особенности адаптаций у разных групп рыб, на разных этапах онтогенеза: уменьшение общего количества тяжёлых компонентов; замена более плотных веществ менее плотными; образование полостей, заполненных газами. Гидродинамические адаптации и механизмы образования подъёмной силы при движении рыб – роль плавников, формы тела, рострума. Образование подъёмной силы за счёт «поддерживающих» движений плавников. Изменение соотношения роли гидродинамических и гидростатических адаптаций в эволюции рыб.

Тема 7. Движение рыб

Способы движения рыб. Общий план строения движителя рыб. Пропульсивные элементы тела. Характер прохождения локомоторной волны по телу рыбы. Особенности строения рыб с различным к.п.д. движителя и разными скоростями движения. Адаптации, направленные на снижение гидродинамического сопротивления. Энергетика движения. Парадокс Грея. Классификация скоростей плавания. Бросковые. Максимальные и крейсерские скорости плавания. Понятие плавательной способности рыб.

Тема 8. Строение и функции плавников

Маневрирование. Строение, функции и типы хвостовых плавников. Особенности строения и эволюции чешуйного покрова в связи с характером двигательной активности рыб. Другие типы движения. Особенности строения плавников, выполняющих роль движителя у рыб. Лоцманирование. Полёт рыб. Особенности внешнего и внутреннего строения летучих рыб. Приспособительное значение полёта как способа передвижения рыб.

Тема 9. Окраска рыб. Основные типы окраски у рыб

Типы пигментов, строение и классификация хроматофоров. Механизмы регуляции характера пигментации. Функциональное значение окраски рыб. Изменение окраски и формы тела как способ защиты от врагов. Типы мимикрии.

Тема 10. Зрение. Слуховая система. Сейсмосенсорная система

Строение глаза у рыб. Основные функциональные характеристики зрения: пороговая чувствительность, зрительные поля, ретиномоторная реакция, цветовое и УФ зрение. Зрение глубоководных рыб. Зрительная сигнализация у рыб. Слуховая система, принципы восприятия звуков рыбами. Способы генерации звуков, классификация звуков, биоакустика рыб. Строение и типы невроматов, расположение каналов боковой линии. Источники адекватных стимулов для сейсмосенсорной системы, роль системы в жизни рыб.

Тема 11. Обонятельная и вкусовая системы, электрорецепция

Разнообразие строения органа обоняния у рыб. Функциональные параметры обоняния. Источники и природа химических сигналов рыб, роль обоняния в поведении рыб. Вкусовая система, строение и распределение вкусовых почек у рыб, вкусовая чувствительность. Вкусовые предпочтения, их видовая специфичность и популяционные особенности. Типы электрорецепторов, их строение и топография. Электрические органы, слабо- и сильно электрические рыбы. Роль электрорецепции и электрогенерации в ориентации и коммуникации у рыб.

Тема 12. Роль движения водных масс в жизни рыб

Классификация течений. Понятие продольной зональности в реках. Реофильные и лимнофильные рыбы. Рыбное население плёсов и перекатов. Группы рыб (по Хора) в соответствии с характером места обитания в речном потоке. Морфологические и поведенческие адаптации рыб к обитанию в потоке. Реореакция рыб. Особенности ориентации рыб в потоке воды. Течения как фактор расселения рыб. Миграции рыб в контексте речных и морских течений. Расселение икры и личинок рыб с помощью течения. Приливно-отливные течения. Смерчи, воздушный перенос рыб, «рыбные дожди».

Рекомендуемая литература

Основная

- Алеев Ю. Г. 1963. Функциональные основы внешнего строения рыбы. Изд-во «Наука». М. 248 с.
- Борисов П. Г. 1960. Из истории научно-промысловых ихтиологических исследований на морских и пресных водоёмах СССР. Изд-во «Высшая школа». М. 197 с.
- Никольский Г. В. 1974. Экология рыб. Изд-во «Высшая школа». М. 357 с.
- Никольский Г. В. 1980. Структура вида и закономерности изменчивости рыб. Изд-во «Пищевая промышленность». М. 183 с.
- Моисеев П. А., Азизова Н. А., Куракова И. И. 1981. «Ихтиология». Изд-во «Лёгкая и пищевая промышленность». М. 384 с.
- Павловский Е.Н. 1953. Очерки по общим вопросам ихтиологии. Изд-во АН СССР, М.-Л. 319 с.
- Спановская В. Д. 1975. Система рыб до подотрядов и их главнейшие представители. Изд-во МГУ. 66 с.
- Суворов Е. К. 1948. Основы ихтиологии. Изд-во «Советская наука». М. 579 с.
- Тылик К.В. 2015. Общая ихтиология. Калининград: изд-во ООО «Аксиос», 394 с.
- Соколов Л.И., Шатуновский М.И. 1987. 70 лет советской ихтиологии //Гидробиологический журнал. Том 23. № 5. С.42-52.
- Павлов Д.С., Шишкин В.С. 1999. 275-летие Российской академии наук и отечественная ихтиология //Вопросы ихтиологии. Том 39. № 6. С.725–732.

Дополнительная

- Биологические ресурсы гидросферы и их использование. Серия сборников. 1985. Изд-во «Наука». 262 с.
- Студенецкий С.А. 1979. Биологические ресурсы внутренних водоёмов СССР. М.: Наука 189 с.
- Студенецкий С.А. 1979. Биологические ресурсы Мирового Океана. М.: Наука. 248 с.
- Парин Н.В. 1980. Использование биологических ресурсов Мирового Океана. М.: Наука. 214 с.
- Студенецкий С.А. 1981 История исследований биологических ресурсов гидросферы и их использование. М.: Наука. 192 с.
- Борисов П. Г., Никольский Г. В. 1961. Основные этапы развития отечественных биологических рыбохозяйственных исследований за последние 100 лет. // Зоол. журнал. т.40, вып.8. С. 1227–1240.

Буторин Н.В. 1981. Основные проблемы современной ихтиологии». Изд-во «Наука». М. 286 с.

Марти Ю. Ю. 1980. Миграции морских рыб. Изд-во «Пищевая промышленность». М. 248 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<http://fishbase.org>

<https://www.sciencedirect.com>

<http://www.springerlink.com/journals>

<https://onlinelibrary.wiley.com>

<https://www.annualreviews.org>

Составители: академик Павлов Дмитрий Сергеевич, профессор, д.б.н. Касумян Александр Ованесович, профессор, д.б.н. Кузицин Кирилл Васильевич, доцент, к.б.н. Зданович Владимир Владимирович

ОБЩАЯ ГИДРОБИОЛОГИЯ

(курс лекций, обязательный)

Введение

Предмет, методы, задачи гидробиологии. Общие принципы и понятия гидробиологии. Среда, экологическая ниша, местообитание. Биотоп, биоценоз, экосистема. Жизненные формы. Биотопы водоёмов (пелагиаль, бенталь, нейсталь). Место гидробиологии в системе биологических дисциплин. Возникновение и развитие гидробиологии.

Тема 1. Общая характеристика гидросферы

Водные объекты как элементы гидросферы. Классификация водоёмов. Морские и континентальные природные воды. Водоёмы, водотоки, подземные воды, ледники. Распределение воды в гидросфере. Круговорот воды в гидросфере. Баланс воды в Мировом океане. Запасы пресной воды.

Тема 2. Физико-химические условия существования гидробионтов

Различия условий обитания гидробионтов от аэробиев. Химический состав, строение воды. Плотность, вязкость и поверхностное натяжение воды. Влияние температуры и солёности на физические свойства воды. Термические и оптические свойства воды. Поглощение, рассеяние света. Прозрачность воды. Цвет воды. Гранулометрический состав грунта.

Тема 3. Вещества, содержащиеся в природной воде

Насыщение воды различными газами (кислород, углекислый газ, сероводород, метан). Влияние температуры и солёности на растворимость газов. Устойчивость гидробионтов к дефициту кислорода. Критическое и пороговое содержание кислорода в воде. Заморы. Ионы минеральных солей. Солёность, жёсткость воды. Классификация природных вод по степени солёности. «Парадокс солоноватых вод» (эффект Ремане). Водородные ионы и окислительно-восстановительный потенциал. Растворённые органические вещества. Окисляемость воды. Взвешенные вещества (взмученный грунт, детрит).

Тема 4. Гидрофизические процессы в водоёмах

Давление воды, экологическое значение. Характерные черты глубоководной фауны. Гидродинамика: течения, волнения, перемешивание вод. Стратификация водоёмов. Клинальность гидрологических характеристик. Значение движения воды для гидробионтов. Температурные условия существования гидробионтов. Экологическое значение температуры. Световые условия в воде. Эвфотическая, дисфотическая, афотическая зоны водоёма. Экологическое значение света для гидробионтов. Биолюминисценция. Звук, электричество, магнетизм.

Тема 5. Жизненные формы гидробионтов

Планктон и нектон. Голопланктон, меропланктон. Криопланктон. Приспособления планктонных организмов для удержания во взвешенном состоянии. Плавучесть. Активные (плавание, прыгание, полёт, реактивное) и пассивные движения. Миграции вертикальные и горизонтальные. Бентос и перифитон. Движение бентонтов и перифитонтов (формы вагильные, седентарные, сессильные). Приспособления гидробионтов к бентосному и перифитонному образу жизни. Пелагобентос, нейстон (эпинейстон, гипонейстон), плейстон. Пагон. Адаптации организмов.

Тема 6. Условия жизни гидробионтов в Мировом океане

Океаны и моря земного шара. Экологические зоны бентали и пелагиали Мирового океана. Территориальное деление континентального шельфа. Грунты (терригенные, пелагические). Водные массы и гидродинамика. Течения в океане. Апвеллинг и даунвеллинг. Приливно-отливные течения. Температурные и световые условия. Солёность, содержание кислорода в водах Мирового океана.

Тема 7. Население Мирового океана

Общая характеристика населения. Ареалы обитателей Мирового океана (широкие, узкие, сплошные, разорванные). Космополиты. Биполярное распространение. Население пелагиали, бентали. Население разных широт и глубин в океане. Население опреснённых морей.

Тема 8. Континентальные водоёмы и их население. Реки

Условия жизни гидробионтов в реках (уровенный и паводковый режим, скорость течения, прозрачность, температура, солевой состав, характер грунта). Население рек (реопланктон, бентос, нектон, перифитон). Изменение населения рек от истока к устью. Население эстуариев.

Тема 9. Континентальные водоёмы и их население. Озёра, болота, подземные воды

Условия жизни гидробионтов в озёрах (движение воды, температура, свет, характер грунтов, растворённые в воде вещества). Лимнобионты (планктон, нейстон, плейстон, бентос, перифитон, нектон). Болота и их население. Подземные воды (пещерные, фреатические, интерстициальные) и их население.

Тема 10. Популяции гидробионтов

Структура популяций. Величина и плотность популяции. Хорологическая, возрастная, половая, генеративная структура. Внутрипопуляционные отношения. Продукция органического вещества и трансформация энергии в популяции. Воспроизводство, динамика численности популяций. Рождаемость. Ритмы размножения. Плодовитость. Смертность и выживаемость. Рост популяций. Динамика численности и биомасса популяций.

Тема 11. Гидробиоценозы

Экотон, краевой эффект. Видовая, размерная, трофическая, хронологическая структура. Трансформация веществ и энергии. Эффективность трансформации. Отличие водных биоценозов от наземных. Основные биоценозы морей и континентальных водоёмов. Межпопуляционные отношения в гидробиоценозах.

Тема 12. Водные экосистемы

Структурные и функциональные особенности водных экосистем. Взаимодействие живого и косного вещества в экосистеме. Биогеохимические циклы. Новое образование органического вещества и энергобаланс экосистем. Энергетическое обеспечение фотосинтеза. Компенсационная точка. Химическая база фотосинтеза. Динамика экосистем. Первичные и вторичные сукцессии. Климаксное состояние экосистем.

Тема 13. Биологическая продуктивность водных экосистем

Первичная продукция: чистая и валовая. Методы определения. Соотношение между валовой и чистой продукцией. Эффективность первичного продуцирования. Факторы, ограничивающие продукцию фитопланктона. «Планктонный парадокс». Световое голодание. Величина первичной продукции в различных водоёмах. Вторичная продукция. Методы определения. Темп и эффективность вторичного продуцирования. Продукция различных групп гетеротрофов. Р/В коэффициент.

Тема 14. Биологические ресурсы гидросферы, их освоение и воспроизводство

Мировой промысел гидробионтов. Акклиматизация гидробионтов. Масштабы интродукции гидробионтов в России и в мире. Экономические и экологические результаты акклиматизации. Аквакультура.

Тема 15. Эвтрофикация и загрязнение водоёмов

Проблема «чистой воды». Антропогенная эвтрофикация, термофикация водоёмов. Загрязнение водоёмов (нефть, пестициды, тяжёлые металлы, радионуклиды). Чувствительность и устойчивость гидробионтов к токсикантам. Аддитивность и синергизм воздействия токсикантов. Куммулятивный эффект. Ацидификация водоёмов.

Тема 16. Биологическое самоочищение и формирование качества воды

Минерализация органического вещества. Биоседimentация и осветление воды. Биологическая детоксикация. Роль гидробионтов фильтраторов и седиментаторов в процессе биологического очищения воды. Фотосинтетическая аэрация воды и обогащение её метаболитами. Водные растения и метаболиты. Прибрежно-водная растительность и процессы самоочищения водоёмов.

Рекомендуемая литература

- Алимов А.Ф. 1989. Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеиздат, 151 с.
- Березина Н.А. 1989. Практикум по гидробиологии. М.: Агропромиздат, 208 с.
- Зайцев Ю.П. 1970. Морская нейстонология. Киев: Наукова думка, 263 с.
- Зданович В.В., Криксунов Е.А. 2004. Гидробиология и общая экология: словарь терминов. М.: Дрофа, 192 с.
- Зданович В.В., Криксунов Е.А. 2021. Терминологический справочник по гидробиологии и общей экологии. М.: Издательство «Перо», 255 с.
- Зернов С.А. 1949. Общая гидробиология. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 587 с.
- Кожова О.М. 1987. Введение в гидробиологию. Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 243 с.
- Кокин К.А. 1982. Экология высших водных растений. М.: МГУ, 160 с.
- Константинов А.С. 1986. Общая гидробиология. М.: Высш.школа, 471 с.
- Никольский Г.В. 1974. Экология рыб. М.: Высшая школа, 357 с.
- Одум Ю. 1986. Экология. М.: Мир, Т.1.328 с. Т.2. 376 с.
- Романенко В.Д. 2004. Основы гидроэкологии. Киев: Генеза, 664 с.
- Телитченко М.М., Кокин К.А. 1968. Санитарная гидробиология. М.: Изд-во МГУ, 101 с.
- Хатчинсон Д. Лимнология. 1969. М.: Прогресс, 591 с.
- Чеботарев А.И. 1960. Общая гидрология (воды суши). Л.: Гидрометеиздат, 540 с.
- Эрхард Ж.П., Сежен Ж. 1984. Планктон. Состав, экология, загрязнение. Л.: Гидрометеиздат, 256 с.
- Яшнов В.А. 1969. Практикум по гидробиологии. М.: Высш.школа. 428 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<https://www.sciencedirect.com>

<http://www.springerlink.com/journals>

<https://onlinelibrary.wiley.com>

<https://www.annualreviews.org>

Составитель: доцент, к.б.н. Зданович Владимир Владимирович

МЕТОДЫ ИХТИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

(курс лекций, обязательный)

Тема 1. Цели и задачи курса

Содержание ихтиологии и положение её среди сопредельных наук. Задачи ихтиологических исследований.

Тема 2. Методы сбора и хранения ихтиологического материала

Организация полевых сборов. Выбор орудия лова. Консервация материала. Консервирующие растворы. Полевой дневник и журнал лова. Учёт собранного материала.

Тема 3. Анатомия, морфология, систематика

Морфологические и анатомические признаки. Признаки меристические, пластические и их диагностическое значение. Схемы промеров тела для рыб различных групп. Современная номенклатура видов.

Тема 4. Пол и плодовитость

Определение понятия «пол» применительно к рыбам. Пол генетический и физиологический. Соотношение полов и половой состав стада, генерации, популяции. Плодовитость – индивидуальная, относительная, абсолютная. Значение исследований полового состава и плодовитости.

Тема 5. Нерест и особенности размножения

Сроки и условия нереста. Гидробиологические характеристики нерестилищ. Способы учёта производителей и отложенной икры на нерестилищах. Искусственные нерестилища.

Тема 6. Жизненные циклы

Периодизация жизни рыб. Методы изучения молоди. Орудия сбора молоди рыб.

Тема 7. Возраст

Значение исследований возраста. Регистрирующие структуры. Чешуя – методы сбора, хранения, анализа. Определение возраста по отолитам, плавниковым лучам, позвонкам.

Тема 8. Рост

Аллометрический и изометрический рост. Линейный и весовой рост. Скорость и темп роста. Удельный и относительный рост. Методы обратного расчисления индивидуального роста. Особенности весового роста – жирность, упитанность и соответствующие коэффициенты.

Тема 9. Исследование питания

Пищевое поведение. Кормовые объекты. Избирательность. Скорость переваривания пищи. Кормовая база. Рацион.

Тема 10. Миграции

Классификация миграций. Методы учёта мигрирующих рыб – мечение, контрольный лов, наблюдение. Виды меток – физические, химические, биологические, визуальные. Анализ результатов мечения.

Тема 11. Рыбные запасы и промысловая статистика

Промысловая мера. Рыбопромысловый журнал. Оценка запаса и прогноза лова. Математическое моделирование динамики численности рыб в условиях промысла.

Тема 12. Картирование рыбопромысловых участков

Обзорные, справочные и навигационно-промысловые карты. Промысловая карта – принципы и подходы к составлению. Основные сведения, содержащиеся в промысловой карте. Современные методы картографии и ГИС.

Рекомендуемая литература

- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М: Пищевая промышленность, 376 с.
- Чугунова Н.И. 1959. Руководство по изучению возраста рыб. М.: АН СССР, 163 с.
- Зиновьев Е.А., Мандрица С.А. 2003. Методы исследования пресноводных рыб. Пермь: Из-во Пермского ун-та, 113 с.
- Коблицкая А.Ф. 1966. Изучение нереста пресноводных рыб. М: Пищевая промышленность, 109 с.
- Коблицкая А.Ф. 1981. Определитель молоди пресноводных рыб. М: Лёгкая и пищевая промышленность, 208 с.
- Никольский Г.В. 1974. Экология рыб. М.: Высшая школа, 367 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные базы данных, доступные через Интернет:

<http://www.fishbase.in>

Составитель: научный сотрудник Бурменский Владимир Анатольевич

6 СЕМЕСТР

ОБЩАЯ ИХТИОЛОГИЯ (курс лекций, обязательный)

Тема 1. Эдафические факторы

Роль характера грунта и рельефа дна в жизни рыб. Классификация грунтов. Формы адаптации к эдафическим факторам как среде обитания кормовых организмов, убежищу для рыб, субстрату для нереста и развития икры. Адаптации к эдафическим факторам у рыб, обитающих в потоке, приливно-отливных и прибойных зонах.

Тема 2. Содержание кислорода в воде. Дыхание рыб

Механизмы дыхания рыб. Строение жаберного аппарата и кровеносной системы. Группы рыб по интенсивности потребления кислорода. Адаптации к низкому содержанию кислорода в воде. Добавочные органы дыхания: наружные жабры, кожное, кишечное дыхание. Наджаберные органы. Изменение количества и структурных особенностей эритроцитов. Изменение спектра гемоглобинов и их сродства к кислороду. Воздушное дыхание. Строение органов воздушного дыхания и их функциональные особенности у разных групп рыб. Механизмы усиления интенсивности дыхания в онтогенезе. Изменение интенсивности потребления кислорода в связи с изменением других факторов среды и состояния рыбы. Адаптации к высокому содержанию кислорода в воде у антарктических и арктических видов рыб. Влияние CO₂ и других содержащихся в воде газов на рыб. РН среды и её значение для рыб.

Тема 3. Солёность воды

Группы рыб по отношению к различной солёности воды. Механизмы осморегуляции у рыб. Строение и функции осморегуляторного аппарата у пресноводных и морских рыб. Эвригалинность и стеногалинность. Адаптации пресноводных рыб к повышению солёности среды. Пределы повышения солёности. Адаптации морских рыб к понижению солёности среды. Пределы понижения солёности. Понятие «критической солёности». Особенности осморегуляции у эвригалинных рыб. Изменение осморегуляторной системы в онтогенезе у проходных рыб.

Тема 4. Температура воды. Световой режим водоёма

Температура тела рыб и возможности её регуляции. Термолабильность и терморезистентность. Эвритермность и стенотермность. Оптимальные и экстремальные температуры. Влияние температуры на скорость развития, рост и созревание рыб. Связь обмена веществ с температурой. Температура как натуральный раздражитель – сигнал.

Световой режим водоёма. Суточная и сезонная ритмичность жизнедеятельности у рыб, связанная с интенсивностью освещённости и продолжительности светового дня. Фотопериодизм, созревание гонад и время наступления нереста. Особенности гомеостатических реакций у рыб как обитателей водной среды.

Тема 5. Основные формы биотических отношений рыб

Внутривидовые и межвидовые биотические связи. Взаимоотношения рыб и других позвоночных и беспозвоночных животных и растений. Болезни рыб.

Тема 6. Питание и пищевые взаимоотношения рыб

Классификация рыб по характеру питания. Эврифагия и стенофагия. Адаптивные особенности строения тела, ротового аппарата, пищеварительной системы, органов чувств, поведения и, как следствие, динамики численности и распространения рыб с разным типом питания. Смена характера питания в онтогенезе. Эффективность использования пищи рыбами с разным типом питания в разных систематических группах. Конкурентоспособность видов при сходных спектрах питания (пищевая конкуренция). Специфика отношений «хищник – жертва», «паразит – хозяин». Регуляция численности хищников и жертв. Понятие «триотрофа». Адаптивные особенности популяций в системе «триотрофа».

Тема 7. Характер пространственного распределения особей. Миграции рыб

Случайное, равномерное, агрегированное распределение. Образование стай, косяков и других группировок. Взаимоотношение особей внутри группировок. Сигнальные биологические поля. Групповой эффект. Адаптивное значение стайности у молоди и взрослых особей. Миграции. Типы миграций. Анадромные и катадромные миграции. Происхождение миграций и их адаптивное значение. Физиологическое состояние рыб и сигнальное значение биотических и абиотических факторов в осуществлении миграций. Ориентация рыб в пространстве. Миграционные циклы.

Тема 8. Размножение рыб

Особенности формирования и созревания половых клеток. Стадии зрелости гонад. Единовременное и порционное икрометание. Преднерестовое и нерестовое поведение. Половой диморфизм. Брачный наряд. Сигнальное значение изменений формы и окраски в нерестовый период. Теория экологических групп рыб С. Г. Крыжановского. Строение икры рыб различных экологических групп и адаптивные особенности онтогенеза. Закономерности распространения представителей различ-

ных экологических групп в пресных и морских водоёмах. Плодовитость рыб. Индивидуальная, популяционная, видовая плодовитость. Разнокачественность икры. Взаимосвязь плодовитости, заботы о потомстве и выживаемости у рыб. Периодизация онтогенеза. Теория этапности индивидуального развития рыб В. В. Васнецова как отражение единства организма и среды. Адаптивное значение презумптивных (провизорных) органов и свойств развивающегося организма.

Тема 9. Возраст и рост рыб

Методы определения возраста и расчисления темпа роста. Рост рыб как адаптация. Ритмы роста. Регуляция темпа роста и разнокачественность внутривидовых и внутрипопуляционных группировок по темпу роста. Влияние на рост абиотических и биотических факторов среды. Компенсационный рост. Соотношение весового и линейного роста у рыб разных экологических групп. Продолжительность жизни у рыб. Годовой цикл и формы адаптаций к сезонности у рыб в разных географических и климатических зонах.

Тема 10. Внутривидовая структурированность у рыб

Морфофизиологическая пластичность рыб. Понятие «изменчивости» и «изменяемости». Формы изменчивости. Изменчивость как адаптация к условиям существования. Гомологическая изменчивость по Н. И. Вавилову (гомологические ряды) и её проявления у рыб. Определение понятий «форма», «экотип», «экологическая и географическая расы», «популяция» и др. Концепция популяционной структуры вида. Морфоэкологический и популяционно-генетический подходы к изучению популяционной структуры. Особенности популяционной организации у рыб в разных географических зонах. Экологические аспекты, определяющие формирование популяционной структуры вида у рыб. «Волны жизни». Генетический полиморфизм и его адаптивное значение.

Тема 11. Статистические параметры популяции

Статистические параметры популяции: численность, плотность, размерно-возрастной, половой состав, пространственная структура. Адаптивное значение возрастной структуры популяций у рыб. Типы нерестовых популяций по Г.Н. Монастырскому. Естественная смертность и интенсивность пополнения. Методы оценки численности и плотности популяций: прямой учёт, мечение, условные уловы и др. Причины флуктуаций численности. Периодика колебаний численности и биомассы популяций. Биологические основы управления численностью популяций и регуляции промысла – установление промысловой меры, величины промыслового изъятия и др., определение сроков, мест и способов лова. Типы орудий лова. Селективность лова.

Тема 12. История формирования ихтиофауны пресных и морских водоёмов

Закономерности пространственного расселения рыб. Зоогеографические подразделения вод земного шара на основе океанографических данных и распространения рыб. Распределение рыб по глубинам. Определение понятий «ихтиоценоз», «экоси-

стема», «биогеоценоз» и др. Понятие о фаунистическом комплексе по Г.В. Никольскому. Типы фаунистических комплексов и особенности биотических отношений составляющих его компонентов.

Тема 13. Структура и основные закономерности формирования экосистем пресных и морских водоёмов

Основные типы водных экосистем. Сукцессия и климакс экосистем. Потоки энергии в экосистемах. Модели экосистемы: пресный водоём, лиман, морской водоём. Понятие рыбопродуктивности естественных экосистем. Влияние хозяйственной деятельности человека на численность и распространение рыб и структуру водных экосистем.

Тема 14. Современное состояние рыбного хозяйства в мире и основные тенденции его развития

Сырьевые ресурсы Мирового океана и пресных вод. Перспективы развития океанического промысла. Основные промысловые объекты мирового рыболовства. Антропогенное воздействие на ихтиофауну естественных водоёмов. Акклиматизация рыб. Биологические основы рациональной эксплуатации естественных ресурсов водоёма. Аквакультура – понятие, основные проблемы и перспективы развития. Перспективы развития рыбного хозяйства СССР.

Рекомендуемая литература

Основная

- Алеев Ю. Г. 1963. Функциональные основы внешнего строения рыбы. Изд-во «Наука». М. 248 с.
- Борисов П. Г. 1960. Из истории научно-промысловых ихтиологических исследований на морских и пресных водоёмах СССР. Изд-во «Высшая школа». М. 197 с.
- Никольский Г. В. 1974. Экология рыб. Изд-во «Высшая школа». М. 357 с.
- Никольский Г. В. 1980. Структура вида и закономерности изменчивости рыб. Изд-во «Пищевая промышленность». М. 183 с.
- Моисеев П. А., Азизова Н. А., Куракова И. И. 1981. «Ихтиология». Изд-во «Лёгкая и пищевая промышленность». М. 384 с.
- Павловский Е.Н. Очерки по общим вопросам ихтиологии. 1953. Изд-во АН СССР, М.-Л. 320 с.
- Спановская В. Д. 1975. Система рыб до подотрядов и их главнейшие представители. Изд-во МГУ. 66 с.
- Суворов Е. К. 1948. Основы ихтиологии. Изд-во «Советская наука». М. 580 с.
- Шмидт П. Ю. 1936. Миграции рыб. Изд-во «Биомедгиз». М.-Л. 327 с.

Дополнительная

- Биологические ресурсы гидросферы и их использование. Серия сборников. 1985. Изд-во «Наука». 262 с.
- Студенецкий С.А. 1979. Биологические ресурсы внутренних водоёмов СССР. М.: Наука 189 с.
- Студенецкий С.А. 1979. Биологические ресурсы Мирового океана. М.: Наука. 248 с.
- Парин Н.В. 1980. Использование биологических ресурсов Мирового океана. М.: Наука. 214 с.
- Студенецкий С.А. 1981 История исследований биологических ресурсов гидросферы и их использование. М.: Наука. 192 с.
- Борисов П. Г., Никольский Г. В. 1961. Основные этапы развития отечественных биологических рыбохозяйственных исследований за последние 100 лет. // Зоол. журнал. т.40, вып.8. С 1227-1240.
- Буторин Н.В. 1981. Основные проблемы современной ихтиологии». Изд-во «Наука». М. 286 с.
- Марти Ю. Ю. 1980. Миграции морских рыб. Изд-во «Пищевая промышленность». М. 248 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<http://fishbase.org>
<http://fishbase.nrm.se>
<http://www.sevin.ru/vertebrates/>
<https://www.sciencedirect.com>
<http://www.springerlink.com/journals>
<https://onlinelibrary.wiley.com>
<https://www.annualreviews.org>
<http://nature.ok.ru/>
[http://www.faunaeur.org /](http://www.faunaeur.org/)
<http://www.biodat.ru/>

Составители: академик Павлов Дмитрий Сергеевич, доцент, к.б.н. Зданович Владимир Владимирович, доцент, к.б.н. Павлов Сергей Дмитриевич

РОСТ И ВОЗРАСТ РЫБ

(курс лекций, обязательный)

Введение

Значение изучения возраста рыб в ихтиологических исследованиях.

Тема 1. Возраст и способы его оценки

Соотношение календарного возраста и биологической периодизации жизни особи. Подходы к оценке возраста: прямое наблюдение, мечение; косвенные методы определения возраста. Соотношение возраста и размера рыб. Оценка возраста по размерным кривым. Способ Петерсена. Относительный и абсолютный возраст. Обозначение возраста рыб.

Тема 2. Регистрирующие структуры

Разнообразие регистрирующих структур – отолиты, лучи и пр. Виды регистрирующих структур: чешуя, отолиты, плоские кости, лучи плавников, позвонки. Свойства регистрирующих структур. Методы сбора, хранения, обработки и приготовления препаратов регистрирующих структур. Определение возраста по регистрирующим структурам. Принципы чтения и счета периодических элементов на регистрирующих структурах. Строение отолита. Механизм роста и формирования периодических элементов. Микроструктура отолита. Суточная ритмика роста отолита. Приготовление препаратов отолитов. Определение числа элементов на отолитах. Использование других регистрирующих структур для измерения роста рыб.

Тема 3. Связь возраста и размера

Размерно-возрастные наблюденные зависимости. Определение характера зависимости между длиной особи и размером регистрирующей структуры. Прямая пропорциональная зависимость. Формула Э. Леа.

Тема 4. Периодизация жизни и её отражение в регистрирующих структурах

Возникновение дополнительных, нерестовых, мальковых, речных, морских колец. Собственные циркадные ритмы животных. Обнаружение негодовых элементов на регистрирующих структурах. Методы объективизации определения возраста у одного организма: использование различных регистрирующих структур, способ операторов. Денситометрия. Математический аппарат объективизации оценки возраста.

Тема 5. Чешуя как важнейшая регистрирующая структура у рыб

Чешуя рыбы как одна из важнейших регистрирующих структур. Строение чешуи, механизмы её роста и закладки периодических элементов. Строение чешуи у разных систематических групп рыб.

Тема 6. Рост рыб

Рост рыб. Отличия от роста других позвоночных. Периодичность роста. Методы изучения роста: слежение, мечение, обратное расчисление. Обратное расчисление размеров особи по размерам временных отметок на регистрирующих структурах.

Тема 7. Способы представления данных о росте

Представление данных о росте рыб. Индивидуальные графики роста. Линейный рост. Весовой рост. Показатели роста: размеры, приросты, абсолютные и относительные скорости роста, удельная скорость роста, константы роста. Нарастание массы тела у рыб. Соотношение между линейными и весовыми размерами. Коэффициенты упитанности.

Тема 8. Формализация роста

Уравнения роста. Анализ данных о росте рыб. Формализованные описания кривых роста. Уравнения роста рыб. Уравнения фон Берталанфи, Тейлора, Гомпертца, Шмальгаузена, Винберга. Получение оценок коэффициентов уравнения фон Берталанфи.

Тема 9. Влияние факторов внешней среды на рост

Влияние различных факторов на периодичность роста. Биотические и абиотические факторы, влияющие на рост. Температура и обеспеченность пищей как одни из наиболее значимых факторов. Внутрипопуляционные и генетические механизмы формирования роста.

Тема 10. Анализ жизненной истории

Использование регистрирующих структур для анализа жизненной истории. Проходные рыб, лососи. Определение речного возраста, морского возраста.

Тема 11. Возрастной состав популяции

Определение возрастного состава выборок. Усреднение данных по выборкам. Взвешенные оценки. Ключи возраст – длина. Совмещение определения возраста по размерным кривым и регистрирующим структурам.

Тема 12. Применение сведений о размерно-возрастном составе для популяционного анализа

Возрастной состав популяций. Репродуктивный состав популяций: пополнение и остаток.

Рекомендуемая литература

- Чугунова Н.И. 1959. Руководство по изучению возраста рыб. М.: АН СССР, 163 с.
- Мина М.В., Клевезаль Г.А. 1976. Рост животных. М.: Наука, 291 с.
- Сметанин М.Н. Погрешности количественных показателей роста рыб. Тр. Ин-та биологии внутренних вод АН СССР, Вып. 49, 1987., С. 43–62.
- Мина М.В. Клевезаль Г.А. 1970. Принципы исследования регистрирующих структур. //Успехи современной биологии, т.70, №3, 1970., С. 341–352 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные базы данных, доступные через Интернет:

<http://www.fishbase.in>

Составитель: научный сотрудник Бурменский Владимир Анатольевич

ЭКОЛОГИЯ РЫБ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СРЕД ОБИТАНИЯ (курс лекций, по выбору)

Тема 1. Экология экстремальных сред обитания. Обзор

Характеристики экстремальных сред. Регионы земного шара с различными типами экстремальных сред. Биоразнообразие и систематика рыб экстремальных сред. Физиологические и морфологические особенности данных видов, позволяющих обитать в экстремальных средах. Поведенческие особенности (репродуктивное, пищевое, миграционное и защитное поведение). Численность и динамика численности рыб экстремальных сред. Обобщения.

Тема 2. Экология рыб сред низких температур

Отряд Perciformes, Gadiformes, Семейства Eleginopsidae, Nototheniidae, Channichthyidae, Umbridae и др.

Особенности экологии данной группы; местообитание (регионы). Оптимум экологических факторов среды обитания. Систематика; разнообразие. Структура популяции. Поведение. Питание. Размножение. Динамика численности; сезонность колебания численности. Сравнение с «типичными» параметрами.

Тема 3. Экология рыб пустынных регионов (Сонора, Атакама, Намибия, Сахара, Мохаве, Чиуауа, Тар, Гоби, Такла-Макан и др.)

Отряды Siluriformes, Perciformes, Atheriniformes, Cyprinodontiformes, Gobiesociformes, Perciformes, Atheriniformes, Osmeriformes, Salmoniformes, Scorpaeniformes и др.

Особенности экологии данной группы; местообитание (регионы). Оптимум экологических факторов среды обитания. Систематика; разнообразие. Структура популяции. Поведение. Питание. Размножение. Динамика численности; сезонность колебания численности. Сравнение с «типичными» параметрами.

Тема 4. Экология рыб сред с повышенной солёностью

Отряды Anguilliformes, Batrachoidiformes, Gonorynchiformes, Perciformes, Pleuronectiformes, Tetraodontiformes и др.

Особенности экологии данной группы; местообитание (регионы). Оптимум экологических факторов среды обитания. Систематика; разнообразие. Структура популяции. Поведение. Питание. Размножение. Динамика численности; сезонность колебания численности. Сравнение с «типичными» параметрами.

Тема 5. Экология рыб сред с высокими скоростями течения

Семейства Trichomycteridae, Loricariidae, Aptereronotidae, Crenuchidae, Serrasalminidae, Astroblepidae и др.

Особенности экологии данной группы; местообитание (регионы). Оптимум экологических факторов среды обитания. Систематика; разнообразие. Структура популяции. Поведение. Питание. Размножение. Динамика численности; сезонность колебания численности. Сравнение с «типичными» параметрами.

Тема 6. Экология рыб сред с содержанием сероводорода

Семейства Cyprinodontidae, Poeciliidae, Synbranchidae и др.

Особенности экологии данной группы; местообитание (регионы). Оптимум экологических факторов среды обитания. Систематика; разнообразие. Структура популяции. Поведение. Питание. Размножение. Динамика численности; сезонность колебания численности. Сравнение с «типичными» параметрами.

Тема 7. Экология пещерных рыб

Отряды Characiformes, Siluriformes, Gymnotiformes, Percopsiformes, Ophidiiformes, Cyprinodontiformes, Synbranchiformes, Scorpaeniformes, Perciformes и др.

Особенности экологии данной группы; местообитание (регионы). Оптимум экологических факторов среды обитания. Систематика; разнообразие. Структура популяции. Поведение. Питание. Размножение. Динамика численности; сезонность колебания численности. Сравнение с «типичными» параметрами.

Тема 8. Экология рыб сред с повышенной кислотностью

Семейства Geotriidae, Eleotridae, Galaxidae, Anguillidae, Galaxidae, Centrarchidae, Ictaluridae, Percidae, Umbridae и др.

Особенности экологии данной группы; местообитание (регионы). Оптимум экологических факторов среды обитания. Систематика; разнообразие. Структура популяции. Поведение. Питание. Размножение. Динамика численности; сезонность колебания численности. Сравнение с «типичными» параметрами.

Тема 9. Экология рыб временных сред обитания (пересыхающие водоёмы)

Семейства Heteropneustidae, Clariidae, Anabantoidei, Ceratodontidae, Protopteridae, Aplocheilidae, Cyprinodontidae, Fundulidae, Profundulidae, Valenciidae и др.

Особенности экологии данной группы; местообитание (регионы). Оптимум экологических факторов среды обитания. Систематика; разнообразие. Структура популяции. Поведение. Питание. Размножение. Динамика численности; сезонность колебания численности. Сравнение со «стандартными» параметрами.

Тема 10. Экология глубоководных рыб

Семейства Macrouridae, Moridae, Ophidiidae, Synphobranchidae, Chimaeridae, Squalidae, Rajidae, Moxostomidae и др.

Тема 11. Экология рыб эвтрофицированных сред

Особенности экологии данной группы; местообитание (регионы). Оптимум экологических факторов среды обитания. Систематика; разнообразие. Структура популяции. Поведение. Питание. Размножение. Динамика численности; сезонность колебания численности. Сравнение с «типичными» параметрами.

Тема 12. Экстремальные среды обитания – итоговый анализ

Сравнительный анализ физиологических и морфологических особенностей рыб из разных сред обитания. Видоспецифичность различных сред. Экстремальные среды, представленные наибольшим и наименьшим (а) разнообразием и (б) численностью рыб – причины, осмысливаемые через призму экологии. Что такое «экстремальная среда обитания». Количество «экстремальных» параметров в экстремальной среде. Что делает экстремальную среду обитания «экстремальной». Отличия экстремальных сред от «стандартных» условий. Существует ли (а) граница и (б) градиент между экстремальными и «стандартными» условиями. Экстремальная среда обитания и неблагоприятная среда обитания – разница.

Рекомендуемая литература

- Маггаран Э. 1992. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 181 с.
- Кошелев Б. В. 1963. Экология размножения рыб. М.: Наука. 157 с.
- Никольский Г.В. 1963. Экология рыб. М.: Высшая школа, 367 с.
- Riesch R., Tobler M., Plath M. 2015. Extremophile fishes. Ecology, evolution, and physiology of teleosts in extreme environments. Springer International Publishing Switzerland, 329 p.
- Eastman JT. 1993. Antarctic fish biology. Evolution in a unique environment. Academic press, Inc., 321 p.
- Hoar WS, Randall DJ, and Farrell AP. 1997. Deep-sea fishes. Academic press, Inc., 405 p.
- Berois N, García G, De Sá R. 2016. Annual fishes. Life history strategy, diversity, and evolution. Taylor & Francis Group, 344 p.
- Mckenzie DJ, Farrell AP, Brauner CJ. 2007. Primitive fishes. Academic press, Inc., 575 p.
- Eleonora Trajano, Maria Elina Bichuette, B.G. Kapoor. 2010. Biology of Subterranean Fishes. Taylor & Francis Group, 478 p.
- Val AL, Almeida-Val VM, Randall DJ. 2005. The physiology of tropical fishes. Academic press, Inc., 642 p.

Составитель: научный сотрудник, к.б.н. Лобырев Федор Сергеевич

РАЗМНОЖЕНИЕ РЫБ В ВОДОЁМАХ РАЗНЫХ ШИРОТ (курс лекций, по выбору)

Тема 1. Разнообразие условий размножения рыб

Абиотические и биотические условия размножения рыб – основные понятия. Пресноводные и морские водоёмы, основные представители их ихтиофауны. Роль ведущих факторов среды в размножении рыб.

Тема 2. Особенности формирования и развития половых клеток самок костистых рыб

Разнообразие строения яичников у костистых рыб. Расположение генеративных элементов в яичниках разного типа. Особенности развития ооцитов у видов с различной экологией размножения. Разнообразие размеров ооцитов, их морфологии, окраски, строения оболочек. Резорбция ооцитов, её специфика у разных видов рыб, тотальная и частичная резорбция, её влияние на половые циклы. Резервный фонд ооцитов, его отличия у рыб в водоёмах разных широт.

Тема 3. Размножение популяций рыб в разных климатических условиях

Типы оогенеза и нереста. Прерывистый и непрерывный типы оогенеза. Единовременное, малопорционное и многопорционное икрометание, основные представители. Половые циклы рыб северных и южных популяций. Особенности их жирового и белкового обмена. Факультативные порционники. Различия в возрасте наступления половой зрелости. Специфика развития ооцитов. Формирование плодовитости, потенциальная и конечная плодовитость.

Тема 4. Особенности формирования и развития половых клеток самцов костистых рыб

Строение половой системы самцов костистых рыб и их половых желёз. Морфология и функции добавочных желёз семенников, виды, характеризующиеся их наличием. Типы вымета спермы, их различия, влияние на продолжительность половых циклов. Специфика сперматогенеза при разных типах нереста. Различия в активности сперматозоидов морских и пресноводных видов рыб. Антропогенное влияние на морфологию половых желёз и клеток самцов. Специфика выведения спермы у рыб с внутренним осеменением.

Тема 5. Взаимодействие гамет при оплодотворении

Различия в процессе оплодотворения у рыб разных систематических групп. Хрящевые рыбы и древние костные (кистепёрые, двоякодышащие, многопёровые, хрящевые ганоиды) – специфика оплодотворения, отличия от этого процесса у костистых рыб. Гормоны гамет, их отличия у разных групп рыб. Активация яиц, основные отличия у морских и пресноводных видов. Блокирование полиспермии,

кортикальная реакция. Ложное дробление неоплодотворённых яиц, продолжительность их жизни, специфика у рыб разных систематических групп. Различия в процессе дробления яиц разного качества.

Тема 6. Особые способы размножения

Псевдооплодотворение (гиногенез) – представители, особенности этого процесса у разных видов. Кредитогенез (гибридогенез), специфика, представители, эволюционное значение. Гермафродитизм, типы, специфика развития половых клеток, представители. Соотношение гонохористов и гермафродитов у рыб. Гермафродитизм у морских и пресноводных рыб, представители. Социальный контроль смены пола, особенности поведения рыб. Гаремные и парные виды.

Тема 7. Специфика половых циклов рыб в разных широтах

Половые циклы арктических и тропических рыб. Специфика их размножения. Зональное распределение рыб с разными типами размножения в континентальных и морских водоёмах. Основные представители. Различия обменных процессов, возраста достижения половой зрелости. Сезонность размножения или её отсутствие. Моноциклические и полициклические виды, особенности развития половых клеток, представители. Формирование расходного фонда ооцитов, особенности формирования плодовитости. Специфика размножения представителей сем. Mullidae и п/о Scorpaenidae. Продолжительность размножения, особенности развития половых клеток, их морфологии, откладки икры. Возраст наступления половой зрелости.

Тема 8. Оригинальные способы откладки икры

Атерина-грунион *Leuresthes tenuis* – особенности размножения в мокром песке. Горчаки, откладывающие икру в жабры двустворчатых моллюсков. Особенности морфологии их половых клеток. Трематом-пестряк *Trematomus bernacchi* – откладывает икру в губки. Рыба-клоун *Amphiprion* – в основания актиний, специфика морфологии половых клеток. Нотобранх *Nothobranchius guentheri* – нерест в пересыхающих водоёмах, строение оболочки и особенности развития икры. Пинагор *Cyclopterus lumpus* – на камни. Разнообразие икры. Маслюк *Pholis gunnelis* – в пустые раковины моллюсков. Строение оболочек икринок. Тиляпии *Tilapia*, апогон *Apogon* – вынашивание икры во рту. Особенности размножения и строения икринок. Морские иглы *Syngnathus*, морские коньки *Hippocampus* – специальные камеры на брюхе самцов. Специфика оогенеза, строение половых клеток. Волосатая рогатка *Hemitripterus villosus* – необычный способ осеменения внутри тела. Откладка яиц, их морфология, биология этих рыб. Средиземноморские бычки *Gobio niger* и другие. Вымет спермы, упакованной в ленты, – биологический смысл этого явления. Сомик *Corydoras aeneus*. Особенности размножения (самки «выпивают» сперму). Морской бычок *Clinocottus analis* – (внутреннее оплодотворение). Особенности размножения. Морские окуни *Sebastes* – специфика размножения видов этого рода. Глубоководные представители о. Ophidiiformes (сем. Brotulidae, Aphyonidae), биология, морфология, особенности размножения. Глубоководные удильщики – приспособления к размножению.

Рекомендуемая литература

- Макеева А.П. 1992. Эмбриология рыб. М.: МГУ. 215 с.
- Павлов Д. С., Дгебуадзе Ю.Ю., Шатуновский М.И. 2010 Актуальные проблемы современной ихтиологии (к 100-летию Г.В. Никольского) М: ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН, Товарищество научных изданий КМК. 368 с.
- Павлов Д.А., Емельянова Н.Г. 2013. Переход к живорождению в отряде Scorpaeniformes: краткий обзор // Вопр. ихтиологии (IF 0.635). Т. 53. № 1. С. 69–86.
- Черняев Ж.А. 2017. Воспроизводство сиговых рыб. Эколого-физиологические особенности размножения и развития. М.: КМК. 328 с.
- Овен Л.С. 2004. Специфика развития половых клеток морских рыб в период размножения как показатель типа нереста и реакции на условия среды обитания. М.: Изд. ВНИРО. 186 с.
- Андрияшев А.П., 1954. Рыбы северных морей СССР. М.-Л. Изд-во АН СССР. 566 с.
- Pla. S., Maynou F. Piferre F. 2021. Hermaphroditism in fish: incidence, distribution and associations with abiotic environmental factors // Rev Fish Biol Fisheries V.31. P. 935–955.
- McMillan D.B.2007. Fish Histology. Female Reproductive Systems. Netherlands. Springer. 598 p.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические и другие базы данных, доступные через Интернет:

<http://www.chem.msu.ru/rus/library/licenced.html>

<http://fishbase.org>

Составитель: ведущий научный сотрудник, к.б.н. Емельянова Наталья Григорьевна

УЧЕБНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА СТУДЕНТОВ ПОСЛЕ 3-ГО КУРСА (НА ББС МГУ)

Цели практики

Получение необходимого минимума практических навыков и знаний, дающих возможность проведения самостоятельной работы в полевых (экспедиционных) условиях в качестве ихтиолога.

Задачи практики

Ознакомление студентов с геологической историей формирования водоёма, спецификой и историей формирования его ихтиофауны (теория).

Ознакомление с принципами сбора, этикетирования, хранения и первичной обработки ихтиологического материала.

Ознакомление студентов с основными способами отлова рыбы (теория).

Освоение на практике методов отлова рыбы с помощью жаберных сетей, невода, ловушек (мережи) и спортивных снастей.

Практическое ознакомление студентов с ихтиофауной Белого моря (на экземплярах из коллекции и отловленных в течение практики).

Практическое ознакомление студентов с ихтиофауной различных биотопов и водоёмов: – прибрежные участки моря с каменистым грунтом; б – прибрежные участки моря с илистым грунтом; – приустьевой участок ручья; – эстуарий реки; – малый лососевый ручей (система озеро – ручей – море); – лососевая река (система озеро – река – море); – олиготрофное большое озеро; – каскад малых олиготрофных озёр, связанных ручьём.

Ознакомление студентов с общими представлениями о раннем развитии костистых рыб (теория). Практические наблюдения за ранним развитием одного или двух видов костистых рыб.

Ознакомление с основными методами проведения первичной обработки ихтиологического материала.

Проведение первичной обработки отловленного ихтиологического материала: – морфометрические измерения; – определение возраста, сбор регистрирующих структур для хранения; – определение пола и стадии зрелости гонад; – определение коэффициента наполнения пищеварительного тракта, жирности и т. д.

Ознакомление с методами популяционно-генетического анализа рыб (теория).

Ознакомление с методами анализа белкового полиморфизма на примере *Salmo trutta* и *Salmo salar* (практическая часть).

Место и период проведения практики

Период проведения практики – июнь.

Республика Карелия, посёлок Приморский, Беломорская биологическая станция МГУ имени Н.А. Перцова.

Структура практики

Общая продолжительность практики составляет четыре недели. Общая трудоёмкость практики составляет семь зачётных единиц, 240 академических часов.

Все виды учебной деятельности во время выездной практики проводятся в форме контактной работы и самостоятельной работы, проводимой обучающимся под руководством преподавателя (контактной работы).

Содержание практики

Тема 1. Вводное занятие, инструктаж по ТБ

Ознакомление с задачами практики, условиями её проведения и правилами техники безопасности.

Тема 2. Орудия лова, способы лова

Теоретическая часть. Способы лова рыбы в пресных и морских водоёмах. Типы орудий лова, их конструктивные и функциональные особенности. Понятия о селективности и избирательности орудий лова.

Практическая часть. Осмотр орудий лова (мережи, сети, закидной невод и т. д.), их ремонт и подготовка к использованию. Выход в море на гребных лодках и отработка приёмов работы с различными видами орудий лова на практике (постановка, проверка, снятие мереж и сетей, лов закидным неводом). Лов рыбы перечисленными орудиями лова проводится в течение всего периода практики в районе ББС и во время учебных экскурсий.

Тема 3. Фауна Белого моря

Теоретическая часть. Геологическая история и особенности гидрологического режима Белого моря. Формирование ихтиофауны Белого моря, её современное состояние и особенности. Представления об ихтиофауне прилежащих пресноводных водоёмов. Особенности анатомии и морфологии рыб, используемые при их таксономической идентификации.

Практическая часть. Знакомство с ихтиофауной Белого моря. Определение рыб, пойманных в течение практики и из коллекции.

Тема 4. Основные методы первичной обработки ихтиологического материала

Теоретическая часть. Методы фиксации (в зависимости от условий проведения работ и целей дальнейшей обработки), правила ведения полевых журналов и дневников, сбора, этикетирования и хранения научного материала. *Морфометрические исследования.* Области применения морфометрических исследований. Общепринятые схемы измерений.

Определение возраста и изучение роста рыб. Методы сбора регистрирующих структур и определения возраста. *Изучение репродуктивных циклов у рыб.* Определение пола и стадий зрелости половых продуктов. *Общие подходы к изучению питания рыб.* Основные направления исследований и требования к материалу для изучения питания рыб.

Практическая часть. Биологический анализ собранного материала (морфометрическая обработка, определение пола и стадий зрелости половых продуктов трески из уловов). Приготовление препаратов регистрирующих структур для определения возраста (треска, щука, окунь речной). Определение жирности, коэффициента упитанности и степени наполнения желудков рыб. Анализ содержимого пищеварительного тракта пойманных рыб, подготовка материала для исследований в стационарных условиях.

Первичная статистическая обработка материала: построение размерных рядов уловов, определение возрастного состава уловов. Морфометрическая характеристика возрастных групп.

Тема 5. Размножение и развитие рыб

Теоретическая часть. Особенности биологии размножения основных представителей ихтиофауны Белого моря. Методы получения зрелых половых продуктов, искусственного осеменения и инкубации икры в лабораторных условиях. Ранний онтогенез костистых рыб и методы его исследования.

Ихтиопланктонные исследования. Области применения и цели. Орудия лова и их конструкция. Особенности строения икры и личинок рыб, используемые при таксономической идентификации объектов ихтиопланктона. Методы сбора, фиксации и таксономической идентификации объектов ихтиопланктона.

Практическая часть. Знакомство с особенностями размножения и развития зубастой корюшки (*Osmerus mordax dentex*), девятииглой (*Pungitius pungitius*) и трёхиглой (*Gasterosteus aculeatus*) колюшек. Сбор икры зубастой корюшки на нерестилищах и её инкубация в лабораторных условиях. Отлов производителей девятииглой и трёхиглой колюшек в районе ББС, в Пеккелинском ручье, в Берёзовом ручье или в эстуарии реки Чёрной. Проведение искусственного осеменения и инкубации икры в лабораторных условиях. Проведение исследований раннего развития методом прижизненного микроскопирования. Освоение метода выполнения рисунков с помощью рисовального аппарата. Выход в море по маршруту: ББС –

о. Кастьян – о. Величаиха – ББС. Сбор ихтиопланктона с помощью ихтиопланктонных сетей на нескольких станциях.

Разбор собранных проб и таксономическое определение икры и личинок. Анализ качественного и количественного распределения объектов ихтиопланктона по станциям в пределах обследованной акватории.

Тема 6. Ихтиофауна пресных вод и эстуарных участков рек и ручьёв

Теоретическая часть. Особенности биологии основных представителей ихтиофауны пресноводных водоёмов окрестностей ББС.

Практическая часть

1. Однодневная экскурсия в район эстуария реки Чёрная. Задачи экскурсии: – лов рыбы закидным неводом; – знакомство с ихтиофауной данного биотопа; – осмотр мест обитания и нереста кумжи в нижнем течении реки; – отбор зрелых производителей девятииглой и трёхиглой колюшки для проведения опытов по искусственному осеменению в лабораторных условиях на ББС; – отлов нескольких экземпляров жилой или проходной кумжи спортивными снастями для проведения биоанализа (размер, вес, возраст).

2. Однодневная экскурсия на реку Нильма. Задачи экскурсии: – осмотр различных участков реки, знакомство с нерестилищами сёмги и кумжи; – отлов сёмги и кумжи спортивными снастями для проведения морфометрического и популяционно-генетического анализа; – отлов щуки спортивными снастями для проведения сравнительного анализа по темпу роста.

3. Трёхдневная экскурсия на Нильмозеро. Задачи экскурсии: – исследование пространственного распределения рыб в озере с помощью эхолота; – лов рыбы ставными сетями и спортивными снастями – знакомство с ихтиофауной крупного олиготрофного озера; – вскрытие рыб, знакомство с анатомическими особенностями разных видов (сиг, щука, окунь речной), проведение общего биоанализа; – сбор нескольких экземпляров речного окуня и щуки для определения возраста по разным регистрирующим структурам (operculum, чешуя); – поиск нерестилищ окуня, щуки, налима. Сбор икры и личинок.

4. Однодневная экскурсия на ручей Берёзовый. Задачи экскурсии: – осмотр различных участков ручья, знакомство с нерестилищами кумжи; – знакомство с ихтиофауной эстуария и ручья; – наблюдение ската кумжи; – лов кумжи спортивными снастями; – сбор нескольких экземпляров покатной и жилой кумжи для исследования их морфо-биологических особенностей; – сбор материала для проведения популяционно-генетического анализа.

5. Однодневная экскурсия на Пекелинский ручей. Задачи экскурсии: – лов рыбы закидным неводом в приэстуарном участке; – знакомство с ихтиофауной этого биотопа; – осмотр каскада мелких озёр; – лов рыбы спортивными снастями; – сбор регистрирующих структур щуки для определения возраста; – анализ содержимого пищеварительного тракта щуки; – отлов зрелых производителей девятииглой и трёхиглой колюшки для проведения опытов по искусственному осеменению в лабораторных условиях на ББС.

6. Однодневная экскурсия на Панфиловские озёра. Задачи экскурсии: – осмотр различных участков системы озёр; – знакомство с ихтиофауной озёр; – лов кумжи спортивными снастями; – сбор нескольких экземпляров кумжи для исследования их морфо-биологических особенностей; – сбор материала для проведения популяционно-генетического анализа.

Тема 7. Методы популяционно-генетического анализа рыб

Теоретическая часть. Основные понятия популяционной генетики, методы исследования внутривидовой структуры рыб с использованием генетических маркеров. Методы сбора и фиксации материала для проведения этих работ.

Практическая часть. Определения видовой принадлежности 10–20 экземпляров молоди и взрослых рыб рода *Salmo*, отловленных в реке Нильма и Берёзовом ручье на основе их морфологического строения. Исследование полиморфизма этих же экземпляров по нескольким ферментным локусам методом вертикального электрофореза в полиакриламидном геле и идентификация их видовой принадлежности. Проведение сравнения этих результатов с результатами таксономического определения на основе морфологических признаков.

Тема 8. Завершающий этап, подготовка к зачёту, сдача оборудования, зачёт

При выставлении оценки учитываются: практические навыки, приобретённые и продемонстрированные в течение всей практики; теоретические знания, приобретённые в течение практики; качество и количество самостоятельно выполненных рисунков определённых видов беломорских рыб.

Рекомендуемая литература

- Андрияшев. А.П. 1954. Рыбы Северных морей СССР. Изд-во АН СССР. М.-Л. 566 с.
- Решетников Ю.С. 2002. Атлас пресноводных рыб России. В 2 томах. Москва. Наука. Т. 1. 379 с. Т.2. 253 с.
- Айала Ф. 1984. Введение в популяционную генетику. М. Мир. – 230 с.
- Бабков А.И., Голиков А.Н. 1984. Гидробиокомплексы Белого моря // Л., изд. Зоол. Ин-та АН СССР. 104 с.
- Богоров В.Г. 1947. Инструкция для проведения гидробиологических работ в море (планктон и бентос). Изд-во Арктич. ин-та. Вып. 18. М.: Л. 126 с.
- Дерюгин К.М. 1928. Фауна Белого моря и условия её существования // Исследования морей СССР. Вып. 7-8. 511 с.
- Дерюгин К.М. 1929. Фауна Белого моря и условия её происхождения // Природа. №9. С. 791–806.

- Кузнецов В.В. 1960. Белое море и биологические особенности его флоры и фауны. // Л. Изд-во АН СССР. 322 с.
- Надежин В.М. 1966. Характерные особенности гидрологического режима Белого моря // Тр. ПИНРО. Вып.17. С. 237–248.
- Парин Н.В., Евсеенко С.А., Васильева Е.Д. 2014. Рыбы морей России: аннотированный каталог. М. Товарищество научных изданий КМК. 733 с.
- Расс Т.С., Казанова И.И. 1966. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб. М: Пищ. пром-сть. 42 с.
- Лебедев, В.Д. Спановская В.Д., Савваитова К.А., Соколов Л.И., Цепкин Е.А. 1969 Рыбы СССР. Москва, Изд-во Мысль. 446 с.
- Лисицин А.П. 2012. Система Белого моря. Том II. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. М.: Научный мир. 784 с.
- Расса Т.С. 1971. Жизнь животных. Рыбы. Т.4. Изд-во Просвещение. 655 с.
- Кошелев Б.В. 1984. Экология размножения рыб. М.: Наука. 307 с.
- Киселев И.А. 1969. Планктон морей и континентальных водоёмов. Т. I. Вводные и общие вопросы планктологии. Изд-во «Наука», Ленингр. – отд., Л. 658 с.
- Макеева А.П. 1992. Эмбриология рыб. М.: МГУ. 215 с.
- Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. 1974. (Под ред. Боруцкого Е.В.). М.: Наука. 254 с.
- Никольский Г.В. 1950. Частная ихтиология. М.: Сов. Наука. 428 с.
- Плохинский Н.А. 1968. Биометрия. М.: МГУ. 268 с.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая пром-ть. 376 с.
- Роскин Г. И. 1951. Микроскопическая техника. М.: Сов. Наука. 115 с.
- Андрияшев А.П. 1988. Рыбы открытого океана. М.: Наука. 272 с.
- Шорыгин А. А. 1952. Питание и пищевые взаимоотношения рыб. М.: Пищепромиздат. 267 с.
- Munk P., Nielsen J.G. 2005. Eggs and larvae of North Sea fishes. Biofolia. Narayana Press. Denmark. 215 p.

Интернет-ресурсы

Для первичной статистической обработки данных используются программы Microsoft Excel, Statistica 6.0.; интернет-ресурс www.fishbase.org.

Составители: доцент, к.б.н. Семенова Анна Викторовна, старший научный сотрудник, к.б.н. Шадрин Андрей Михайлович

7 СЕМЕСТР

ЭМБРИОЛОГИЯ РЫБ (курс лекций, обязательный)

Тема 1. Введение

Определение, объекты, направления и методы эмбриологии. Эмбриология рыб как самостоятельная ветвь эмбриологии позвоночных животных. Понятие «онтогенез». Периодизация и типы онтогенеза. Формирование представлений о соотношении индивидуального и исторического развития организмов (закон зародышевого сходства Бэра, биогенетический закон Мюллера-Геккеля, Ч. Дарвин, теория филэмбриогенезов А.Н.Северцова, современные представления о биогенетическом законе, консервативная стадия, филотипическая стадия).

Тема 2. Условия размножения рыб

Абиотические и биотические условия размножения рыб: типы водоёмов, взаимоотношения с другими организмами. Роль ведущих факторов среды в эмбриональных адаптациях.

Тема 3. Классификация и разнообразие зрелых яиц

Классификация яиц животных. Классификация яиц рыб и рыбообразных по С.Г. Крыжановскому. Понятие типа и подтипов яиц. Группы яиц рыб по объёмному соотношению плазмы и желтка в яйцах. Связь строения яиц с особенностями развития, тип дробления, поглощение воды и т. д. Эволюционный потенциал рыб с «плазмолецитальными» и «истинно телолецитальными» (по С.Г. Соину) яйцами. Биогеографическое правило Т.С. Расса.

Тема 4. Морфология и структура яиц рыб

Общая схема строения яиц костистых рыб. Желток. Состав, структура и её формирование, функции. Жировые капли. Состав, функции, положение. Яйцевые оболочки. Классификация по происхождению, первичные, вторичные и третичные. Oolemma, Zona radiata, хорион. Их формирование, строение, производные, функции в разных таксономических и экологических группах. Микропиле. Формирование, строение, функции. Микропилярная клетка. Кортекс и кортикальные альвеолы. Формирование, структура.

Тема 5. Оплодотворение и структуры, связанные с ним

Оплодотворение и искусственная активация. Формирование перивителлинового пространства и биполярная дифференцировка. Процесс проникновения спермия и развитие вспомогательных структур. Кортикальная реакция. Затверждение яйцевых оболочек. Механизмы блокирования полиспермии. Ооплазматическая (цитоплазматическая) сегрегация, расположение и фиксация жировых капель.

Тема 6. Раннее развитие *Hondrostei* (*Acipenseriformes*)

Особенности размножения и условия развития. Строение яиц, оплодотворение, развитие. Специфика морфогенетических движений в раннем развитии необособленно-желтковых яиц. Особенности процессов бластуляции, гастрюляции, эпиболии, нейруляции и формирования пищеварительной системы. Дифференцировка зародышевых листков экто-, мезо- и энтодермы. Карта презумптивных зачатков. Сравнительный анализ с развитием Амфибий.

Тема 7. Раннее развитие *Cladistia* (*Polipteriformes*)

Особенности размножения и условия развития. Строение яиц, оплодотворение, развитие. Особенности процессов дробления бластуляции, гастрюляции, эпиболии и нейруляции. Особенности происхождения энтодермы и судьба макромеров. Морфологические особенности эмбрионов и личинок, связанные с условиями среды обитания.

Тема 8. Раннее развитие *Holostei* (*Amiiformes*, *Amia*)

Особенности размножения и условия развития. Строение яиц, оплодотворение. Особенности процессов дробления бластуляции, гастрюляции, эпиболии и нейруляции. Схема морфогенетических движений клеток при гастрюляции и начале органогенезов. Карта презумптивных зачатков. Особенности пищеварительной системы на ранних стадиях развития. Морфологические особенности эмбрионов и личинок, связанные с условиями среды обитания.

Тема 9. Раннее развитие *Holostei* (*Lepisosteiformes*)

Особенности размножения и условия развития. Строение яиц, оплодотворение. Особенности процессов дробления бластуляции, гастрюляции, эпиболии и нейруляции. Формирование желточного синцития. Особенности пищеварительной системы на ранних стадиях развития. Морфологические особенности эмбрионов и личинок, связанные с условиями среды обитания.

Тема 10. Раннее развитие *Sarcopterygii* (*Ceratodontiformes* (*Dipnomorpha*))

Особенности размножения и условия развития. Строение яиц, оплодотворение. Особенности процессов дробления бластуляции, гастрюляции, эпиболии и нейруляции. Морфологические особенности эмбрионов и личинок родов *Lepidosiren*, *Protopterus*, *Neoceratodus*, связанные с условиями развития и обитания.

Тема 11. Раннее развитие Sarcopterygii (Coelocanthiformes (Actinistia))

Данные о раннем развитии *Latimeria chalumnae*.

Тема 12. Раннее развитие Petromyzontiformes (Petromyzontomorphi)

Особенности размножения и условия развития. Строение яиц, оплодотворение, развитие, метаморфоз. Особенности процессов дробления бластуляции, гастрюляции, эпиболии и нейруляции. Особенности происхождения энтодермы и судьба макромеров. Схема миграций клеток нервного гребня.

Тема 13. Раннее развитие Myxiniformes (Myxinomorphi)

Дефицит данных о биологии размножения миксин. Строение яиц, предположительные особенности оплодотворения. Особенности дробления, эпиболии, схема миграций клеток нервного гребня у разных видов. Продолжительность процесса развития.

Тема 14. Раннее развитие Chondrichthyes на примере яйцеживородящих видов

Строение яиц, оплодотворение. Формирование желточного синцития. Полиспермия, судьба ядер «лишних» спермиев. Особенности процессов дробления бластуляции, гастрюляции, эпиболии и нейруляции. Морфологические особенности эмбрионов на разных стадиях развития, связанные с изменением потребностей организма и приспособлением к условиям развития. Особенности кровеносной системы и провизорные структуры.

Тема 15. Раннее развитие Chondrichthyes. Специфика развития в условиях разных типов размножения, репродуктивных стратегий

Строение половой системы самок Chondrichthyes (Elasmobranchii и Chimaeriformes).

Особенности размножения, связанные с внутренним оплодотворением. Спаривание, режим спаривания, сезонность, полигамия и моногамия. Путь ооцита внутри самки после овуляции.

Типы размножения Хрящевых рыб, репродуктивные стратегии. Яйцеживорождение и живорождение. Принцип определения репродуктивной стратегии вида.

Формы яйцеживорождения, одиночное, множественное, устойчивое одиночное. Строение яйца, яйцевых оболочек, капсулы. Промежуточное вылупление, или вскрытие. Провизорные структуры для обеспечения вентиляции и выхода из капсулы.

Типы живорождения по источнику питания, лецитотрофный и матротрофный. Варианты матротрофного типа, живорождение с желточным мешком, гистотрофия, оофагия, адельфофагия, плацентарное живорождение. Ограниченная гистотрофия.

Специфические особенности строения элементов половой системы самок определяемые конкретной репродуктивной стратегией вида. Степень развития скорлу-

повых желёз, степень развития и особенности морфологии матки. Асимметричное развитие и редукция некоторых элементов.

Взаимные приспособительные морфологические и физиологические особенности половой системы самок и эмбрионов в условиях разных вариантов матротрофного типа. Чередование и смена разных вариантов матротрофии в пределах конкретной репродуктивной стратегии. Особенности строения и формирования плаценты. Стадии, когда начинает формироваться, роль желточного мешка, имплантация, плацентация, эпителиохориальная, неинвазивный характер, отсутствие гемотрофического переноса, наличие барьера, исключения.

Тема 16. Раннее развитие Teleostei

Строения яиц, оплодотворение, кортикальная реакция, формирование перивителлинового пространства, биполярная дифференцировка, затверждение оболочки. Процесс дробления и формирование провизорных структур, покровного слоя и желточного синцития. Клетки Вилсона, или открытые бластомеры. Клеточные циклы периода синхронных делений дробления у Teleostei. Начало морфогенетической функции ядер. Бластуляция. Классическая бластула костистых рыб.

Морфогенетические движения клеток в развитии Костистых после бластулы по результатам исследований развития рыб из разных таксономических групп, с яйцами, с разными характеристиками и разными авторами, *Salmo*, *Danio*, *Barbus*, *Catostomus*, *Fundulus*. Гастроуляция у Teleostei. Инволюция, ингрессия. Различная интерпретация результатов исследований. Различия в понимании значения термина «инволюция».

Эмбриональное развитие икромечущих «однолетних» представителей Cyprinodontiformes. Демонстрация наличия у костистых уникального механизма морфогенетических движений, ассоциированных с гастроуляцией. Трёхмерная карта презумптивных зачатков для *Salmo*. Эмбрионально-личиночное развитие на примере представителей *Salmo*, *Danio*, *Gadus*, *Fundulus*, *Orizias*, *Austrofundulus*, *Austrofundulus*, *Austrolebias*. Эпибolia. Механизмы. Программированный эндоцитоз, цитоскелет, микротрубочки. Перестройки в краевом и прекраевых слоях покровных клеток в процессе эпиболлии. Формирование осевого комплекса зачатков. Особенности нейруляции. Формирование отделов головного мозга и закладка органов чувств.

Дифференцировка кишечной энтодермы. Сегментация параксиальной мезодермы. Формирование сегментной формулы. Её связь с дефинитивным числом позвонков в разных таксономических группах. Хлорид-секретирующие клетки. Железы вылупления. Гетерохронии относительно независимых морфогенетических движений в олиго-, мезо- и полиплазматических яйцах костистых рыб. Эволюционный потенциал преобразования раннего онтогенеза, обусловленный меробластическим типом дробления. Формирование провизорных органов и структур у рыб разных экологических групп. Живорождение и яйцеживорождение, фолликулярный и овариальный типы беременности у Teleostei.

Тема 17. Теоретические и практические аспекты эмбриологии рыб

Теория экологических групп рыб по месту кладки и условиям развития С.Г. Крыжановского. Эколого-морфологические особенности развития рыб разных экологических групп. Закономерности распределения рыб разных экологических групп по водоёмам. Эволюция способов размножения рыбообразных и рыб. Эмбриоадаптации, обеспечивающие освоение мест размножения и условий развития у Teleostei.

Периодизация онтогенеза рыб, интервалы развития: периоды, фазы, стадии. Периодизация развития рыб Шмидта, Т.С. Расса, Е. Балона. Теория этапности развития рыб В.В. Васнецова и её дополнение С.Г. Крыжановским. Характеристика интервалов развития рыб: периодов, этапов, стадий по В.В. Васнецову. Описание темпа и хронологии развития рыб. Использование τ_0 при сравнении темпов развития рыб из разных систематических групп. Практическое применение фундаментальных знаний раннего онтогенеза рыб. Разведка нерестовых скоплений рыб методом мониторинга ихтиопланктона. Оценка смертности при разработке моделей динамики численности промысловых видов рыб. Разработка биологического обоснования мероприятий по естественному и искусственному воспроизводству рыб. Использование характеристик контактно-двигательных свойств клеток для определения качества эмбрионально-личиночного развития и качества среды обитания.

Рекомендуемая литература

Основная

- Макеева А.П. 1992. Эмбриология рыб. М.: МГУ. 215 с.
- Кауфман З.С. 1990. Эмбриология рыб. М.: Агропромиздат, 271 с.
- Детлаф Т.А., Гинзбург А.С., Шмальгаузен О.И. 1981. Развитие осетровых рыб. М.: Наука. 224 с.
- Гинзбург А.С. 1968. Оплодотворение у рыб и проблема полиспермии. М. Изд-во «Наука». 360 с.
- Иванов П.П. 1937. Общая и сравнительная эмбриология. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 809 с.
- Тринкаус Дж. 1972. От клеток к органам. М.: Мир, 286 с.
- Соин С.Г. 1968. Приспособительные особенности развития рыб. М.; Изд. Моск. ун-та, 89 с.
- Васнецов В.В. Этапы развития костистых рыб // Очерки по общим вопросам ихтиологии. М.; Л., 1953. С. 207–217.
- Крыжановский С.Г. Теоретические основы эмбриологии. // Усп. Совр. биол. 1950. Т. 30. вып. 3. С. 382–413.

Расс Т.С. 1946. Ступени онтогенеза костистых рыб. // Зоол. Журн. Т. 46, вып. 2. С. 137–149.

Игнатьева Г.М. 1979. Ранний эмбриогенез рыб и амфибий. М.: Наука. 175 с.

Дополнительная

Озернюк Н.Д. 2000. Биоэнергетика онтогенеза. М., Изд-во МГУ, 259 с.

Шмидт Г.А. 1951. Эмбриология животных. Ч. I. М.: Сов. наука. 355 с.

Cooper M. S., Virta V. C. 2007. Evolution of gastrulation in the ray-finned (actinopterygian) fishes // Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution/ V. 308(5). P. 591–608.

Ballard W.W. 1981. Morphogenetic movements and fate maps of vertebrates // Amer. Zool. Vol. 21. 2. P. 391–399.

Ballard W.W. 1984. Morphogenetic movements in embryos of the holostean fish, *Amia calva*: a progress report // American Zool. V. 24. P. 539–544.

Ballard W.W. 1986a. Morphogenetic movements and a provisional fate map of development in the holostean fish, *Amia calva* // J Exp Zool. V. 238. P. 355–372.

Ballard WW. 1986b. Stages and rates of normal development in the holostean fish, *Amia calva* // J Exp Zool. V. 238. P. 337–354.

Ballard WW, Ginsburg AS. 1980. Morphogenetic movements in acipenserid embryos // J Exp Zool. V. 213. P. 69–103.

Ballard WW, Needham RG. 1964. Normal embryonic stages of *Polyodon spathula* (Walbaum) // J Morphol. V. 114. P. 465–478.

Balon E.K. 1981. About processes which cause the evolution of guilds and species // Env. Biol. V.6. P. 129–138.

Balon E.K. Saltatory processes and altricial to precocial forms in the ontogeny of fishes // Amer. Zool. 1981a. Vol.21. № 2. P. 567–590.

Betchaku T., Trinkaus J. P. 1986. Programmed endocytosis during epiboly of *Fundulus heteroclitus*. American zoologist, V. 26(1), P. 193–199.

Gilbert SF. 2006. Developmental biology. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc. 817 p.

Kimmel, C. B., Ballard W. W., Kimmel S. R., Ullmann B., Schilling T. F. 1995. Stages of embryonic development of the zebrafish. Developmental dynamics. V. 203(3), P. 253–310.

Long W.L., Ballard W.W. 2001. Normal embryonic stages of the longnose gar, *Lepisosteus osseus* // BMC Dev Biol. V. 1:6.

Pereiro L., Loosli F., Fernández J., Härtel S., Wittbrodt J., Concha M. L. 2017. Gastrulation in an annual killifish: Molecular and cellular events during germ layer formation in *Austrolebias* // Developmental Dynamics V. 246(11)/ P. 812–826.

- Solnica-Krezel L., Driever W. 1994. Microtubule arrays of the zebrafish yolk cell: organization and function during epiboly // *Development*. V. 120(9). P. 2443–2455.
- Solnica-Krezel L. 2006. Gastrulation in zebrafish-all just about adhesion? // *Current opinion in genetics & development*. V. 16(4). P. 433–441.
- Trinka J. P. 1996. Ingression during early gastrulation of *Fundulus*. *Developmental biology*, V. 177(1), P. 356–370.
- Wourms J.P. 1972. Development biology of annual fishes. I. II. III. // *J. Exp. Zool.* Vol.182. P.P. 169–200, 143-168, 389–414.
- Wourms J.P. 1981. Viviparity: the maternal-fetal relationship in fishes. // *Amer. Zool.* Vol.21. № 2. P.433–515; // *Env. Biol. Fish.* 1991. Vol. 32. P. 225–248.
- Wourms J.P., Demski L. S. 1993. The reproduction and development of sharks, skates, rays and ratfishes: introduction, history, overview, and future prospects. // *Environmental Biology of Fishes*. Vol.38, P. 7–21.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет

Составитель: старший научный сотрудник, к.б.н. Шадрин Андрей Михайлович

АНАТОМИЯ РЫБ

(большой практикум, обязательный)

Введение

Знакомство с основными понятиями анатомии. Анатомический словарь терминов.

Тема 1. Бесчерепные. Особенности внутреннего строения

Общая топография внутренних органов. Строение кровеносной, дыхательной и выделительной систем. Особенности ЦНС и органов чувств.

Тема 2. Круглоротые. Особенности внутреннего строения и ЦНС

Особенности внешнего строения. Общая топография внутренних органов. Строение кровеносной, мочеполовой, пищеварительной систем. Особенности строения головного мозга, органов чувств.

Тема 3. Круглоротые. Мускулатура и строение скелета. Особенности строения мышечной системы и скелета.

Тема 4. Хрящевые рыбы. Общая топография внутренних органов

Общая топография внутренних органов акул и ската. Различие между ними. Строение пищеварительной, кровеносной, мочеполовой систем.

Тема 5. Хрящевые рыбы. Особенности мускулатуры

Особенности строения мышечной системы хрящевых рыб. Различие акул и скатов.

Тема 6. Хрящевые рыбы. Особенности скелета

Особенности строения скелета хрящевых рыб. Различие акул и скатов.

Тема 7. Хрящевые рыбы. ЦНС. Строение головного мозга, ветвление головных нервов

Особенности строения головного мозга и ветвление головных нервов. Различия между ветвлением нервов у акул и скатов. Особенности органов чувств.

Тема 8. Осетровые рыбы. Особенности внутреннего строения и ЦНС

Общая топография внутренних органов. Строение пищеварительной, кровеносной, дыхательной и мочеполовой систем. Особенности ЦНС и органов чувств.

Тема 9. Осетровые. Мускулатура и строение скелета

Особенности строения мышечной системы и скелета.

Тема 10. Костистые рыбы. Внутреннее строение

Общая топография внутренних органов. Строение пищеварительной, кровеносной, дыхательной и мочеполовой систем. Различия в строении древних и современных костистых рыб.

Тема 11. Костистые рыбы. Мускулатура

Строение мышечной системы. Различия древних и современных костистых рыб.

Тема 12. Костистые рыбы. ЦНС, строение головного мозга и ветвление головного мозга

Особенности строения головного мозга и ветвление головных нервов. Особенности органов чувств.

Тема 13. Костистые рыбы. Скелет, разнообразие черепов

Скелет. Различия в строении древних и современных костистых рыб. Разнообразие строения черепов современных костистых рыб.

Рекомендуемая литература

Гуртовой Н.Н., Матвеев Б.С., Держинский Ф.Я. 1976. Практическая зоотомия позвоночных (низшие хордовые, бесчелюстные, рыбы). М., «Высш. школа», 351 с.

Составитель: научный сотрудник, к.б.н. Малютина Анна Михайловна

ГАМЕТОГЕНЕЗ РЫБ

(курс лекций, по выбору)

Введение

Предмет и содержание, краткая история, общие положения, принятая терминология. Современные направления биологии размножения.

Тема 1. Первичные половые клетки и закладка гонад у рыб

Происхождение первичных половых клеток. Представление о зародышевой плазме, содержащей специфические факторы – половые детерминанты, определяющие развитие половых клеток. Две модели происхождения первичных половых клеток: преформизм и эпигенез. Биологический смысл раннего обособления первичных половых клеток. Морфология первичных половых клеток, отличающая их от соматических. Их миграция. Формирование гонад. Периодизация раннего развития гонад. Определение пола у рыб.

Тема 2. Оогенез

Строение половой системы самок хрящевых и костистых рыб. Разнообразие строения яичников у костистых рыб. Яичники открытого и закрытого типов. Расположение генеративных элементов в яичниках закрытого типа. Специфика развития ооцитов у видов с различной экологией размножения. Периодизация оогенеза, история вопроса. Синаптонемальный комплекс, экстрахромосомная ДНК. Формирование краевых ядрышек, биологический смысл этого явления. Понятие фолликула. Сезонные изменения ооцитов разных видов рыб, причины этого явления. Ультраструктура ооцитов. Формирование желточных включений, гормональная регуляция этого процесса. Разнообразие строения оболочек ооцитов у рыб с различной экологией размножения, их ультраструктура. Изменение морфологии ооцитов в процессе оогенеза. Влияние антропогенных факторов на состояние воспроизводительной системы разных видов рыб. Резорбция ооцитов, причины, её вызывающие. Становление плодовитости, факторы, её определяющие. Специфика размножения рыб в водоёмах разных широт.

Тема 3. Сперматогенез

Строение половой системы самцов хрящевых и костистых рыб. Типы семенников у костистых рыб. Добавочные железы семенников, их функция. Фенодевианты семенников у рыб при антропогенном воздействии. Периодизация сперматогенеза. Специфика строения сперматозоидов у рыб разных систематических групп. Ультраструктура сперматозоидов костистых рыб, различающихся экологией размножения. Состав ядерного материала сперматозоидов, его изменения при спермиогенезе, биологический смысл. Полиморфизм сперматозоидов, причины. Особенности сперматогенеза при кратковременном и растянутом нересте. Способы формирова-

ния семенной жидкости у разных видов рыб. Половые циклы самцов с различными типами вымета спермы. Различия в продолжительности подвижности сперматозоидов пресноводных и морских рыб. Оплодотворяющая способность спермы, её изменения при хранении. Криоконсервация спермы. Действие радиации, эффект Гертвига. Сперматофоры и сперматоцейгмы рыб с внутренним осеменением, особенности их размножения.

Тема 4. Оплодотворение

Осеменение (внешнее и внутреннее) и оплодотворение. Гамоны гамет, их функции. Физиологическая моноспермия и физиологическая полиспермия, у каких рыб, различия.

Специфика процесса оплодотворения у рыб разных таксономических групп. Акросомная реакция; специфика акросомной реакции у хрящевых рыб и хрящевых ганоидов. Биохимия процесса оплодотворения. Активация ооцитов, механизмы, её вызывающие. События, сопровождающие экзоцитоз кортикальных альвеол или гранул. Сперматозоид внутри ооцита, его преобразования. Изменения неоплодотворённых яиц, продолжительность их жизни, причины. Оплодотворение яиц разного качества.

Тема 5. Гермафродитизм

Терминология. Гермафродитизм истинный и ювенальный, отличия, у каких рыб. Типы гермафродитизма (протогиния, протандрия, потенциальный гермафродитизм), отличия. Представители рыб с разным типом гермафродитизма. Социальный контроль смены пола у гермафродитов. Специфика поведения рыб и взаимоотношений у разных типов гермафродитов. Цитологические изменения в гонадах при протогинии. Репродуктивная стратегия рыб-гермафродитов. Факультативный гермафродитизм, отличия от истинного, почему возникает.

Тема 6. Особые способы размножения и восстановления ploидности

Гиногенез, или «псевдооплодотворение». Осеменение необходимо, но ядерный аппарат спермия в яйцеклетке инактивируется, и развитие протекает только под контролем материнской наследственности. Рыбы, у которых известен такой способ размножения.

Успешное развитие возможно лишь при сохранении нередуцированного числа хромосом – почему? Сперматозоид проникает в яйцеклетку, но вскоре элиминируется. Почему необходимо его проникновение? Специфика завершения мейоза при гиногенезе. Биологические особенности двух форм (двуполой и однополой) серебряного карася. Характеристика однополо-двуполого комплекса щиповок. Личинки гиногенетических форм крупнее, чем личинки бисексуальных форм, и более устойчивы к паразитам. С чем это связано? Индуцированный гиногенез, для чего разработан? Методы, используемые для получения индуцированных гиногенетических рыб. Виды, полученные с помощью индуцированного гиногенеза.

Гибридогенез, отличие от гиногенеза. Представители. Специфика мейоза. Значение гиногенеза и гибридогенеза.

Андрогенез – развитие под контролем только мужской наследственности. Существует ли в природе? Способы получения андрогенетических рыб. Диспермный андрогенез у осетровых – методика. Соотношение полов в андрогенетическом потомстве при мужской гомо- и гетерогаметности.

Тема 7. Гормональная регуляция развития гонад и нереста

Общая схема гормональной регуляции репродуктивной функции у рыб. Гипоталамус, его строение. Количество ядер у разных систематических групп рыб. Ядра гипоталамуса у костистых рыб. Строение ядер, изменение их строения в процессе онтогенеза. Нейрогормоны гипоталамуса – либерины и статины, их функции. Пептидэргическая и аминэргическая регулирующие системы гипоталамуса, их функции.

Гипофиз – его строение, когда формируется. Тропные гормоны гипофиза, их количество, в каких частях гипофиза синтезируются. Гонадотропоциты, их количество. Полоспецифические гонадотропные гормоны гипофиза. Их функции, встречаются ли у других позвоночных, кроме рыб? Активность гипофиза в процессе полового цикла рыб. Циркадные ритмы выделения гонадотропных гормонов. Изменения в гонадотропоцитах при резорбции ооцитов. Различия в гонадотропной активности гипофиза у рыб с разной экологией размножения.

Половые стероидные гормоны, где образуются, их типы. Кортикостероиды. Основные гормоны, вызывающие созревание и овуляцию ооцитов костистых рыб. Другие эндокринные железы, их функция, где расположены.

Использование данных по гормональной регуляции созревания и овуляции в аквакультуре. Метод гипофизарных инъекций. Другие гормональные препараты. Синтетические либерины, их действие.

Рекомендуемая литература

- Баранникова И.А. 1984. Гормональная регуляция репродуктивной функции у рыб с различной экологией // Биологические основы рыбоводства. Актуальные проблемы экологической физиологии и биохимии рыб. М.: Наука. С. 178–218.
- Макеева А.П. 1992. Эмбриология рыб. М.: МГУ. 215 с.
- Павлов Д.А., Емельянова Н.Г. 2013. Переход к живорождению в отряде Scorpaeniformes: краткий обзор // Вопр. ихтиологии (IF 0.635). Т. 53. № 1. С. 69–86.
- Емельянова Н.Г., Павлов Д.А., Льюнг Тхи Бик Тхуан, Во Тхи Ха. 2015. Состояние гонад, подвижность сперматозоидов и начальные стадии эмбрионального развития *Upeneus tragula* (Mullidae) // Вопр. ихтиологии. Т. 55. № 2. С. 196–206.

- Искусственное воспроизводство ценных гидробионтов, акклиматизация и аквакультура. К 100-летию со дня рождения профессора ВНИРО А.Ф. Карпевич. 2010. М.: ВНИРО. 224 с.
- Черняев Ж.А. 2017. Воспроизводство сиговых рыб. Эколого-физиологические особенности размножения и развития. М.: КМК. 328 с.
- Павлов Д. С., Дгебуадзе Ю.Ю., Шатуновский М.И. 2010. Актуальные проблемы современной ихтиологии (к 100-летию Г.В.Никольского) М.: ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН, Товарищество научных изданий КМК. 368 с.
- Jakobsen, M. Fogarty, B.A. Megrey, E. 2016. Fish Reproductive Biology and its implications for Assessment and Management. 2nd Edition. T Moksness. Oxford: Wiley-Blackwell. 473p. ISBN: 978-1-118-75274-6.
- Emel'yanova N.G., Pavlov D.A. 2012. From oocyte to larva: hormonal induction of oocyte maturation and initial development of coral reef fishes. Moscow: KMK Scientific Press, 170 p.
- Babin P.J., Cerdà J., Lubzens E. 2007. The Fish Oocyte: From Basic Studies to Biotechnological Applications. Dordrecht, the Netherlands: Springer. 474 p.
- Зеленников О.В., Мосягина М.В. 2023. Половые стероидные гормоны и стероид-секреторные клетки в гонадах у круглоротых и рыб. // ТРУДЫ ВНИРО. Т. 193. С. 56–81.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<http://www.chem.msu.ru/rus/library/licenced.html>

<http://fishbase.org>

Составитель: ведущий научный сотрудник, к.б.н. Емельянова Наталья Григорьевна

ОСНОВЫ ГИДРОЛОГИИ ВОДОЁМОВ

(курс лекций, по выбору)

Тема 1. Предмет, методы и задачи гидрологии

Общая гидрология как наука. Предмет, задачи, связь с другими науками. Вода в природе и жизни человека. Водные объекты. Понятие о гидросфере. Гидрологический режим и гидрологические процессы. Науки о природных водах. Методы гидрологических исследований. Использование природных вод и практическое значение гидрологии. Краткие сведения из истории гидрологии.

Тема 2. Химические и физические свойства природных вод

Вода как вещество, её молекулярная структура и изотопный состав. Химические свойства воды. Вода как растворитель. Физические свойства воды. Агрегатные состояния воды и фазовые переходы. Плотность воды. Тепловые и другие физические свойства воды.

Тема 3. Круговорот воды в природе и водные ресурсы Земли

Вода на земном шаре. Современные и ожидаемые изменения климата и гидросферы Земли. Круговорот воды на земном шаре. Круговорот содержащихся в воде веществ. Влияние гидрологических процессов на природные условия. Водные ресурсы земного шара, частей света и России.

Тема 4. Гидрология ледников

Происхождение ледников и их распространение на земном шаре. Типы ледников. Образование и строение ледников. Питание и абляция ледников, баланс льда и, воды в ледниках. Режим и движение ледников. Роль ледников в питании и режиме рек. Практическое значение горных ледников.

Тема 5. Гидрология подземных вод

Происхождение подземных вод и их распространение на земном шаре. Классификация подземных вод. Типы подземных вод по характеру залегания. Классификации подземных вод. Воды зоны аэрации. Почвенные воды, верховодка, капиллярная зона. Воды зоны насыщения. Грунтовые воды. Артезианские и глубинные воды. Другие типы подземных вод. Движение подземных вод. Водный баланс и режим подземных вод. Взаимодействие поверхностных и подземных вод. Роль подземных вод в питании рек. Некоторые природные проявления подземных вод. Практическое значение и охрана подземных вод.

Тема 6. Гидрология рек

Реки и их распространение на земном шаре. Типы рек. Морфология и морфометрия реки и её бассейна. Водосбор и бассейн реки. Морфометрические характеристики бассейна реки. Физико-географические и геологические характеристики бассейна реки. Река и речная сеть. Долина и русло реки. Продольный профиль реки. Питание рек. Виды питания рек. Классификация рек по видам питания. Расхождение воды в бассейне реки. Водный баланс бассейна реки. Водный режим рек. Виды колебаний водности рек. Фазы водного режима рек. Половодье, паводки, межень. Классификация рек по водному режиму. Речной сток. Составляющие речного стока. Движение воды в реках. Распределение скоростей течения в речном потоке. Динамика речного потока. Происхождение, характеристики и классификация речных наносов. Термический и ледовый режим рек. Термический режим рек. Ледовые явления. Основные черты гидрохимического и гидробиологического режима рек. Гидрохимический режим рек. Гидробиологические особенности рек. Устья рек. Факторы формирования, классификация и районирование устьев рек. Практическое значение рек. Влияние хозяйственной деятельности на режим рек. Гидролого-экологические последствия антропогенных изменений стока рек.

Тема 7. Гидрология озёр

Озёра и их распространение на земном шаре. Типы озёр. Морфология и морфометрия озёр. Водный баланс озёр. Структура водного баланса озера. Водообмен в озере. Течения, волнение и перемешивание воды в озёрах. Термическая классификация озёр. Основные особенности гидрохимических и гидробиологических условий. Донные отложения озёр. Гидрохимические характеристики озёр. Гидробиологические характеристики озёр. Изменения гидрологического режима Каспийского и Аральского морей. Влияние озёр на речной сток. Хозяйственное использование озёр.

Тема 8. Гидрология водохранилищ

Назначение водохранилищ и их размещение на земном шаре. Типы водохранилищ. Основные характеристики водохранилищ. Водный режим водохранилищ. Термический и ледовый режим водохранилищ. Гидрохимический и гидробиологический режим водохранилищ. Влияние водохранилищ на речной сток и окружающую природную среду.

Тема 9. Гидрология болот

Происхождение болот и их распространение на земном шаре. Типы болот. Строение, морфология и гидрография торфяных болот. Развитие торфяного болота. Водный баланс и гидрологический режим болот. Влияние болот и их осушения на речной сток. Практическое значение болот.

Тема 10. Гидрология океанов и морей

Мировой океан и его части. Классификация морей. Происхождение, строение и рельеф дна Мирового океана. Донные отложения. Водный баланс Мирового океана. Солевой состав и солёность вод океана. Солевой состав вод океана. Солёность морской воды и её определение. Распределение солёности в Мировом океане. Термический режим Мирового океана. Распределение температуры в Мировом океане. Плотность вод и их перемешивание. Факторы, определяющие плотность морской воды. Распределение плотности в Мировом океане. Вертикальная устойчивость и перемешивание вод. Морские льды. Ледообразование в море. Физические свойства морского льда. Оптические свойства морской воды. Волнение. Волны зыби. Ветровые волны. Деформация волн у берега. Волны цунами. Внутренние волны. Приливы. Основные элементы приливов. Приливообразующая сила. Статическая и динамическая теории приливов. Строение приливной волны и приливные течения. Деформация приливной волны у берега. Таблицы приливов. Приливы в ограниченном водоёме. Сейши. Морские течения. Силы, формирующие течения. Классификация морских течений. Теория ветровых течений. Плотностные течения. Циркуляция вод в Мировом океане. Уровень океанов и морей. Кратковременные колебания уровня. Сезонные колебания уровня. Долгопериодные изменения уровня. Водные массы Мирового океана. Взаимодействие океана и атмосферы. Океан и климат. Ресурсы Мирового океана и его экологическое состояние.

Рекомендуемая литература

- Михайлов В.Н., Добровольский А. Д., Добролюбов С.А. 2008. Гидрология: Учебник для вузов, 3-е изд., стер. М.: Высш. шк., 463 с.
- Чеботарев А.И. 1975. Общая гидрология. – Л., Гидрометеиздат. 544 с.
- Богословский Б.Б., Самохин А.А., Иванов К.Е., Соколов Д.П. 1984. Общая гидрология. – Л., Гидрометеиздат. 422 с.
- Догановский А.М., Малинин В.Н. 2004. Гидросфера Земли. – СПб., Гидрометеиздат. 629 с.
- Хатчинсон Д. 1969 Лимнология. М.: Прогресс, 591 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<https://www.sciencedirect.com>

<http://www.springerlink.com/journals>

<https://onlinelibrary.wiley.com>

<https://www.annualreviews.org>

Составитель: доцент, к.б.н. Зданович Владимир Владимирович

ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ И УЛУЧШЕНИЯ ПОРОД РЫБ (курс лекций, по выбору)

Введение

Определение предмета селекции в аспекте создания и сохранения пород рыб. История развития селекционно-генетических работ в Российской Федерации и за рубежом. Задачи селекции.

Тема 1. Основные направления при создании и сохранении пород рыб в зависимости от объекта исследования

Понятия «селекция», «отбор», «разведение». Цели селекции при товарном выращивании рыб, разведении неодомашенных рыб, создании пород аквариумных рыб и в промысловом рыбном хозяйстве.

Тема 2. Отбор в селекционной работе

Типы естественного и искусственного отбора. Генетические основы для искусственного отбора. Факторы, определяющие эффективность искусственного отбора.

Тема 3. Выбор стратегии искусственного отбора в зависимости от типа наследования генов

Понятия «экспрессивность» и «пенетрантность». Отбор в пользу/против доминантного гена, рецессивного гена, гетерозиготных особей. Генетические основы детерминации признаков окраски и чешуйного покрова у *Cyprinus carpio* L.

Тема 4. Наследуемость количественных признаков

Коэффициент наследуемости. Факторы, определяющие коэффициент наследуемости. Понятия «селекционный дифференциал» и «селекционный эффект». Методы определения коэффициента наследуемости. Оценка коэффициента наследуемости методами реализованной наследственности. Регрессионные методы определения наследуемости. Дисперсионный анализ.

Тема 5. Выбор стратегии отбора по величинам коэффициентов наследуемости

Массовый и индивидуальный отбор. Напряжённость и интенсивность отбора. Значения параметров, влияющих на эффективность селекции, при разных стратегиях отбора.

Тема 6. Массовый отбор, преимущества и ограничения

Массовый отбор по скорости роста, конституции (экстерьеру, физиологическим и биохимическим показателям), устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды и возбудителям заболеваний, репродуктивным показателям. Способы увеличения эффективности отбора.

Тема 7. Индивидуальный отбор, преимущества и ограничения

Основы семейной селекции. Межсемейный и внутрисемейный отбор. Оценка производителей по потомству. Условия проведения индивидуального отбора.

Тема 8. Комбинированные методы отбора

Стратегия достижения наибольшей эффективности селекции. Этапы проведения комбинированного отбора.

Тема 9. Программы селекции по нескольким фенотипам: тандемная селекция, независимая селекция, индексная селекция. Преимущества и ограничения

Тема 10. Системы скрещивания

Случайное скрещивание, простое парное скрещивание, факториальное скрещивание, диаллельное скрещивание. Разработка систем скрещивания с учётом целей и последствий для маточных стад.

Тема 11. Родственные и неродственные скрещивания, цели и генетические последствия

Инбридинг, инбредная депрессия. Аутбридинг. Гетерозис, индекс гетерозиса. Гипотезы возникновения гетерозиса. Теория генетического баланса.

Тема 12. Методы разведения и создания пород рыб

Чистопородное разведение, линейное разведение, межпородное скрещивание, гибридизация. Генетическая сущность методов.

Тема 13. Синтетическая селекция, сочетание скрещивания и отбора

Воспроизводительное скрещивание. Ведение породных линий. Вводное, поглочительное и альтернативное скрещивание. Промышленная гибридизация.

Тема 14. Одомашнивание рыб

Критерии, породы рыб на разных этапах одомашнивания среди представителей разных семейств: Salmonidae, Cyprinidae, Cichlidae, Acipenseridae, Ictaluridae.

Тема 15. Генетические процессы в популяциях искусственно разводимых рыб

Влияние аквакультуры на природные популяции. Сохранение генофонда природных популяций рыб. Основные молекулярно-генетические методы исследования в популяциях искусственно разводимых рыб. Генетическая паспортизация.

Рекомендуемая литература

Основная

- Артамонова В.С., Махров А.А. 2015. Генетические методы в лососеводстве и форелеводстве: от традиционной селекции до нанобиотехнологий. КМК Scientific Press. 128 с.
- Давыдович Е.В. 2021. Селекция рыб. Курс лекций: учебно-методическое пособие. Горки: БГСХА. 208 с.
- Катасонов В.Я., Черфас Н.Б. 1986. Селекция и племенное дело в рыбоводстве. М.: Агропромиздат. 182 с.
- Кирпичников В.С. 1987. Генетика и селекция рыб. Наука. 520 с.
- Черфас Б.И. 1969. Генетика, селекция и гибридизация рыб. М.: Наука, 309 с.
- Farias T.F., Cesar J.R.D.O., Silva L.P.D. 2017. Methods of selection using the quantitative genetics in aquaculture-A short review. // Insights in Aquaculture and Biotechnology.V. 1(1). P. 1–8.
- Wang Y., Hamid N., Jia P.P., Pei D.S. 2021. A comprehensive review on genetically modified fish: key techniques, applications and future prospects. // Reviews in Aquaculture. V. 13(3). P. 1635–1660.
- Villanueva B., Kennedy B.W. 1993. Index versus tandem selection after repeated generations of selection // Theoretical and Applied genetics. V. 85(6). P. 706–712.

Дополнительная

- Ганжа Е.В., Банникова М.А., Федорова Л.М., Микодина Е.В. 2011. Аквакультура и трансгенные технологии: области применения и проблемы безопасности (обзор). // Сельскохозяйственная биология. Т. 46(4). С. 16–29.
- Ганжа Е.В., Банникова М.А. 2010. Генетически модифицированные организмы (ГМО): новый глобальный вызов для аквакультуры. // Труды ВНИРО. Т. 148. С. 86–104.
- Дромашко С., Конева О. 2010. Генетическая паспортизация пород белорусского карпа. // Наука и инновации.Т. 11(93). С. 36–40.
- Картавцев Ю.Ф. 2021. Краткий обзор изучения генетически модифицированных организмов и оценка потенциальных рисков их использования для природных видов. // Морской биологический журнал.Т. 6(3). С. 50–59.
- Пищенко Е.В., Моружи И.В. 2023. Исторические аспекты одомашнивания и селекции карпа. // Новый открытый университет. Т. 4. С. 267–279.
- Dai Y.J., Jia Y.F., Chen N., Bian W. P., Li Q. K., Ma Y. B., Pei D.S. 2014. Zebrafish as a model system to study toxicology. // Environmental toxicology and chemistry.V. 33(1). P. 11–17.

- Houston R.D., Bean T.P., Macqueen D.J., Gundappa M.K., Jin Y.H., Jenkins T.L., Robledo D. 2020. Harnessing genomics to fast-track genetic improvement in aquaculture. // Nature Reviews Genetics. V. 21(7). P. 389–409.
- Le Luyer J., Laporte M., Beacham T.D., Kaukinen K.H., Withler R.E., Leong J.S., Bernatchez L. 2017. Parallel epigenetic modifications induced by hatchery rearing in a Pacific salmon. // Proceedings of the National Academy of Sciences. V. 114(49). P. 12964–12969.
- Xu K., Duan W., Xiao J., Tao M., Zhang C., Liu Y., Liu S. 2015. Development and application of biological technologies in fish genetic breeding. // Science China Life Sciences. V. 58(2). P. 187–201.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<https://www.fishbase.de/>

Составитель: доцент, к.б.н. Семенова Анна Викторовна

СИСТЕМА ПРИМИТИВНЫХ РЫБ (большой практикум, по выбору)

Введение

Понятие о «естественной системе», основные термины, приемы в систематике (таксон, иерархия таксонов, таксономические признаки, аморфизм, плезиоморфия, синапоморфия, монофилия, полифилия и т. д.). Систематика и таксономия. Принципы зоологической систематики, методы современной систематики, процедура систематики. Знакомство с кладистической процедурой, значение синапоморфий, «внешней группы», «сестринской группы», явления гомологических рядов, параллельной изменчивости, конвергенции в установлении родственных связей и построения системы. Нумерическая систематика. Уровни зоологической систематики: альфа-, бета- и гамма-систематика. Единицы систематики, окончания таксонов.

Фундаментальная единица классификации – вид. Исторический обзор развития представлений о виде, этапы становления теории о виде, значение внутривидовой изменчивости для систематики. Концепции вида: исторический обзор (морфологическая, биологическая, филогенетическая и др.). Критерии вида. Представления и вклад разных исследователей в теорию вида (Аристотель, Дж. Рэй, К. Линней, Ж.-Б. Ламарк, Ч. Дарвин, Т. Гексли, Н.И. Вавилов, Э. Майр).

Правила научной номенклатуры. Международный кодекс зоологической номенклатуры и его развитие и важнейшие положения. Принцип приоритета, представления о типах, правилах транслитерации, научной этики, критерии опубликования. Значение музеев и музейных коллекций для систематики.

Исторический очерк развития взглядов на систему рыбообразных и рыб от времени Аристотеля до конца XIX века. Подробный обзор основных систем, имевших широкое хождение в XX веке: системы К. Ригэна, П. Гринвуда, Л.С. Берга, Г.В. Никольского, Г.У. Линдберга и Т.С. Расса. Последние системы, на которые в настоящий момент ориентируются ихтиологи: система Д. Нельсона и У. Эшмайра. Недостатки систем. Разбор объективных причин, затрудняющих построение естественной системы рыб.

Тема 1. Примитивные базальные группы черепных: *Myximomorphi*, *Petromyzontomorphi*

Надкласс Миксины – *Myxini*, класс *Myxini*. Признаки класса. Состав класса, деление на отряды. Объем группы. Географическое распространение. Отряд Миксинообразные – *Myxiniiformes*: признаки отряда, состав. Семейство Миксиновые – *Myxinidae*, объем группы – число родов и видов, географическое распространение. Роды Миксина – *Muxine*, Тонкотелая миксина – *Nenanmuxine*, Пиявкоротые миксины – *Bdellostoma* (*Eptaspterus*), парамиксины – *Paramuxine*. Отличительные признаки каждого из родов, число видов в роде, географическое распространение, общие сведения о биологии.

Надкласс Миноги – *Petromyzontomorphi*, класс *Petromyzontida*. Признаки класса. Состав класса, деление на отряды. Объем группы. Географическое распространение. Отряд миногообразные – *Petromyzontiformes*. Признаки отряда, состав, объем группы – число семейств, географическое распространение. Семейство Миноговые – *Petromyzontidae*. Признаки семейства, объем группы, число родов и видов. Географическое распространение. Роды семейства – *Petromyzon*, *Caspiomyzon*, *Lampetra*, *Lethenteron*, *Entosphenus*, *Eudontomyzon*, *Ichthyomyzon*, *Tetrapleurodon*. Отличительные признаки каждого из родов, число видов в роде, географическое распространение, общие сведения о биологии. Семейство Мордачиевые – *Mordaciidae* и Геотриевые – *Geotriidae*. Признаки семейства, объем группы, число родов и видов. Географическое распространение. Роды *Mordacia*, *Geotria*: отличительные признаки каждого из родов, число видов в роде, общие сведения о биологии.

Тема 2. Хрящевые рыбы – *Chonrichthyes*, *Elasmobranchii*, *Squalomorpha*, *Galeomorpha*

Класс Хрящевые рыбы – *Chondrichthyes*. Признаки класса. Состав класса, деление на подклассы. Объем группы. Географическое распространение.

Подкласс Пластиножаберные – *Elasmobranchii*. Признаки подкласса. Состав подкласса, деление на надотряды и отряды. Взгляды разных авторов на состав надотрядов: *Batomorpha* и *Selachomorpha* по Линдбергу и Рассу, *Squalomorpha* и *Galeomorpha* по Гринвуду и Нельсону. Основные определительные признаки пластиножаберных. Определители.

Надотряд *Galeomorpha*. Признаки надотряда.

Отряд Шестижаберных (Древних) акул – *Hexanchiformes*. Признаки отряда. Семейство *Hexanchidae* и семейство *Chlamidoselachidae*. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов. Географическое распространение. Практическое значение.

Отряд Разнозубых (бычьих) акул – *Heterodontiformes*, Семейство *Heterodontidae*. Признаки отряда и семейства, число родов и видов, географическое распространение.

Отряд Ковровых акул – *Orectolobiformes*. Признаки отряда. Дискуссионный статус отряда в некоторых системах. Состав семейств. Семейство *Orectolobidae* и семейство *Rhyncodontidae*. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов. Географическое распространение.

Отряд Сельдевых акул – *Lamniformes*. Признаки отряда. Взгляды разных исследователей на родственные отношения сельдевых и серых акул: выделение двух самостоятельных отрядов или слияние двух отрядов в один. Семейства Сельдевые акулы – *Lamnidae*, семейство Гигантских акул – *Cetorhinidae*, семейство Акул-лисиц – *Alopiidae*, семейство Ложнопесчаных акул – *Pseudocharcariidae*, семейство Акул-гоблинов, или акул-домовых – *Scapanorhynchidae*, семейство Песчаных акул – *Odontaspidae*. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов, основные представители, их биология, географическое распро-

странение. Виды, представляющие опасность для человека, их отличительные признаки, распространение, биология, меры безопасности.

Отряд Серых, или Кархаринообразных акул – *Carcharhyniformes*. Признаки отряда, деление на семейства, объём группы. Географическое распространение. Семейство Кошачьи акулы – *Scyliorhinidae*, семейство Ложнокуньи акулы – *Pseudotriakidae*, семейство Куньи акулы – *Triakidae*, семейство Серые, или Пилозубые акулы – *Carcharinidae*, семейство Мегапастные акулы – *Megachasmidae*, семейство Молотоголовые акулы – *Sphyrnidae*. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов, важнейшие представители, их биология, географическое распространение. Виды, представляющие опасность для человека, их отличительные признаки, распространение, биология, меры безопасности.

Надотряд *Squalomorpha*, отличительные признаки, происхождение, эволюционные тенденции.

Отряд Колючие акулы – *Squaliformes*. Признаки отряда, деление на семейства, объём группы. Взгляды разных исследователей на происхождение отряда и его родственные связи со скатами. Особенности, географическое распространение и вертикальное распределение в Мировом океане. Семейство Колючие акулы – *Squalidae*, семейство Пряморотые акулы – *Dalatiidae*, семейство Бляшкошипые акулы – *Echinorhynchidae*. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов. Важнейшие представители, их биология, географическое распространение. Виды фауны России.

Отряд Пилоносые акулы – *Pristiformes*, семейство *Pristidae*. Признаки отряда и семейства, число родов и видов, географическое распространение. Отличия акул-пилоносов от скатов-пилорылов. Отряд Скватинообразные, или Морские ангелы – *Squatiniiformes*, семейство *Squatiniidae*. Признаки отряда и семейства, число родов и видов, географическое распространение. Отличия морских ангелов от скатов.

Тема 3. Хрящевые рыбы – *Chonrichthyes, Elasmobranchii, Bathomorpha, Holocephali*

Надотряд *Bathomorpha*, определительные признаки, общий обзор группы, происхождение и эволюционные тенденции. Эволюционные преобразования в группе скатов. Древние и эволюционно продвинутые признаки.

Отряд Пилорылообразные *Pristiformes*, семейство Скаты-пилорылы – *Pristidae*. Признаки отряда и семейства, число родов и видов, географическое распространение.

Отряд Рохлеобразные – *Rhynobatiformes*. Признаки отряда, деление на семейства, объём группы. Географическое распространение. Древние и эволюционно продвинутые признаки отряда. Семейство Акулохвостые скаты – *Rhyncobatidae*, семейство Гитарные, или Рохлевые скаты – *Rhynobatidae*, семейство Тупорылые гитарные скаты – *Plathyrinidae*. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов. Важнейшие представители, их биология, географическое распространение.

Отряд Ромботелые скаты – *Rajiformes*. Признаки отряда, деление на семейства, объём группы. Основные отличия от скатов-хвосток. Географическое распространение. Семейство Ромбовые скаты – *Rajidae*, семейство Однопёрые скаты – *Arhynchobatidae*, семейство Нитерылые скаты – *Anacanthobatidae*, семейство Ложно-ромбовые скаты – *Pseudorajidae*. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов. Важнейшие представители, их биология, географическое распространение. Виды фауны России.

Отряд Хвостоклообразные скаты – *Dasyatiformes*. Признаки отряда, деление на семейства, объём группы. Географическое распространение. Семейство Скаты-хвостоклы – *Dasyatidae*, семейство Скаты-бабочки – *Gymnuridae*, семейство Орляковые скаты – *Myliobatidae*, семейство Морские Дьяволы – *Mobulidae*, семейство Толстохвостые хвостоклы – *Urolophidae*, семейство Речные хвостоклы – *Potamotrygonidae*. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов. Важнейшие представители, их биология, географическое распространение. Виды фауны России.

Отряд Гнюсовые, или Электрические скаты – *Torpediniformes*. Признаки отряда, деление на семейства, объём группы. Географическое распространение. Взгляды разных исследователей на древность электрических скатов. Электрические органы скатов, параметры электрического разряда, применение электричества. Семейство Гнюсовые скаты – *Torpedidae*, семейство Наркогнюсовые – *Narkidae*, семейство Темеровые – *Temeridae*. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов. Важнейшие представители, их биология, географическое распространение.

Подкласс Цельноголовые – *Holocerphali*. Признаки подкласса. Состав подкласса.

Отряд Химерообразные – *Chimaeriformes*. Признаки отряда, деление на семейства, объём группы. Семейство Химеровые – *Chimaeridae*, семейство Носатые химеры – *Rhinochimaeridae*, семейство Хоботнорылые Химеры – *Callorhynchidae*. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов. Важнейшие представители, их биология, географическое распространение.

Тема 4. Лучепёрые – *Actinopterygii*, *Cladistia*, *Chondrostei*, «*Holostei*»

Класс *Actinopterygii*. Признаки класса. Противоречивость существующих систем в определении состава класса. Использование некоторыми исследователями (Нельсон, 1994) вспомогательных таксономических единиц – «инфракласс», «дивизион», «поддивизион», «серия». Объективные трудности систематики Костных рыб. Попытки деления на подклассы по Линдбергу и Рассу, по Нельсону. Критический обзор существующих современных представлений об объёме и структуре группы.

Подкласс Костнохрящевые, или Хрящевые ганоиды – *Chondrostei* = *Chondrosteichthyes*.

Признаки группы. Взгляды на положение в системе Линдберга и Рассы. Подход Нельсона в определении положения группы.

Отряд Осетрообразные – *Acipenseriformes*. Признаки отряда, деление на семейства, объём группы. Географическое распространение. Семейство Осетро-

вые – *Acipenseridae*. Признаки семейства, деление на подсемейства – *Acipenserinae* и *Scaphyrinchinae*, число родов и видов. Роды *Huso* и *Acipenser*, отличительные признаки родов. Важнейшие представители, их биология, географическое распространение. Виды фауны России и сопредельных стран, их отличительные признаки. Основные виды фауны Европы и Северной Америки. Семейство *Polyodontidae*. Признаки семейства, деление на роды – *Polyodon*, *Psephurus*. Отличительные признаки, географическое распространение.

Подкласс Многопёры – *Cladistia* (*Brachiopterygii*).

Признаки группы. Взгляды на положение в системе Линдберга и Рассе. Подход Нельсона в определении положения группы.

Отряд Многопёрообразные – *Polypteriformes*. Признаки отряда, деление на семейства, объём группы. Географическое распространение. Семейство Многопёровые – *Polypteridae*, семейство Каламоихтовые – *Herpetoichthyidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов. Представители, их биология, географическое распространение.

Подкласс *Neopterygii*. Основные признаки, происхождение, структура, филогенетические отношения.

Группа «Костные ганоиды – *Holostei*». Признаки группы. Взгляды на положение в системе Линдберга и Рассе. Подход Нельсона в определении положения группы.

Отряд Панцирники – *Lepisosteiformes*, семейство Каймановые Щуки – *Lepisosteidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов. Деление на короткорылых (*Atractosteus*, =*Osseus*) и длиннорылых (*Lepisosteus*) панцирников. Представители, их биология, географическое распространение.

Отряд Амиеобразные – *Amiiformes*, семейство Амиевые – *Amiidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов. Амия, ильная рыба – биология и распространение.

Тема 5. Лучепёрые – *Actinopterygii*, общий обзор группы *Teleostei*

Признаки группы, её объём, происхождение, эволюционные тенденции, место в структуре современных первичноводных черепных животных. Краткий обзор разнообразия и строения предков нынешних костистых рыб в Мезозойскую эру. Палеониски. Древние трудности систематики на уровне таксонов высшего порядка. Особое значение ранга «надотряд» в системе костистых рыб. Эволюционные тенденции и преобразования в группе. Вопросы применимости разных систем признаков для выделения крупных таксонов в ранге надотряда и отряда. Кладистические процедуры. Роль современных методов молекулярной систематики. Соотношение молекулярно-генетического и сравнительно-морфологического подходов в выстраивании системы костистых рыб. Представления о древних и продвинутых костистых рыбах.

Тема 6. Базальные Teleostei: Osteoglossomorpha, Elopomorpha

Надотряд Костеязыкие – Osteoglossomorpha – базальная группа костистых рыб. Географическое распространение, биологическая характеристика и хозяйственное значение. Семейства Osteoglossidae, Pantodontidae, Notopteridae, Hyodontidae. Отличительные признаки, географическое распространение, важнейшие биологические особенности.

Надотряд Элопоморфы – Elopomorpha. Современные взгляды и противоречия на состав надотряда. Признаки надотряда и важнейшие синапоморфии. Обзор отрядов Элопоморф, их биологическая характеристика и географическое распространение.

Отряд Тарпонообразные как пример группы с неистощительными принципами использования. Отряд Albuliformes: современные взгляды на объём группы, синапоморфии и трудности систематики группы. Семейства отряда, их признаки и распространение в Мировом океане.

Отряд Anguilliformes: важнейшие диагностические признаки и объём группы. Обзор биологических особенностей рода Пресноводных угрей на примере Европейского угря. Проходной образ жизни, особенности размножения и морских миграций. Хозяйственное значение угрей.

Отряд Мешкожаберников – Saccopharyngiformes: родственные связи с угреобразными, особенности строения личинок и взрослых особей. Место отряда в структуре надотряда Elopomorpha. Семейства, их морфологическая и биологическая характеристика.

Тема 7. Града Clupeostariophysii: Clupeomorpha

Основания для выделения грады как самостоятельного направления эволюции примитивных костистых рыб. Взгляды Дж. Нельсона на филогению группы. Состав и структура.

Надотряд Clupeomorpha: происхождение, родственные связи. Биологическая характеристика и распространение в водах земного шара. Морские и проходные сельди. Краткие представления о структуре вида у морских видов рыб. Роль в экосистемах морей, история освоения морских биоресурсов и современное хозяйственное значение.

Семейство Шипокостные сельди – Denticiptidae и Дорабовые сельди – Chirocentridae. Признаки каждого семейства, число родов и видов. Важнейшие представители, их биология, географическое распространение.

Семейство Сельдевые – Clupeidae. Признаки семейства, деление на подсемейства. Подсемейства Шпротоподобные сельди – Clupeinae, пузанковые сельди – Alosinae, пилобрюхие сельди – Pristigasterinae, гологлазые сельди Pellonulinae, гребнечешуйные сельди – Brevoortiinae, сельди-круглобрюшки – Dussumeriinae, тупорылые, или зобатые сельди – Dorosomatinae. Признаки каждого подсемейства, число родов и видов. Зональное распределение родов подсемейства Clupeinae: роды – экологические аналоги в разных широтах. Роды Clupea, Sprattus, Clupeonella, Sardina, Sardinops, Sardinella: характерные признаки родов, основные виды, географическое распространение. Важнейшие виды – Атлантическая и тихоокеанская сельдь,

обыкновенная тюлька, анчоусовидная тюлька, большеглазая тюлька, сардина-пильчард, сардина-иваси, сардинелла – характерные отличительные особенности, распространение и биология. Особенности распространения и видового разнообразия пузанковых сельдей п/сем. *Alosinae*. Группа Каспийско-Черноморских сельдей рода *Alosa* (*Caspialosa*): основные виды – долгинская сельдь, волжская сельдь, пузанок, аграханская сельдь, отличительные особенности, их распространение, биология.

Семейство Анчоусовые – *Engraulidae*. Признаки семейства, деление на подсемейства. Подсемейство анчоусов – *Engraulinae* и коилий – *Coiliinae*. Признаки каждого подсемейства, число родов и видов. Важнейшие представители – азово-черноморская хамса, перуанский анчоус. Отличительные черты, распространение, биология.

Тема 8. Града *Clupeoostariophysii*: *Ostariophysii*, *Cypriniformes*

Надотряд Костнопузырные, циприноидные – *Ostariophysii*. Характеристика надотряда, характерные признаки. Сочетание древних и прогрессивных черт строения.

Отряд Карпообразные – *Cypriniformes*. Признаки отряда, деление на семейства, объём группы. Таксономические признаки, применяемые для различения видов внутри группы. Географическое распространение.

Семейство Карповые – *Cyprinidae*. Признаки семейства, деление на подсемейства. Подсемейство Ельцеподобные – *Leuciscinae*, Подустоподобные – *Chondrostominae*, линеподобные – *Tincinae*, укееподобные – *Cultrinae*, карпоподобные – *Cyprininae*, усачеподобные – *Barbinae*, маринкоподобные (расщепнобрюхие) – *Schizothoracinae*, горчакоподобные – *Rhodeinae*, расбороподобные – *Rasborinae*, пескареподобные – *Gobioninae*, толстолобоподобные – *Hypophthalmichthyinae*. Признаки каждого подсемейства, число родов и видов. Ареал подсемейств, роль ареалов подсемейств карповых рыб для зоогеографии. Основные нативные роды фауны равнинных водоёмов Европейской части России. Основные роды карповых рыб из водоёмов Дальневосточного, Центрально-Азиатского и Передне-Азиатского регионов. Характерные признаки родов, основные виды, географическое распространение. Краткий обзор карповых рыб Северной Америки – внешний облик, экологические ниши, основные роды, их характерные признаки, явление параллелизма между североамериканскими и европейскими формами.

Семейство Чукучановые – *Catostomidae*. Признаки семейства, число родов и видов. Определительные признаки, используемые в таксономии группы, основные определители. Важнейшие виды, определительные признаки, распространение и биология. Семейство Щиповковые – *Cobitidae*. Признаки семейства, деление на подсемейства. Подсемейство Вьюновые, или Щиповковые – *Cobitinae*, подсемейство Боциеподобные – *Botiinae*. Признаки каждого подсемейства, число родов и видов. Основные роды семейства.

Семейство Балиторовые – *Balitoridae*. Признаки семейства, основные роды, географическое распространение, основные роды и виды. Род Усатые гольцы – *Varbatula*. Семейство Плоскопёрые – *Homalopteridae*. Признаки семейства, основные роды, географическое распространение.

Тема 9. Града Clupeoostariophysii: Ostariophysii: Characiformes, Gymnotiformes

Отряд Харацинообразные – Characiformes. Характеристика отряда, деление на семейства, объём группы. Таксономические признаки, применяемые для различения видов внутри группы. Географическое распространение.

Семейства Characidae, Serrasalminae, Lebiasinidae, Gasteropelecidae, Erythrinidae, Citharinidae, Hepsetidae. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов, важнейшие представители, их биология, географическое распространение. Роды Serrasalmus, Rooseveltiella, Myllosoma, Hepsetus, Distichodus, Hydrocyon, Hemiodus, Gasteropelecus. Отличительные признаки, биология. Пирании как виды, представляющие опасность для человека, их отличительные признаки, распространение, биология, меры безопасности.

Отряд Электрические угри – Gymnotiformes. Характеристика отряда, деление на семейства, объём группы. Таксономические признаки, применяемые для различения видов внутри группы. Географическое распространение. Семейства отряда, роль электрических органов в систематике и эволюции отряда. Родственные отношения с другими костнопузырными.

Тема 10. Града Clupeoostariophysii: Ostariophysii: Siluriformes

Отряд Сомообразные – Siluriformes. Характеристика отряда, деление на семейства, объём группы. Древние и эволюционно продвинутые признаки группы. Общая экологическая характеристика сомообразных. Таксономические признаки, применяемые для различения видов внутри группы. Географическое распространение. Виды фауны пресноводных водоёмов России.

Сомообразные бореальной зоны Северного полушария – семейства Сомовые Siluridae, косатковые – Bagridae, сомы-кошки – Ictaluridae. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов, важнейшие представители, их биология, географическое распространение. Роды Silurus и Parasilurus – отличительные признаки, виды родов, их распространение и биология. Роды Pseudobagrus (Pelteobagrus) и Liocassis – основные виды, отличительные признаки, биология видов. Североамериканские сомы-кошки родов Ictalurus, Amiurus, Satan, Trogloglanis – отличительные характеристики, признаки глубокой специализации пещерных сомов.

Сомообразные, обитающие в толще воды пресноводных водоёмов – семейства Pangasiidae, Schilbeidae, Hypophthalmidae, Cetopsidae, Auchenipretidae. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов, важнейшие представители, их биология, географическое распространение.

Сомообразные, обитающие в условиях дефицита кислорода – семейства Doradidae, Clariidae, Saccobranchidae, Heteropneustidae. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов, важнейшие представители, их биология, географическое распространение.

Сомообразные, обитающие в условиях горных водоёмов – Sisoridae, Loricariidae, Callichthyidae. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов, важнейшие представители, их биология, географическое распространение.

Морские сомообразные – Ariidae, Plotosidae. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов, важнейшие представители, их биология, географическое распространение.

Семейства Chacidae, Mochokidae, Malapteruridae, Pimelodidae, Trichomictoridae. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов, важнейшие представители, их биология, географическое распространение.

Тема 11. Protocanthopterygii: Salmoniformes

Состав надотряда и современные представления о родственных отношениях представителей группы. Принципы и основания для выделения надотряда по Нельсону. Систематическое положение группы по Линдбергу, Рассу. Противоречие позиций. Признаки надотряда, взгляды исследователей, состав и объём надотряда.

Отряд Лососеобразные – Salmoniformes. Признаки отряда, деление на семейства, объём группы. Таксономические признаки, применяемые для различения видов внутри группы. Географическое распространение.

Семейство Salmonidae. Признаки семейства, число родов и видов. Роды Brachymystax, Hucho, Parahucho, Salmo, Salvelinus, Parasalmo, Oncorhynchus – отличительные особенности каждого рода, число видов, биология, распространение. Важнейшие виды, отличительные особенности, распространение и биология. Род Арктические гольцы – Salvelinus: применение теории сложнокомплексного вида. Разнообразные экологические, географические и биологические формы гольцов, явление параллельной изменчивости в группе. Возможные пути формирования гольцов: симпатрическое и аллопатрическое. Основные виды отбора: движущий, стабилизирующий, балансирующий, дизруптивный. Камчатский голец-хищник как пример быстрого формирования в изменяющихся условиях среды. Виды Старого и Нового света.

Семейство Сиговые – Coregonidae. Признаки семейства, число родов и видов. Роды Stenodus, Coregonus, Prosopium. Отличительные особенности родов, число видов и родов, биология, распространение. Обыкновенный сиг Coregonus lavaretus – высокополиморфный вид, содержащий географические, морфологические и узкоареальные формы; сиг и пыжьян. Основные виды рода Coregonus: чир, муксун, тугун, пелядь, омуль, ряпушка. Род Вальки – Prosopium – отличительные особенности, видовое разнообразие, распространение. Виды Палеарктики и Неарктики.

Семейство Хариусовые – Thymallidae, род Thymallus. Признаки семейства, число родов и видов. Виды монгольский хариус, сибирский хариус, европейский хариус. Отличительные особенности, распространение и биология.

Тема 12. Protocanthopterygii: Esociformes, Osmeriformes, Argentiniformes

Отряд Корюшкообразные – Osmeriformes. Признаки отряда, деление на семейства, объём группы. Основания для выделения группы в самостоятельный отряд. Таксономические признаки, применяемые для различения видов внутри группы. Географическое распространение.

Семейство Корюшковые – Osmeridae. Признаки семейства, число родов и видов. Основные роды – Osmerus, Hypomesus, Mallotus, Thaleichthys и другие. Отличительные признаки, распространение, видовое разнообразие. Основные виды – европейская корюшка, снеток, зубастая корюшка, малоротая корюшка, мойва: отличительные особенности, биология. Виды пресноводных водоёмов и морей России. Семейство Айюовые – Plecoglossidae, род Plecoglossus – Айю. Признаки, характерные особенности, ареал, биология. Семейство Саланксовые – Salangidae. Признаки семейства, число родов и видов, основные представители, распространение.

Отряд Серебрянковидные – Argentiniformes. Отличительные признаки отряда.

Семейство Серебрянковые – Argentinidae, Батилаговые – Bathylagidae, Опистопротковые – Opisthoproctidae. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов. Важнейшие представители, их биология, географическое распространение. Виды фауны морей России.

Отряд Щукообразные – Esociformes. Признаки отряда, деление на семейства, объём группы. Таксономические признаки, применяемые для различения видов внутри группы. Географическое распространение.

Семейство Щуковые – Esocidae. Признаки семейства, число родов и видов. Род Щуки – Esox, вид обыкновенная щука и амурская щука. Отличительные признаки, распространение, биология. Семейство Умбровые – Umbridae. Признаки семейства, число родов и видов, ареал семейства. Обыкновенная умбра, или Евдошка: отличительные особенности, ареал. Семейство Даллиевые – Dallidae. Признаки семейства, число родов и видов, ареал семейства. Даллии Крайнего Северо-Востока Азии: видовое разнообразие, распространение отдельных видов.

Рекомендуемая литература

- Нельсон Д.С. 2009. Рыбы мировой фауны. М.: Либроком, 850 с.
- Берг Л.С. 1948-1949. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Т. 1, 2, 3. М.-Л.: Изд-во АН СССР.
- Линдберг Г.У. 1971. Определитель и характеристика семейств рыб мировой фауны. Л.: Наука, 409 с.
- Froese R. and D. Pauly. Editors. 2026. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (022026).
- Barton M. 2007. Bond's biology of fishes. UK: Thomson Brooks, 891 p.
- Helfman G.S., Collette B.B., Facey D.E. 1997. The diversity of fishes. UK, Oxford: Blackwell Science, 528 p.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет при применении стандартных поисковых систем Google Scholar:

<http://www.fishbase.com>,

<https://scifinder.cas.org>

Составители: профессор, д.б.н. Кузищин Кирилл Васильевич, старший преподаватель, к.б.н. Самойлов Константин Юрьевич

ПАЛЕОИХТИОЛОГИЯ

(курс лекций, факультатив)

Тема 1. Знакомство с предметом: содержание и цель курса

Палеонтология и Неонтология. Особенности работы с палеоматериалом. Тафономия и Геохронология.

Тема 2. Характеристика Хордовых

Ближайшие родственники и гипотезы происхождения группы. Происхождение позвоночных. Особенности организации представителей группы. Первые ископаемые представители (кембрийские формы: *Pikaia*, *Yunnanozoon*, *Metaspriggina*). Конодонты (*Conodonts*). Характеристика и разнообразие (в чём оно заключается). Практическое значение конодонтов.

Тема 3. Раздел Бесчелюстные (*Agnatha*)

Особенности строения и развития Круглоротых (*Cyclostomata*). Разнообразие современных и вымерших бесчелюстных. Система Остракодерм (*Ostracodermi*): Парноноздревые (*Pteraspidomorpha*) и Непарноноздревые (*Cephalaspidomorpha*). Возможные предки миног и миксин. Проблема поиска предков челюстноротых среди палеозойских бесчелюстных.

Тема 4. Раздел Челюстноротые (*Gnathostomata*)

Особенности строения и развития представителей группы. Подходы к реконструкции филогенеза. Гипотезы происхождения челюстноротых Алексея Николаевича Северцова, Джона Мэллэтта и Филиппа Жанвье. Адаптивная радиация челюстноротых. Ранние челюстноротые: Панцирные рыбы (*Placodermi*), их строение и разнообразие (*Arthrodira*, *Antiarchi*, *Ptyctodontidae*, *Rhenanida*).

Тема 5. Хрящевые рыбы (*Chondrichthyes*)

Особенности строения представителей группы. Разнообразие вымерших хрящевых рыб (и на каком материале мы чаще всего о нём судим). Вымершие родственники современных цельноголовых (*Holocephali*): («*Paraselachii*»=«*Bradyodonti*»: *Iniopterygiformes*, *Eugeneodontiformes*, *Petalodontiformes*) и пластиножаберных (*Elasmobranchii*): (*Cladoselachii*, *Simmoriidae*, *Xenacanthiformes*, *Ctenacanthiformes*, *Hybodontidae*): эволюционная история, спектр адаптаций.

Тема 6. Костные рыбы (*Osteichthyes*). Лучепёрые (*Actinopterygii*)

Особенности строения представителей группы. Кость и хрящ. Эндо и экзоскелет челюстноротых. Разнообразие вымерших лучепёрых (*Paleopterygii*: *Palaeonisciformes*, *Polypteriformes*, *Acipenseriformes*; *Neopterygii*: *Holostei* (*Pycnodontidae*, *Lepisosteiformes*, *Amiiformes*); *Teleostei* (Избранные находки ран-

них костистых, Ichthyodectiformes и Pachycormiformes). Основные морфофункциональные преобразования в ряду от Палео- к Неоптеригиям. Акантодии (Acanthodii). Особенности строения представителей группы. Разнообразие и родственные связи с другими челюстноротыми.

Тема 7. Костные рыбы (Osteichthyes).

Мясистолопастные (Sarcopterygii): Crossopterygii (Onychodontidae, Actinistia) и Rhipidistia (Dipnomorpha, Tetrapodomorpha). Особенности строения представителей группы. Отличия от Лучепёрых, преадаптации к наземному образу жизни. Морфофункциональная специализация черепа у Actinistia и Dipnomorpha (Rhipidistia). Происхождение парных конечностей и выход на сушу.

Тема. 8. Экскурсия в Палеонтологический музей

В конце курса: Доклады студентов.

Рекомендуемая литература

Основная

- Герасимов К.Б. Конспект лекций по Палеоихтиологии (PDF-файл)
Балеева Н.В. 2019. Рыбообразные от начала до наших дней. Фитон. 72 с.
Janvier P. 1996. Early Vertebrates. Oxford, Clarendon Press. 393 p.
Черепанов Г.О., Иванов А.О. 2007. Палеозоология позвоночных. М.: Академия. 349 с.
Рауп Д., Стэнли С. 1974. Основы палеонтологии М.: Мир. 392 с.

Дополнительная

- Кэрролл Р. 1992. Палеонтология и эволюция позвоночных. Т. 1. М.: Мир. 279 с.
Обручев Д.В. 1964. Основы палеонтологии. Справочник для палеонтологов и геологов СССР. Бесчелюстные рыбы. М.: Наука. 522 с.
Шмальгаузен И.И. 1964. Происхождение наземных позвоночных. М: Наука. 272 с.
Дзержинский Ф.Я. 2005. Сравнительная анатомия позвоночных. М.: Аспект-Пресс. 303 с.
Ромер А., Парсон Т. 1992. Анатомия позвоночных. Том 1 М.: Мир. 357 с.
Ромер А., Парсон Т. 1992. Анатомия позвоночных. Том 2 М.: Мир. 406 с.
Шмальгаузен И.И. 1947. Основы сравнительной анатомии позвоночных животных 4 издание. М.: Сов. Наука. 540 с.
Mallatt J. 1996. Ventilation and the origin of jawed vertebrates: a new mouth. Zoological Journal of the Linnean Society, 117: P. 329–404

Темы докладов

- Действительно ли находка «непескоройковой» личинки отменяет десятилетия работы сравнительных анатомов?
- Происхождение поясов конечностей челюстноротых позвоночных.
- Половые придатки у рыб. Происхождение тенакулума химер.
- Адаптивная роль подвижности головы у костистых рыб (экстремальная подвижность стомиевых).
- Строение и функциональная морфология черепа латимерии.
- Происхождение лёгких и плавательного пузыря.
- Воздушное дыхание рыб.

Вопросы к зачёту

- Палеонтология как наука: подходы к изучению и интерпретации ископаемых остатков. Тафономия и проблема неполноты палеонтологической летописи. Чем примечательны и что такое лагерштетты?
- Характеристика хордовых: основные признаки типа, ближайшие родственники. Происхождение хордовых: краткий обзор гипотез. Известные древнейшие ископаемые остатки.
- Характеристика позвоночных: признаки подтипа. Древнейшие позвоночные (места находок, примеры ископаемых, какие из интерпретируемых признаков позволяют отнести их к позвоночным).
- Происхождение позвоночных. Краткий обзор гипотез.
- Конодонты. Характеристика и разнообразие (в чём оно заключается). Систематическое положение и практическое значение конодонтов.
- Бесчелюстные. Остракодермы. Характеристика и разнообразие группы. На чём строится их систематика. Ключевые отличия между Pteraspidomorpha и Cephalaspidomorpha и значение этих отличий для понимания эволюции позвоночных.
- Бесчелюстные (Agnatha). Pteraspidomorpha. Особенности строения и разнообразие. Предполагаемый образ жизни и тип питания.
- Бесчелюстные (Agnatha). Cephalaspidomorpha. Особенности строения и разнообразие. Предполагаемый образ жизни и тип питания.

- Бесчелюстные (Agnatha). Круглоротые (Cyclostomata). Характеристика и разнообразие группы. Эволюционная история круглоротых (происхождение личиночной стадии). Возможные предковые группы среди остракодерм.
- Челюстноротые (Gnathostomata). Характеристика и разнообразие группы. Возможные родственники среди остракодерм (знать в общих чертах строение и уметь объяснить, почему некоторые палеонтологи их упорно ищут именно там). Гипотеза происхождения челюстноротых, предложенная Филиппом Жанвье: за и против.
- Челюстноротые (Gnathostomata). Характеристика и разнообразие группы. Гипотеза происхождения челюстноротых, предложенная Джоном Мэллетом: за и против. Как выглядел предок и от какой группы бесчелюстных Мэллетт предлагает выводить челюстноротых?
- Челюстноротые (Gnathostomata). Характеристика и разнообразие группы. Гипотеза происхождения челюстноротых, предложенная Алексеем Николаевичем Северцовым: за и против. Как выглядел предок по Северцову?
- Адаптивная радиация челюстноротых. Ископаемые остатки первых челюстноротых (какие систематические группы, примеры, возраст находок). Актуальная реконструкция внешнего вида базального челюстноротого.
- Панцирные рыбы (Placodermi). Особенности внешнего и внутреннего строения. Половой диморфизм. Разнообразие плакодерм (Arthrodira, Antiarchi, Ptyctodontidae, Rhenanida). Какие экологические ниши предположительно формировали представители вышеперечисленных групп?
- Хрящевые рыбы (Chondrichthyes). Система группы. Цельноголовые (Holocephali) и Пластиножаберные (Elasmobranchii): сходства и различия во внешнем и внутреннем строении. Эволюционные тренды в каждой линии.
- Вымершие родственники современных цельноголовых (Holocephali) («Paraselachii» = «Bradyodonti»: Iniopterygiformes, Eugeneodontiformes, Petalodontiformes). Особенности строения. Половой диморфизм. Пик разнообразия цельноголовых: в какой период (периоды) группа процветала?
- Вымершие родственники современных пластиножаберных (Elasmobranchii) (Cladoselachii, Simmoriidae, Xenacanthiformes, Stenacanthiformes, Hybodontidae): эволюционная история, особенности строения. Половой диморфизм.
- Акантодии (Acanthodii). Особенности внутреннего и внешнего строения. Особенности строения плавников и головы.
- Лучепёрые (Actinopterygii): Paleopterygii: Palaeonisciformes, Polypteriformes, Acipenseriformes: особенности внешнего и внутреннего строения. Морфофункциональные особенности строения черепа.

- Лучепёрые (Actinopterygii): Neopterygii: Holostei (Pycnodontidae, Lepisosteiformes, Amiiformes); Teleostei (Избранные находки, Ichthyodectiformes) и Pachycormiformes). Основные морфофункциональные преобразования в ряду от Палео- к Неоптеригиям.
- Воздушное дыхание рыб. В каких группах отмечено, каков механизм и о чём это говорит в контексте проблемы происхождения лёгких.
- Мясистолопастные (Sarcopterygii): Crossopterygii (Onychodontidae, Actinistia) Современные и вымершие формы, особенности строения и разнообразие. Отличия от Лучепёрых (в строении скелета). Морфофункциональная специализация черепа у Actinistia (биологическая роль нейрокинетизма).
- Мясистолопастные(Sarcopterygii):Rhipidistia(Dipnomorpha,Tetrapodomorpha). Современные и вымершие формы, особенности строения и разнообразие. Отличия от Лучепёрых (в строении скелета). Морфофункциональная специализация черепа у Dipnomorpha. Биология современных Dipnomorpha (в каких условиях они эволюционировали).
- Rhipidistia (Dipnomorpha, Tetrapodomorpha). Современные и вымершие формы, особенности строения и разнообразие. Отличия от Лучепёрых (в строении скелета). Морфофункциональные специализации Tetrapodomorpha (череп, позвоночник, парные конечности). Происхождение парных конечностей (краткий обзор гипотез).

Составитель: ведущий инженер Романов Алексей Владимирович

8 СЕМЕСТР

СРАВНИТЕЛЬНАЯ АНАТОМИЯ РЫБ (курс лекций, обязательный)

Тема 1. Введение. Определение предмета и основных понятий сравнительной анатомии

Основная концепция курса: эволюционные преобразования в системах органов рыбообразных и рыб. Сведения из истории сравнительной анатомии рыб и рыбообразных, место этой дисциплины среди других разделов эволюционной морфологии. Задачи сравнительной анатомии как одного из важных методов изучения происхождения отдельных систем органов и организмов в целом и их эволюции. Общие понятия сравнительной анатомии: онтогенез, филогенез, аналогия, гомология, дивергенция, конвергенция, параллелизм, прогрессивные и регрессивные органы, провизорные и дефинитивные органы на примере рыб. Рассматриваются значение сравнительной анатомии для филогенетических исследований и роль отечественной морфологической школы в развитии эволюционной морфологии и создании эколого-морфологического направления сравнительной анатомии.

Тема 2. Кожные покровы и их производные

Особенности строения кожи у бесчерепных, круглоротых и разных групп рыб, структура эпидермиса и кориума. Типы пигментных клеток, слизеобразующих структур эпидермиса и их функциональное значение; строение производных кожи: ядоотделительных желёз, светящихся органов и чешуйного покрова. Строение плакоидной, ганоидной, космоидной и костной чешуи и эволюция кожного скелета. Специфика развития и строение костной чешуи, особенности роста и значение её как регистрирующей структуры. Эколого-морфологические связи в строении кожи.

Тема 3. Внутренний скелет

Базальная мембрана и хорда. Первичные и вторичные окостенения. Развитие и строение осевого скелета туловища – позвоночника. Его структура и эволюция у круглоротых, пластиножаберных, цельноголовых, двоякодышащих, ганоидов и костистых рыб. Изменение типичного строения позвонков в связи с формированием Веберового аппарата в группе *Otophysi*. Связь плавательного пузыря с внутренним ухом в разных группах рыб. Особенности строения и эволюция скелета

хвостового отдела. Развитие и строение скелета черепа, типы черепов у представителей круглоротых и рыб и их эволюция. Особенности строения скелета парных и непарных конечностей, их различные типы, происхождение и эволюция. Теории происхождения скелета черепа и конечностей. Висцеральный скелет. Эволюция механизмов питания. Эволюционные преобразования глоточных челюстей.

Тема 4. Мускулатура

Развитие и строение гладкой и поперечнополосатой мускулатуры, функциональное значение красных и белых мышц. Особенности строения соматической и висцеральной мускулатуры у представителей круглоротых, пластиножаберных, хрящевых ганоидов и костистых рыб в туловище, голове, конечностях и глазах. Различия в строении висцеральной мускулатуры древних и продвинутых костистых рыб. Преобразование мускулатуры в электрические органы.

Тема 5. Пищеварительная система

Развитие, особенности строения и функции отделов пищеварительного тракта и его желёз у разных представителей круглоротых и рыб. Влияние характера питания на структуру органов пищеварения. Классификация рыб на группы по их трофическим особенностям.

Тема 6. Органы дыхания

Происхождение и строение жабр у круглоротых и рыб. Развитие и строение органов дыхания у зародышей, личинок и взрослых организмов. Различия в строении жабр и механизме дыхания у пластиножаберных и костных рыб. Строение и дыхательная функция плавательного пузыря. Добавочные органы дыхания. Особенности кожного дыхания. Связь строения органов дыхания с образом жизни рыб.

Тема 7. Кровеносная система

Развитие сердца и сосудов. Особенности строения сердца, артериальной и венозной системы у круглоротых, пластиножаберных, ганоидных и костистых рыб. Эволюция кровеносной системы. Строение лимфатической системы.

Тема 8. Мочеполовая система

Развитие и строение архинефрических протоков, пронефроса, опистонефроса (мезонефроса), метанефроса. Морфологическая связь органов выделения и размножения и их функциональная обособленность. Типы строения почек, гонад и их выводных протоков. Отличительные особенности строения мочеполовой системы у круглоротых, пластиножаберных, двоякодышащих, хрящевых и костных ганоидов, костистых рыб. Секреторный и экскреторный компоненты почек костистых рыб. Строение выделительной системы в связи с различием механизма осморегуляции у пластиножаберных и костистых рыб. Особенности водно-солевого обмена у пресноводных и морских рыб. Эволюция мочеполовой системы у круглоротых и рыб.

Тема 9. Нервная система и органы чувств

Развитие центральной и периферической нервной системы, строение спинного и головного мозга. Морфологические и функциональные особенности строения отделов головного мозга у круглоротых, пластиножаберных и костных рыб. Связь строения головного мозга рыб с их образом жизни. Строение головных нервов, их разветвления и функции. Периферическая нервная система, состав нервных компонентов спинных нервов и их функциональные связи.

Морфологические и функциональные особенности органов обоняния, зрения, равновесия, боковой линии и кожных органов чувств. Связь строения органов чувств круглоротых и рыб с их биологией.

Тема 10. Эколого-морфофункциональные закономерности

Эколого-морфофункциональные закономерности строения органов, систем органов и филогенез круглоротых, пластиножаберных и костных (двоякодышащих, кистепёрых, ганоидных, костистых) рыб. Значение морфологических признаков в систематике. Кладистический анализ и филогенетические связи.

Рекомендуемая литература

Основная

Павлов Д.А. 2024. Сравнительная анатомия рыб (по курсу лекций профессора С.Г. Соина). Москва: Т-во научных изданий КМК, 212 с.

Дополнительная

Дзержинский Ф.Я. 2005. Сравнительная анатомия позвоночных животных. Изд. 2-е. М: Аспект-Пресс, 303 с.

Шмальгаузен И.И. 1947. Основы сравнительной анатомии. Изд. 4-е, М: Советская наука. 540 с.

Суворов В.К. 1948. Основы ихтиологии (раздел «Морфология»). Изд. 2-е, «Сов. Наука», 579 с.

Гуртовой Н.Н., Матвеев Б.С., Дзержинский Ф.Я. 1976. Практическая зоотомия позвоночных. Низшие хордовые, бесчелюстные рыбы. М. Изд-во «Высшая школа», 351 с.

Ромер А., Парсонс Т 1992. Анатомия позвоночных: в 2 тт. М.: изд-во Мир.

Кэрл Р. 1992. Палеонтология и эволюция позвоночных: в 3 тт. М.: изд-во Мир

Северцов А.Н. 1939. Морфологические закономерности эволюции (раздел «Эволюция низших позвоночных» и «Закономерности филогенеза»). М.-Л.: Изд-во АН СССР, 610 с.

Северцов А.Н. 1967. Главные направления эволюционного процесса (раздел «Происхождение и эволюция низших позвоночных»), издание 3-е, М.: Издательство Московского университета. 202 с.

Дислер Н.Н. 1960. Органы чувств системы боковой линии и их значение в поведении рыб. Изд-во АН СССР, 310 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<http://fishbase.org>

Составитель: ведущий научный сотрудник, д.б.н. Павлов Дмитрий Александрович

БИОРАЗНООБРАЗИЕ, ФИЛОГЕНЕТИКА И СИСТЕМАТИКА РЫБ (курс лекций, обязательный)

Введение

Роль генетических и молекулярно-генетических исследований в решении актуальных проблем ихтиологии. Объекты и основные методы исследований, типы генетических маркеров.

Тема 1. Популяции и микроэволюция у рыб

Определение популяции. Популяционная генетика. Что означает понятие поколение (дискретные и перекрывающиеся)? Основные факторы эволюции. Понятие микроэволюции. Панмиктическая популяция и принцип Харди-Вайнберга. Показатели генетической изменчивости популяций. F – статистики Райта. Инбридинг. F_{st} для диаллельных и полиаллельных локусов. Понятие эффективного размера популяции и факторы, которые ведут к его снижению. Соотношение общего (цензовый) и эффективного размера популяций у разных видов рыб. Островная и ступенчатая модели популяций. Понятие метапопуляции и её особенности. Генетическая дифференциация популяций и смысл правила «1 мигрант на поколение». Генетические подходы и критерии при определении границ популяций. Индексы дифференциации популяций по монолокусным генным маркерам (F_{st}) и количественным признакам (Q_{st}). Признаки селективно нейтральные и находящиеся под действием отбора. Предполагаемые корреляции между F_{st} и Q_{st} при анализе простых и сложных моделей пространственной и экологической дифференциацией популяций. Пример анализа происхождения двух жилых форм нерки из озёр в Японии и в Канаде.

Тема 2. Видообразование и концепции вида

Определение понятия видообразование. Модели, выделяемые на основании географического критерия (доли мигрантов): аллопатрическая, парапатрическая и симпатрическая. Проблема выявления случаев симпатрического видообразования: 4 основных теоретических и 4 практических критерия. Экологическое видообразование. Гомоплоидное гибридное видообразование. Полиплоидное гибридное видообразование. Встречаемость разных типов видообразования. Понятие вида. Список современных концепций вида. Основные концепции вида: морфологическая, биологическая, эволюционная, филогенетическая и др. Понятие коалесценции генов. Генные и видовые деревья. Неполная сортировка генетических линий. Анализ происхождения, филогенетических и систематических отношений у рыб на примере трёх форм (видов) ленка *Brachymystax*, форм и видов из *Salvelinus alpinus* – *S. malma* complex.

Тема 3. Принципы охраны биоразнообразия (популяции, виды): генетический подход

Основные уровни иерархии существующего биоразнообразия и подходы по их охране. Основные цели охраны на внутривидовом и видовом уровне. Эволюционный потенциал популяций. Какие признаки надо исследовать? Понятие наследуемости в широком и узком значении. Связь показателей наследуемости для количественных признаков и средней гетерозиготности для генетических признаков с эффективным размером популяций (N_e). Какие пороговые значения N_e принимаются при краткосрочных и долгосрочных мероприятиях по охране. Правило 50/500 и современные рекомендации. Пороговый размер популяций для разных категорий охраны в красных листах и книгах. Типы «неопределённости», влияющие на жизнеспособность популяций. Концепция эволюционно значимых единиц биоразнообразия (ESU). Выделение единиц охраны у голец *Salvelinus* из озёр Таймыра и оз. Эльгыгытгын (Чукотка). Набор критериев и необходимой информации для отнесения популяций к определённой категории охраны (на примере кумжи (*Salmo trutta* complex)). Основные компоненты биоразнообразия и категории охраны для кумжи в Советском Союзе и России. Концепция экогеографических единиц (EGU). Разные типы N_e , когда это важно учитывать?

Тема 4. Филогения и систематика (основные понятия и принципы)

Систематика: типологическая, эволюционная, филогенетическая и постфилогенетическая школы. Фенетика и кладистика. Признак в кладистике. Проблема монофилии и парафилии в систематике. Пример с птицами и пресмыкающимися. Морфологические и молекулярные данные. Эволюция нуклеотидных последовательностей. Мутационные модели. Филогенетические деревья. Генные и видовые деревья. Генные дубликации. Гомологи (ортологи) и паралоги. Методы филогенетического анализа. Проверка статистической устойчивости топологии: бутстрэп и джекна이프. Методы (тесты) сравнения топологий между собой. Некоторые особенности эволюции ядерной и митохондриальной ДНК. Поиск видового дерева по мультилокусным данным. Принципы перехода от филогенетического дерева к классификации. Проблемы. Филогения и классификация у осетрообразных: классическая по морфологическим признакам и молекулярная по мтДНК и ядерным генам. Видообразование и акты изменения ploidy у осетрообразных.

Тема 5. Филогения и систематика рыб (на примере *Protacanthopterygii* и *Salmoniformes*)

Ревизия Гринвуда с соавторами (1966). Система Actinopterygii (Nelson, 1994). Объем *Protacanthopterygii* и *Salmoniformes* (Nelson, 1994, 2006; Nelson, Grande, Wilson, 2016). Положение *Salmoniformes* и *Esociformes* в *Teleostei* (морфология и мтДНК). *Protacanthopterygii* и *Salmoniformes* по мтДНК и яДНК данным. Положение *Lepidogalaxias*. Системы *Euteleostei* по Nelson et al. (2010, 2016), Betancur – R et al. (2013, 2017) и Hedhes et al. (2018). Система *Salmoniformes*: морфологические

и генетические данные. Экология и систематика: *Salmo-Parasalmo-Oncorhynchus*. Современная система лососеобразных и подсемейства *Salmoninae*.

Тема 6. Основы наследственного аппарата и возможности анализа биомолекул для понимания биологических процессов

Основные понятия о молекулярном аппарате наследственности и возможности анализа биомолекул для понимания биологических процессов и моделировании сложности живых организмов. Формирование выборки генетического материала, выделение ДНК. Методы, использующие ДНК-маркеры для оценки генетического материала: RFLP, AFLP, микросателлиты, минисателлиты, SNP-, SCAR-, ISSR- маркеры. Статистическая обработка данных по микросателлитным локусам и SNP-маркерам. Маркеры митохондриальной ДНК. Молекулярные инструменты для выявления функциональной изменчивости.

Тема 7. Понятие о генетической инженерии, основные группы ферментов

Генетическая инженерия и группы ферментов, применяемые при реконструировании рекомбинантных ДНК. Рестриктазы: характеристика; классификация; номенклатура; механизм действия; модели, объясняющие взаимосвязь между сайтами узнавания и разрезания. Рестриктные карты и методы их построения. Идентификация по полученной информации биологически важных участков ДНК.

Тема 8. Понятие полимеразной цепной реакции. Разработка и характеристика этого метода

История возникновения метода полимеразной цепной реакции и характеристика этого метода. Как это работает. Амплификация ДНК и РНК. Общие положения: основные правила подбора праймеров, приборное обеспечение, модифицированные методы, полуколичественный анализ, методика проведения ПЦР. Амплификация консервативных и полиморфных последовательностей мишеней.

Тема 9. Митохондриальная ДНК. Секвенирование

Происхождение митохондрий. Митохондрии и наследственность. Геном митохондрий, его особенности. Митохондриальная Ева и митохондриальные заболевания. Секвенирование.

Тема 10. Обустройство генетической лаборатории. Приборная база

Особенности выделения ДНК из растительных и животных тканей. Методы, для которых необходимо выделение ДНК, создание банков ДНК. Этапы выделения. Определение количества и качества выделенной ДНК. Необходимость нескольких зон для генетической лаборатории, оборудование, применяемое для филогенетических исследований.

Рекомендуемая литература

- Айала Ф. 1984. Введение в популяционную и эволюционную генетику. М: Мир. 230 с.
- Солбриг О., Солбриг Д. 1982. Популяционная биология и эволюция. М: Мир. 488 с.
- Хедриг Ф. 2003. Генетика популяций. М: Техносфера. 592 с.
- Сулея М. 1989. Жизнеспособность популяций М: Мир. 224 с.
- Лукашев В.В. 2009. Молекулярная эволюция и филогенетический анализ. М: Бинном. 256 с.
- Павлинов И.Я., Любарский Г.Ю. 2011. Биологическая систематика: эволюция идей. М: товарищество научных изданий КМК. 667 с.
- Шаталкин А.И. 2012 Таксономия. Основания, принципы и правила. М: товарищество научных изданий КМК. 600 с.
- Осинов А.Г., Лебедев В.С. 2004. Лососевые рыбы (Salmonidae, Salmoniformes): положение в надотряде Protacanthopterygii, основные этапы эволюционной истории, молекулярные датировки. Вопросы ихтиологии. Т. 44. С. 738–765.
- Osinov A.G, Senchukova A.L, Mugue N.S, Pavlov S.D, Chereshev I.A. 2015. Speciation and genetic divergence of three species of charrs from ancient Lake El'gygytgyn (Chukotka) and their phylogenetic relationships with other representatives of the genus Salvelinus. Biological Journal of the Linnean Society. V. 116. P. 63–85.
- Lecaudey L.A., Schliewen U.K., Osinov A.G. et al. 2018. Inferring phylogenetic structure, hybridization and divergence times within Salmoninae (Teleostei: Salmonidae) using RAD-sequencing. Molecular Phylogenetics and Evolution. V.124. P. 82–99.
- Frankham R., Bradshaw C.J.A., Brook B.W. 2014. Genetics in conservation management: Revised recommendations for the 50/500 rules, Red List criteria and population viability analyses. Biological Conservation. V. 170.P: 56–63.
- Нельсон Дж.С. 2009. Рыбы мировой фауны (4-е издание). М: книжный дом «Либроком». 876 с.
- Betancur-R R., Broughton R.E., Wiley E.O. et al. 2013. The Tree of Life and a New Classification of Bony Fishes. PLOS Currents.
- Льюин Бенджамин. 2012. Гены. Пер. 9-го англ. изд. И. А. Кофиади и др. под ред. Д.В. Ребрикова. 9-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 896 с.
- Маниатис Т., Фрич Э., Сэмбрук Дж. 1984. Методы генетической инженерии, молекулярное клонирование. М.: Мир. 443 с.
- Харитонов С.Н. и др. 2010. Молекулярные маркеры – инструмент исследования генетического разнообразия. Состояние всемирных генетических ресурсов животных в сфере продовольствия и сельского хозяйства. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Рим – Москва. С. 359–380.

Мельникова М.Н., Павлов С.Д., Шитова М.В. 2014. Применимость SCAR маркеров ДНК для дифференциации камчатской микижи (*Parasalmo (Oncorhynchus) mykiss*) // Доклады академии наук. Т. 455. № 6. С. 727–730.

Мельникова М.Н., Сенчукова А.Л., Павлов С.Д. 2014. Применение ISSR маркёров для камчатских популяций микижи *Parasalmo (Oncorhynchus) mykiss* (Walbaum) (*Salmonidae, Salmoniformes*) // Доклады академии наук. Т. 459. № 6. С. 1–5.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<https://fishbase.org>

<http://evolution.genetics.washington.edu/phylip/software.html>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

Составители: ведущий научный сотрудник, д.б.н. Осинцов Александр Георгиевич, старший научный сотрудник, к.б.н. Мельникова Марина Николаевна

СИСТЕМА НЕОТЕЛЕОСТЕЛЕЙ – ПРОДВИНУТЫХ РЫБ (большой практикум, обязательный)

Введение

История взглядов на состав и структуру продвинутых рыб в XX веке. Обзор взглядов на происхождение и родственные связи в группе продвинутых костистых рыб Euteleostei. Проблема монофилии Эутелеостей в современной системе рыб. Обзор взглядов систематиков XX века на состав и положение группы. Трансформации компонентов. Значение современных методов молекулярно-генетического анализа для выявления родственных связей. О значении макроэволюционных движений в формировании облика групп в составе Эутелеостей. Противоречивость существующих систем. Критический анализ подходов в систематике.

Тема 1. Базальные Euteleostei: группа «неразрешимой трихотомии»: *Stenopterygii*, *Cyclosquamata*, *Scopelomorpha*

Принципы выделения группы Euteleostei в системе Костистых рыб. Понятие о «неразрешимой трихотомии». Критический обзор систем базальных Euteleostei.

Надотряд Стеноптеригии – *Stenopterygii*. Характеристика надотряда, характерные признаки. Основания для выделения группировки в самостоятельный надотряд.

Отряд Стомиеобразные – *Stomiiformes*. Характеристика отряда, деление на семейства, объём группы. Эволюционно продвинутые признаки группы. Географическое распространение. Семейства *Stomiidae*, *Gonostomatidae*, *Idiacanthidae*, *Sternophthyridae*, *Malacosteidae*, *Melanostomatidae*. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов, важнейшие представители, их биология, географическое распространение. Роды *Cyclotone*, *Idiacanthus*, *Malacosteus*: отличительные особенности, распространение в Мировом океане, особенности биологии.

Надотряд Круглочешуйные – *Cyclosquamata*. Характеристика надотряда, характерные признаки. Основания для выделения группировки в самостоятельный надотряд.

Отряд Аулопообразные – *Aulopiformes*. Характеристика отряда, деление на семейства, объём группы. Географическое распространение. Семейства *Aulopidae*, *Synodontidae*, *Chlorophthalmidae*, *Ipnopidae*, *Bathypteridae*, *Paralepididae*, *Anotopteridae*, *Alepisauridae*, *Omosudidae*. Признаки каждого семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов, важнейшие представители, их биология, географическое распространение. Роды *Synodus*, *Ipnops*, *Anotopterus*, *Alepisaurus*: отличительные особенности, распространение в Мировом океане, особенности биологии.

Надотряд Светящиеся анчоусы – *Scopelomorpha*. Характеристика надотряда, характерные признаки. Основания для выделения группировки в самостоятельный надотряд.

Отряд Миктофообразные – *Mystophiformes*. Характеристика отряда, деление на семейства, объём группы. Географическое распространение. Семейство *Mystophidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов, важнейшие представители, их биология, географическое распространение. Роды *Mystorom*, *Notoscorelus*, *Lampanyctus*, *Diaphus*: отличительные особенности, распространение в Мировом океане, особенности биологии. Вертикальное распределение родов и видов светящихся анчоусов в мезопелагиали Мирового океана.

Тема 2. Промежуточная группа *Euteleostei*: *Paracanthopterygii*

Характеристика надотряда, характерные признаки. Взгляды на состав надотряда в системах Нельсона, Линдберга, Расса и Лаудера и Лиема.

Отряд Трескообразные – *Gadiformes*. Характеристика отряда, деление на подотряды и семейства, объём группы. Признаки, используемые в систематике группы. Географическое распространение. Подотряд Тресковидные – *Gadoidei*. Отличительные признаки подотряда. Семейство Тресковые – *Gadidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Подсемейство Налимоподобные – *Lotinae*, отличительные признаки, отличительные особенности родов, распространение в Мировом океане, особенности биологии. Виды фауны морей России. Подсемейство Трескоподобные – *Gadinae*, отличительные признаки, отличительные особенности родов, распространение в Мировом океане, особенности биологии. Основные виды фауны Северной Атлантики – треска, северная навага, пикша, сайда, люр, мерланг – определительные признаки, распространение и биология. Структура вида треска – атлантическая, беломорская, балтийская, кильдинская. Основные виды фауны дальневосточных морей – тихоокеанская треска, минтай. Основные виды фауны тресковых Северного Ледовитого океана – восточносибирская треска, арктическая треска, сайка. Явление параллельной изменчивости в подсемействах Налимоподобные и Трескоподобные. Семейство Мерлузовые – *Merlucciidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды *Merluccius*, *Marcruronus* – отличительные признаки родов, распространение в Мировом океане, особенности биологии. Семейство Моровые – *Moridae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды *Physiculus*, *Laemonema*: отличительные признаки родов, распространение в Мировом океане, особенности биологии.

Отряд Ошибнеобразные – *Ophidiiformes*. Характеристика отряда, деление на подотряды и семейства, объём группы. Признаки, используемые в систематике группы. Географическое распространение. Семейство *Ophidiidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды *Ophidion*, *Genypterus*, *Brotula*, *Physiculus*, *Laemonema*: отличительные признаки родов, распространение в Мировом океане, особенности биологии. Семейство Карапусовые – *Carapidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение.

Отряд Долгохвостообразные – *Macrouriformes*, семейство Макрурусовых – *Macrouridae*. Признаки отряда и семейства, число родов и видов, отличительные признаки родов, важнейшие представители, их биология, географическое распространение. Роды *Macrourus*, *Coelorinchus*, *Coryphaenoides*, отличительные признаки родов, распространение в Мировом океане, особенности биологии. Вертикальное распределение родов и видов светящихся анчоусов в мезопелагиали Мирового океана.

Отряд Удильщикообразные – *Lophiiformes*. Общая характеристика отряда, деление на подотряды и семейства, объём группы. Признаки, используемые в систематике группы. Основные используемые определители. Географическое распространение. Подотряд Удильщиковидные – *Lophioidei*. Отличительные признаки подотряда. Семейство Удильщиковые – *Lophiidae*. Признаки семейства, число родов и видов, географическое распространение. Род *Lophius*, отличительные признаки, распространение, биология. Подотряд Клоуновидные – *Antennarioidei*. Отличительные признаки подотряда. Семейства Клоуновые – *Antennariidae* и Морские нетопыри *Ogcocephalidae*. Признаки семейства, число родов и видов, географическое распространение. Роды *Antennarius*, *Histrio*, *Ogcocephalus*, *Chaunax*, отличительные признаки, распространение, биология.

Отряд Жабообразные – *Bathrachoidiformes*. Общая характеристика отряда, деление на подотряды и семейства, объём группы. Признаки, используемые в систематике группы. Географическое распространение. Семейство Батраховые – *Batrachoididae*. Признаки семейства, число родов и видов, географическое распространение.

Тема 3. *Lampridomorpha*

Характеристика надотряда, характерные признаки. Взгляды на состав надотряда в системах Нельсона, Линдберга, Расса и Лаудера и Лиема. Трудности выделения синапоморфий и установления родственных отношений с сестринскими таксонами

Отряд *Lampridiformes*. Характеристика отряда, деление на подотряды и семейства, объём группы. Признаки, используемые в систематике группы. Географическое распространение. Семейство *Lampridae*, *Veliferidae*, *Regalecidae*, *Styleophoridae*, *Trachipteridae*. Признаки семейств, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Отличительные морфологические признаки и биологические особенности наиболее известных представителей – опаха, сельдяных королей, веерохвостов.

Тема 4. Современные Колючепёрые рыбы – *Acanthopterygii*

Происхождение, эволюция, дивергенция. Характеристика надотряда, характерные признаки. Сочетание эволюционно совершенных признаков. Явление вторичной потери эволюционно совершенных признаков в некоторых группах. Явление глубокой специализации признаков на уровне отрядов. Особенности строения спланхнокраниума, осевого скелета и скелета конечностей как основа для таксономических построений. Валидность применения отдельных признаков и проблема политетических таксонов. Об ограничениях в применении кладистических проце-

дур для установления статуса и объёма отдельных таксонов. Проблема определения генерализованных и специализированных признаков и таксонов. Вопросы вторичного упрощения строения скелета у продвинутых колючепёрых и трудности таксономической процедуры. Проблема дилеммы в систематике Колючепёрых – методология применения процедуры анализа противоречивых данных при невозможности их всестороннего обобщения. Краткий обзор последних достижений в систематике Колючепёрых рыб на основе применения самых современных методик и перспективы построения естественной системы Колючепёрых рыб.

Тема 5. Базальные Колючепёрые – *Atherinomorpha*, *Mugilomorpha*

Характеристика надотряда, характерные признаки. Основания для выделения группировки в самостоятельный надотряд. Положение группы в системах Нельсона, Линдберга, Расса и Лаудера и Лиема. Состав надотряда и взгляды разных исследователей на список отрядов.

Отряд Сарганообразные – *Beloniformes*. Характеристика отряда, деление на семейства, объём группы. Признаки, используемые в систематике группы. Географическое распространение. Подотряд Летучие рыбы – *Exocoetidae*. Отличительные признаки подотряда. Семейство Полурыловые – *Hemirhamphidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды *Hemirhamphus*, *Hyporhamphus*, *Oxyporhamphus*, *Dermogenis*: отличительные особенности, морские и пресноводные виды, распространение в Мировом океане, особенности биологии. Виды фауны морей России. Семейство Летучие рыбы – *Exocoetidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды *Fodiator*, *Cheilopogon*, *Exocoetus*, *Cypselurus*, *Prognichthys*, *Hirundichthys*: отличительные особенности родов, распространение в Мировом океане, особенности биологии. Подотряд Макрелешуковидные – *Scomberesocidae*. Отличительные признаки подотряда. Семейство Саргановые – *Belonidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды *Belone*, *Strongylura*, *Tylosurus*: отличительные особенности родов, распространение в Мировом океане, особенности биологии. Виды фауны морей России. Семейство Макрелешуковые – *Scomberesocidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Род *Cololabis* – сайра, отличительные признаки, распространение, биология.

Отряд Атеринообразные – *Atheriniformes*. Характеристика отряда, деление на семейства, объём группы. Признаки, используемые в систематике группы. Географическое распространение. Семейство Атериновые – *Atherinidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Род *Atherina*, азовско-черноморские представители рода.

Отряд Карпозубообразные – *Cyprinodontiformes*. Подотряд *Cyprinodontoides*, семейства *Cyprinodontidae*, *Horaichthyidae*, *Poeciliidae*, *Goodeidae*, *Anablepidae*, *Oryziatidae*. Признаки семейств, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Особенности размножения и явление живорождения.

рождения в разных семействах. Виды-эфимеры, особенности их существования в экстремальных условиях внешней среды. Характер видообразования у рыб-эфимеров. Проблема определения границ вида при разорванных ареалах, случаи сальтационного видообразования. Подотряд Phallostetoidei, его характеристика, состав, особенности морфологии и биологии.

Отряд Кефалеобразные – Mugiliformes. Общая характеристика отряда, деление на подотряды и семейства, объём группы. Признаки, используемые в систематике группы. Основные используемые определители. Географическое распространение. Семейство Кефалевые – Mugilidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Основные роды: Mugil, Liza, Joyurus, отличительные признаки, распространение, биология. Виды фауны России: группа Черноморских кефалей (лобан, сингиль, остронос) – отличительные признаки, распространение, биология. Дальневосточная кефаль пиленгас, признаки, биология. Акклиматизация кефалей в Каспии и Чёрном море. Семейство Пальцеперовые – Polynemidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды Polynemus, Eleutheronema, Polydactylus: отличительные признаки, распространение, биология. Семейство Барракудовые – Sphyracidae, род Барракуда Sphyrna. Число видов, отличительные признаки, географическое распространение. Виды, представляющие опасность для человека, их отличительные признаки, распространение, биология, меры безопасности.

Тема 6. Продвинутое Колючепёры I – базальные перкоидные

Отряд Колюшкообразные – Gasterosteiformes. Общая характеристика отряда, деление на подотряды и семейства, объём группы. Признаки, используемые в систематике группы. Основные используемые определители. Географическое распространение. Подотряд Колюшковидные – Gasterosteidae. Отличительные признаки подотряда. Семейство Колюшковые – Gasterosteinae. Признаки семейства, деление, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Основные роды: Gasterosteus, Pungitius, Apeltes, Culaea, Spinachia. Отличительные признаки, распространение, биология. Виды фауны России. Структура вида трёхиглая колюшка: проходные, солоноватоводные и пресноводные формы. Сопряжённые морфологические признаки, морфологические формы trachurus, leurus, semiarmatus. Подотряд Флейторыловидные – Aulostomoidei. Отличительные признаки подотряда. Семейство Свистульковые – Fistulariidae. Признаки семейства, деление, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Семейство Бекасовые – Macrorhamphosidae. Признаки семейства, деление, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Семейство Кривохвостовые – Centriscidae. Признаки семейства, деление, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Подотряд Игольчатые – Syngnathoidei. Отличительные признаки подотряда. Семейство Игольчатые – Syngnathidae. Признаки семейства, деление, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Основные роды: Syngnathus,

Nerophis, Hippocampus, Phyllopteryx, отличительные признаки, распространение, биология. Виды фауны России.

Тема 7. Перкоморфы: Perciformes, Percoidei, семейства Перкоидных рыб

Отряд Окунеобразные – Perciformes. Общая характеристика отряда, деление на подотряды и семейства, объём группы. Признаки, используемые в систематике группы. Географическое распространение. Подотряд Окуневидные Percoidei. Отличительные признаки подотряда. Семейство Каменные Окунь – Serranidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Виды фауны морей России. Семейство Окуневые – Percidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды Perca, Zander (Stizostedion), Gymnocephalus, Aspro, Percarina: отличительные особенности родов, распространение, особенности биологии. Фауна окуневых водоёмов Европы. Основные виды окуневых фауны России – обыкновенный окунь, судак, берш, ёрш: отличительные признаки, распространение и биология. Фауна окуневых рыб Северной Америки: видовое разнообразие, параллельная изменчивость с окуневыми Старого Света. Род дартеры – Etheostoma: отличительные признаки, видовое разнообразие и биология. Семейство Перцихтовые – Percichthyidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Род Siniperca – ауха, китайский ёрш: отличительные признаки, распространение и биология. Семейство Ушастые Окунь – Centrarchidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды Micropterus, Lepomis: отличительные особенности родов, распространение, особенности биологии, видовое разнообразие. Чёрный окунь – отличительные признаки, распространение в водоёмах России. Семейство Лавраковые – Moronidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России. Род Лавраки, полосатые окуни – Morone, вид лаврак, морской волк: отличительные признаки. Семейство Луфаревые – Pomatomidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России. Вид луфарь – Pomatomus saltatrix: отличительные признаки, распространение, биология. Семейство Султанковые – Mullidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России. Вид черноморская султанка – Mullus barbatulus: отличительные признаки, распространение, биология. Семейство Горбылёвые – Sciaenidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России. Роды Sciaena, Umbrina, Cynoscion, Otolithes, Aplodinotus: отличительные особенности родов, распространение, особенности биологии. Виды горбылёвых морей России: Светлый и Тёмный горбыль, отличительные признаки, распространение, биология. Семейство Морские Караси – Sparidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России. Роды Diplodus, Pagrus, Puntazzo, Sparus, Dentex, Boops: отличительные особенности

родов, распространение, особенности биологии, виды морей России (ласкирь, зубарик) – отличительные признаки, распространение, биология. Семейство Губановые – Labridae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России. Роды *Crenilabrus*, *Coris*, *Gomphosys*: отличительные особенности родов, распространение, особенности биологии, виды морей России (зеленушка, морской юнкер) – отличительные признаки, распространение, биология. Семейство Ставридовые – Carangidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России. Роды *Trachurus*, *Seriola*, *Vomer*, *Caranx*, *Naucrates*, *Alectis*. Виды морей России (черноморская ставрида) – отличительные признаки, распространение, биология. Подотряд Дракончиковидные – Trachinoidei. Отличительные признаки подотряда. Семейство Дракончиковые – Trachinidae. Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России (дракончик) – распространение и биология. Семейство Волосозубые – Trichodontidae. Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России (волосозуб) – распространение и биология. Семейство Морские Коровки – Uranoscopidae. Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России (звездочет, морская коровка) – распространение и биология.

Тема 8. Perciformes: Подотряды окунеобразных 1

Собачковидные, Бельдюговидные, Лабиринтовые. Песчанковидные.

Подотряд Собачковидные – Blennioidei. Отличительные признаки подотряда. Семейство Собачковые – Blennidae. Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России: виды собачка-павлин, собачка-сфинкс. Семейство Маслюковые – Pholidae. Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России: вид обыкновенный маслюк. Семейство Стихеевые – Stichaeidae. Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России: роды *Lumpenus*, *Stichaeus*, *Acantholumpenus*, отличительные признаки, распространение, биология. Семейство Зубатковые – Anarhichadidae. Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России. Вид обыкновенная, или полосатая зубатка: отличительные признаки, биология, распространение. Вертикальное распределение зубаток в Северной Атлантике.

Подотряд Бельдюговидные. Семейство Бельдюговые Zoarcidae. Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России. Виды обыкновенная бельдюга, узорчатый ликод: отличительные признаки, распространение, биология.

Подотряд Лабиринтовые – Anabantoidei. Отличительные признаки подотряда. Семейство Позуновые – Anabantidae. Признаки семейства, число родов и ви-

дов, их отличительные признаки, географическое распространение. Роды *Anabas*, *Osphronemus*, *Colisa*, *Macropodus*, *Betta*. Важнейшие виды, отличительные признаки. Семейство Змееголовые – *Channidae* (*Ophiocephalidae*). Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны России – обыкновенный змееголов, отличительные признаки, распространение, биология.

Подотряд Песчанковидные – *Ammoditoidei*. Отличительные признаки подотряда. Семейство Песчанковые – *Ammoditidae*. Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России, отличительные признаки, распространение, биология.

Тема 9. Perciformes: Подотряды окунеобразных 2

Скумбриевичные. Волосохвостовидные. Хоботнорыловидные, Хирурговидные.

Подотряд Скумбриевидные – *Scombroidei*. Отличительные признаки подотряда. Семейство Скумбриевые – *Scombridae*. Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение. Роды *Scomber*, *Sarda*, *Thunnus*, *Euthunnus*, *Katsuwonus*, *Acanthocybium*, отличительные особенности родов, распространение, особенности биологии, виды фауны морей России: черноморская и дальневосточная скумбрия, пеламида, обыкновенный тунец. Признаки, распространение, биология. Семейство Меч-Рыбы – *Xiphiidae*, рыба-меч *Xiphias gladius*. Признаки, географическое распространение.

Подотряд Волосохвостовидные – *Trichiuroidei*. Отличительные признаки подотряда. Семейство Волосохвостовые – *Trichiuridae* и семейство *Gempilidae*. Признаки семейств, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение. Роды *Trichiurus*, *Gempilus*, *Ruvettus*: отличительные особенности родов, распространение, особенности биологии.

Подотряд Хоботнорыловидные – *Mastocembeloidei*. Отличительные признаки подотряда. Семейство Хоботнорылые – *Mastcembelidae*. Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение.

Подотряд Хирурговидные – *Acanthuroidei*. Отличительные признаки подотряда. Семейство Хирурговые – *Acanthuridae*. Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение.

Тема 10. Perciformes: Подотряды окунеобразных 3

Бычковидные, Нототениевидные, Пескарковидные, Шиндлериевидные.

Подотряд Бычковидные – *Gobioidei*. Отличительные признаки подотряда. Семейство Элеотрисовые – *Eleotridae*. Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны России – ротан-головешка, отличительные признаки, распространение, биология. Семейство Бычковые – *Gobiidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Подсемейства Бычковидные – *Gobiinae* и Пуголовковидные – *Benthophilinae*. Роды *Gobio*, *Caspiosoma*, *Benthophilus*, *Knipowitschia*, *Proterorhinus*, *Chloea*: отличительные особенности

родов, распространение, особенности биологии. Фауна бычковых Азово-Черноморского и Каспийского бассейна. Основные виды бычковых фауны России – каспийская пугловка, кнут, гонец, кругляк, бычок-ратан, головац, ширман, цуцик: отличительные признаки, распространение и биология. Семейство Илистые Прыгуны – *Periophtalmidae*. Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение.

Подотряд Нототениевидные – *Notothenioidei*. Отличительные признаки подотряда. Обзор антарктической фауны и системы адаптаций к обитанию в условиях низких температур. Семейства Нототениевые *Nothoteniidae* и Белокровки – *Chaenichthyidae*. Признаки семейства, число родов и видов, их отличительные признаки, географическое распространение. Экосистемная роль в пелагиали и придонной области Антарктики. «Ледяная рыба» – отличительные признаки и хозяйственное значение. Антарктические хищники – патагонский клыкач, его роль в экосистемах морей Южного океана. Семейства Щекороговые *Bovichthyiidae*, бородатковые *Harpagiferidae* – признаки, состав и видовое разнообразие бореальных рыб Южного полушария.

Подотряд *Callionymidae* – пескарковидные. Отличительные признаки, состав семейств, географическое распространение и роль в экосистемах.

Подотряд *Schindleriidae* – шиндлериевидные, характеристика, распространение, эволюционные тенденции.

Тема 11. Сестринская группа окунеобразных – *Scorpaeniformes*

Отряд Скорпенообразные – *Scorpaeniformes*. Общая характеристика отряда, деление на подотряды и семейства, объём группы. Признаки, используемые в систематике группы. Основные используемые определители. Географическое распространение.

Подотряд Скорпеновидные – *Scorpaenoidei*. Отличительные признаки подотряда. Семейство Скорпеновые – *Scorpaenidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды *Scorpaena*, *Pterous*, *Sebastes*, *Sebastodes*, *Sebastolobus*: отличительные особенности родов, распространение, особенности биологии. Фауна морских окуней Северной Атлантики: золотистый окунь, малый окунь, клювач: отличительные признаки, распространение и биология. Вертикальное распределение видов морских окуней. Фауна морских окуней Северной Пацифики: основные отличия от Северной Атлантики. Семейство Морские Петухи – *Triglidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение, виды фауны морей России.

Подотряд Терпуговидные – *Hexagrammoidei*. Отличительные признаки подотряда. Семейство Терпуговые – *Hexagrammidae*. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды *Hexagrammus*, *Agrammus*, *Pleurogrammus*, *Ophiodon*: отличительные особенности родов, распространение, особенности биологии. Основные виды фауны Дальневосточных морей – бурый терпуг, однолинейный терпуг, зайцеголовый терпуг: отличительные признаки, распространение и биология. Семейство Угольные

Рыбы – Anoplopomidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение.

Подотряд Рогатковидные – Cottoidei. Отличительные признаки подотряда. Семейство Рогатковые – Cottidae. Признаки семейства, деление на подсемейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Основные виды фауны Северных морей России – роды *Myoxocephalus*, *Triglopsis*, *Gymnocanthus*, *Icelus*, *Enophrus*, основные виды, отличительные признаки, распространение, биология. Пресноводные представители семейства, – род *Cottus*, основные виды, отличительные признаки, распространение, биология. Семейство Байкальские Широколобки – Cottocomphoridae. Признаки семейства, деление, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Формообразование на уровне семейства, родов и видов в условиях изолированного водоёма. Основные роды – *Cottocomphorus*, *Paracottus*, *Procottus*, *Batrachocottus* и основные виды: отличительные признаки, вертикальное распространение, биология. Семейство Голомянковые – Comphoridae. Признаки семейства, деление, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Виды Большая и Малая Голомянки: отличительные особенности, биология. Семейство Морские Лисички – Agonidae. Признаки семейства, деление, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Основные виды фауны морей России: *Agonus*, *Persus*, *Leptagonus*, *Podothecus*, *Agonomalus*: отличительные признаки, вертикальное распространение, биология. Семейство Пинагоровые – Cyclopteridae. Признаки семейства, деление, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Основные виды фауны морей России: *Cyclopterus*, *Pelagocycclus*, *Eumicrotremus*, *Aptocycclus*: отличительные признаки, распространение, биология. Семейство Морские слизни – Liparidae. Признаки семейства, деление, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Основные виды фауны морей России: *Liparis*, *Paraliparis*, *Pseudoliparis*, *Notoliparis*, *Careproctus* – отличительные признаки, вертикальное распространение, биология. Явление глубинной дифференциации близких видов. Приспособления для жизни на глубинах.

Подотряд Долгоперовидные – Dactylopteroidei. Отличительные признаки подотряда. Семейство Долгопёровые – Dactylopteridae. Признаки семейства, деление, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение.

Тема 12. Специализированные колючепёрые – Tetraodontiformes

Отряд Скалозубообразные – Tetraodontiformes. Общая характеристика отряда, деление на подотряды и семейства, объём группы. Признаки, используемые в систематике группы. Основные используемые определители. Географическое распространение. Подотряд Спинороговидные – Balistoidei. Отличительные признаки подотряда. Семейство спинороговые – Balistidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды *Balistes*, *Osbeckia*, *Triacanthus*, отличительные признаки, распространение, биология. Подотряд Кузовковидные – Ostracioidei. Отличительные признаки подотряда. Семей-

ство Кузовковые – Ostraciointidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды Aracana, Ostracion, отличительные признаки, распространение, биология. Подотряд Игобрюховидные – Tetraodontoidei. Отличительные признаки подотряда. Семейство Четырёхзубые – Tetraodontidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды Tetraodon, Sphaerouides, Fugu, Lagocephalus, отличительные признаки, распространение, биология. Ядовитые представители семейства, меры безопасности. Подотряд Луновидные – Moloidei. Отличительные признаки подотряда. Семейство Луновые – Molidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды Mola, Ranzania, Masturus, отличительные признаки, распространение, биология.

Тема 13. Специализированные колючепёрые – Pleuronectiformes

Отряд Камбалообразные – Pleuronectiformes. Общая характеристика отряда, деление на подотряды и семейства, объём группы. Признаки, используемые в систематике группы. Основные используемые определители. Географическое распространение. Подотряд Псеттодовидные – Psettodoidei. Отличительные признаки подотряда. Семейство Псеттодовые – Psettodidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Подотряд Камбаловидные – Pleuronectoidei. Отличительные признаки подотряда. Семейство Камбаловые – Pleuronectidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Группа палтусов, большеротых камбал и малоротых камбал, признаки групп. Роды палтусов: Hippoglossus, Atheresthes, Reinhardtius, отличительные признаки, распространение, биология. Виды фауны России. Роды большеротых камбал: Hippoglossoides, Cleisthenes, отличительные признаки, распространение, биология. Роды малоротых камбал: Pleuronectes, Limanda, Plathichthys, Microstomus, Kareus, отличительные признаки, распространение, биология. Левосторонние и правосторонние камбалы. Пресноводные виды камбал. Семейство Ботусовые, или Арноглоссовые – Bothidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Роды Paralichthys, Citharichthys, Arnoglossus, Bothus, отличительные признаки, распространение, биология отдельных видов. Семейство Ромбовые, или Скофталмовые – Scophthalmidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Род Scophthalmus, виды тюрбо, калкан. Отличительные признаки, распространение в морях России. Подотряд Солеевидные – Soleoidei. Отличительные признаки подотряда. Семейство Солеевые – Soleidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение. Семейство Морские Языки – Cynoglossidae. Признаки семейства, число родов и видов, отличительные признаки, географическое распространение.

Рекомендуемая литература

- Нельсон Д.С. 2009. Рыбы мировой фауны. М.: Либроком, 850 с.
- Берг Л.С. 1948-1949. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Т. 1, 2, 3. М.-Л.: Изд-во АН СССР.
- Линдберг Г.У. 1971. Определитель и характеристика семейств рыб мировой фауны. Л.: Наука, 409 с.
- Barton M. 2007. Bond's biology of fishes. UK: Thomson Brooks, 891 p.
- Helfman G.S., Collette B.B., Facey D.E. 1997. The diversity of fishes. UK, Oxford: Blackwell Science, 528 p.
- Андрияшев А.П. 1954. Рыбы северных морей СССР. Из-во АН СССР. М.-Л. 566 с.
- Решетников Ю.С. 2002. Атлас пресноводных рыб России. В двух томах. М. «Наука».
- Берг Л.С. 1955. Система рыбообразных и рыб, ныне живущих и ископаемых. Тр. Зоол. Ин-та АН СССР. Т. 20. 286 с.
- Вилер А. 1983. Определитель рыб морских и пресных вод Северо-Европейского бассейна. М. «Лёгкая промышленность». 432 с.
- Котляр А.Н. 1984. Словарь названий морских рыб на шести языках. М. «Русский язык». 288 с.
- Линдберг Г.У. 1971. Определитель и характеристика семейств рыб мировой фауны. Л. «Наука». 471 с.
- Расс Т.С., Линдберг Г.У. 1971. Современные представления о естественной системе ныне живущих рыб. // Вопросы ихтиологии. Т. 11. Вып. 3 (68). С. 380–407.
- Световидов А.Н. 1948. Трескообразные (Фауна СССР, том 9, вып. 4). Л. Изд-во АН СССР. 295 с.
- Eddy S., Underhill J.C. 1978. How to know the freshwater fishes. 3rd edition. Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque, IW. 224 p.
- Lauder G.V., Liem K.F. 1983. The evolution and interrelationships of the actinopterygian fishes // Bull. Mus. Comp. Zool. V. 150. N 3. P. 95–197

Интернет-ресурсы

- Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет при применении стандартных поисковых систем Google Scholar:
<http://www.fishbase.com>, <https://scifinder.cas.org>.
- Froese R. and D. Pauly. Editors. 2026. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2026).

Составитель: профессор, д.б.н. Кузищин Кирилл Васильевич

ОСНОВЫ СОДЕРЖАНИЯ РЫБ В НЕВОЛЕ (курс лекций, по выбору)

Тема 1. Цель и задачи курса, рекомендованная литература

Первые исторические свидетельства о содержании и выращивании рыб. Развитие аквакультуры и аквариумистики.

Тема 2. Основные цели содержания рыб в неволе

Особенности выращивания рыб в УЗВ. Рыбы как модельный объект научных исследований. Декоративная аквариумистика.

Тема 3. Импорт и экспорт питательных веществ в искусственных системах

Биологическая фильтрация. Механическая фильтрация. Охлаждение, обогрев. Болезни, профилактика и лечение. Гидрохимия и контроль параметров воды.

Тема 4. Особенности искусственных систем для содержания рыб – модельных объектов для проведения научных исследований

Медака, данио рерио, карпозубые и другие важные объекты. Жизнеобеспечение и воспроизводство модельных объектов.

Тема 5. Особенности организации систем для товарного выращивания рыб

Масштабы систем, основные проблемы и их решение. Дезинфекция систем. Искусственное воспроизводство рыб, основные объекты выращивания.

Тема 6. Основные направления пресноводных аквариумов

Природные, биотопные, «голландские», псевдоморе, видовые, аквариумы для глофиш, палюдариумы. Современные технические средства для жизнеобеспечения пресноводных аквариумных систем.

Тема 7. Основные типы морских аквариумов

«Рыбные», «рифовые». Особенности морских систем: субстраты, освещение, флотация, фильтры кипящего слоя, организация течения.

Тема 8. Совместимость пресноводных и морских рыб и прочих гидробионтов.

Подбор целесообразных объектов для проведения научных исследований, для товарного выращивания и для декоративного содержания.

Тема 9. Основные корма для пресноводных и морских рыб

Искусственные и естественные корма. Выращивание кормовых объектов для рыб.

Рекомендуемая литература

- Корзюков Ю.А. 1979. Болезни аквариумных рыб. М.: Колос. 175 с.
- Хомченко И.Г., Трифонов А.В., Разуваев Б.Н. 1997. Современный аквариум и химия. М.: Новая волна 190 с.
- Спот С. 1983. Содержание рыбы в замкнутых системах: М. «Лёгкая и пищевая промышленность». 192 с.
- Атаев А. М., Зубаирова М. М. 2020. Ихтиопатология. СПб.: Лань 348 с.
- Мартин Сандер. 2004. Техническое оснащение аквариума: М. «АСТ» 256 с.
- Choi, TY., Choi, TI., Lee, YR. et al. 2021. Zebrafish as an animal model for biomedical research. Exp Mol Med 53, P 310–317. <https://doi.org/10.1038/s12276-021-00571-5>

Составитель: старший преподаватель, к.б.н. Самойлов Константин Юрьевич

ЭМБРИОЛОГИЯ РЫБ

(большой практикум, по выбору)

Тема 1. Оогенез

Изучение особенностей строения яичников рыб с разными типами размножения – поли- и моноциклия; единовременный и порционный нерест. ППК (первичная половая клетка) и закладка половых желёз. Шкалы зрелости.

Задание. Изучить строение ППК, гонад и половых клеток самок рыб на микро-скопических препаратах. **Зарисовать.** 1) Состав и строение ооцитов в яичнике IV стадии зрелости у моноциклического вида рыб (европейский угорь). 2) Состав и строение ооцитов в яичнике IV стадии зрелости у полициклического вида с порционным нерестом (сельдь Бражникова). 3) ППК и закладку гонады (бычок кругляк или белый толстолобик). 4) Состав половых клеток и их строение на I, II, III, IV стадиях зрелости яичников у полициклических рыб с единовременным нерестом (плотва или белый толстолобик). 5) Овулировавший ооцит – метафаза II деления мейоза (белый толстолобик). 6) Строение яичника VI стадии зрелости – пустые фолликулы, резорбция остаточных желтковых ооцитов, атретические тела (плотва, белый толстолобик). 7) Тотальная резорбция невыметанной икры: начальная стадия (корейская востробрюшка); средняя стадия (большеротый буффало). 8) Строение фолликулярных оболочек ооцита (кета). 9) Строение яйцевых оболочек у рыб разных по типу размножения экологических групп: фитофильной (плотва, щиповка), пелагофильной (белый толстолобик), литофильной (осётр, кета); строение микропиле (плотва или сазан).

Тема 2. Сперматогенез

Изучение особенностей строения семенников двух типов: ампульный и радиальный (плотва, окунь). Особенности сперматогенеза у рыб с кратковременным (единовременным) и растянутым (порционным) нерестом. Шкалы зрелости.

Задание. Изучить строение половых клеток и семенников рыб на микро-скопических препаратах. **Зарисовать.** 1) Строение семенников двух типов – циприноидного (плотва, белый толстолобик), перкоидного (окунь). 2) Состав и строение половых клеток самцов на I, II, III, IV и V стадиях зрелости гонад у карповых рыб с кратковременным нерестом (плотва, белый толстолобик). 3) Состав и строение половых клеток самцов на III-IV стадии зрелости гонад карповых рыб с растянутым нерестом (конь-губарь). 4) Состав и строение половых клеток и семенников на VI стадии зрелости (плотва, белый толстолобик), фагоцитоз спермиев (окунь). 5) Строение головок сперматозоидов костистых рыб (плотва, белые толстолобик и амур, окунь, корейская востробрюшка, конь-губарь) и хрящевых ганоидов (стерлядь, осётр).

Тема 3. Эмбрионально-личиночное развитие хрящевых ганоидов (осетровые рыбы)

Особенности строения и развития яиц с полным неравномерным дроблением.

Задание. Изучить строение яиц и эмбрионально-личиночное развитие осетровых рыб на тотальных и микроскопических препаратах. **Зарисовать.** 1) На тотальных и гистологических препаратах – строение икринки до дробления; 2, 4, 8 – бластомеров; морула; середина и конец гастрюляции («нервная пластинка»); ранняя («нервные валики») и поздняя нейрулы («нервная трубка», «закладка осевых органов» зародыша,); зародыш перед вылуплением («пронефрос»). 2) Только тотальные препараты – начало гастрюляции, предличинка; личинка. 3) Только гистологические препараты – ранняя и эпителиальная бластулы.

Тема 4. Эмбрионально-личиночное развитие костистых рыб

Особенности строения и развития яиц с частичным (дискоидальным) дроблением.

Задание. Изучить строение яиц и эмбрионально-личиночное развитие костистых рыб на тотальных и микроскопических препаратах (белый толстолобик или амур, волжская сельдь, трёхиглая колюшка, глазчатый горчак). **Зарисовать.** 1) На тотальных (белый толстолобик) и гистологических препаратах (волжская сельдь) – строение икринки до дробления; 2, 4, 8 – бластомеров; морула; ранняя и эпителиальная бластулы; эпиболия желтка перибластом и перидермой («гаструла» – трёхиглая колюшка). 2) Только тотальные препараты – закладка тела зародыша; зародыш на стадии 11-12 туловищных сегментов; стадия «хвостовой почки»; зародыш перед вылуплением; предличинка; личинка. 3) Только гистологические препараты – «закладка осевых органов» зародыша (глазчатый горчак).

Тема 5. Разнообразие и особенности морфологии яиц, кладок икры, предличинок и личинок рыб в связи с экологией размножения (экологические группы по С.Г. Крыжановскому). Этапность развития рыб (по В.В. Васнецову)

Разнообразие и особенности морфологии яиц, кладок икры, предличинок и личинок рыб различных экологических групп. Строение предличинок и личинок рыб на разных этапах развития.

Задание. Изучить на тотальных препаратах строение: а) яиц, кладок икры, предличинок и личинок рыб разных экологических групп; б) личинок плотвы на различных этапах развития. **Зарисовать.** 1) Яйца рыб различных размеров, формы и окраски (разных экологических групп) – скат, акула, сима, хариус, канальный сом, европейский сом, судак, летучая рыба, нотобранх, белый амур, камбала лиманда, гамбузия. 2) Кладки икры рыб (разных экологических групп) – ротан, лещ (или плотва, беломорская сельдь), пинагор, глазчатый горчак, летучая рыба, корюшка. Самка горчача с яйцекладом. 3) Предличинок и личинок рыб разных экологических групп – горбуша, глазчатый горчак, навага, треска, беломорская сельдь, карп, белый амур, змееголов, макрорамфозус. 4) Личиночные этапы развития плотвы – С₁, С₂, D₁, D₂, E, F, G.

Рекомендуемая литература

- Айзенштадт Т.Б. 1984. Цитология оогенеза. М. Изд-во «Наука». 248 с.
- Бурлаков А.Б. 1997. Половая специфичность гипофизарных гонадотропинов у икротечущих рыб. М.: МГУ. 208 с.
- Васнецов В.В. 1953. Этапы развития костистых рыб. // Очерки по общим вопросам ихтиологии. М.- Л., Изд. АН СССР. С. 207–217.
- Гинзбург А.С. 1968. Оплодотворение у рыб и проблема полиспермии. М. Изд-во «Наука». 358 с.
- Детлаф Т.А., Гинзбург А.С., Шмальгаузен О.И. 1981. Развитие осетровых рыб. М. Наука. 224 с.
- Иванов П.П. 1945. Руководство по общей и сравнительной эмбриологии. Л.: Учпедгиз. 352 с.
- Игнатьева Г.М. 1979. Ранний эмбриогенез рыб и амфибий. М. Наука. 176 с.
- Кауфман З.С. 1990. Эмбриология рыб. М.: ВО Агропромиздат. 271 с.
- Кошелев Б.В. 1984. Экология размножения рыб. М. Наука. 308 с.
- Крыжановский С.Г. 1950. Теоретические основы эмбриологии. // Усп. Совр. биол. Т. 30. вып. 3. С. 382–413.
- Макеева А.П. 1992. Эмбриология рыб. Изд-во МГУ. 215 с.
- Микулин А.Е. 2000. Функциональное значение пигментов и пигментации в онтогенезе рыб. М., Изд-во ВНИРО. 231 с.
- Овен Л.С. 1976. Особенности оогенеза и характер нереста морских рыб. Киев, изд-во «Наукова думка». 132 с.
- Павлов Д.А. 2007. Морфологическая изменчивость в раннем онтогенезе костистых рыб. М.: ГЕОС. 264 с.
- Павлов Д.А. 2010. Стратегия размножения рыб и динамика популяций // Актуальные проблемы современной ихтиологии (к 100-летию Г.В. Никольского). М: ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН, Товарищество научных изданий КМК. С. 217–240.
- Персов Г.М. 1975. Дифференцировка пола у рыб. Л. ЛГУ 148 с.
- Соин С.Г. 1968. Приспособительные особенности развития рыб. М. Изд. Моск. ун-та. 89 с.
- Спановская В.Д. 1976. Относительная плодовитость рыб (определение, использование как показателя разнокачественности самок) // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. Вильнюс, Мокслас. Ч. 2. С 63–69 с.
- Турдаков А.Ф. 1972. Воспроизводительная система самцов рыб. Фрунзе. Илим. 280 с.
- Тринкаус Дж. От клеток к органам. 1972. М.: Мир. 286 с.
- Balon E.K. 1985. Early life histories of fishes: New developmental ecological and evolutionary perspectives. Dordrecht. Boston : Dr W. Junk. 274 p.

Составитель: ведущий научный сотрудник, д.б.н. Белова Наталья Васильевна

ТРОФОЛОГИЯ РЫБ

(большой практикум, по выбору)

Тема 1. Оценка трофической ситуации в водоёмах

Кормовые ресурсы, кормовая база. Бентос, планктон и детрит как основные компоненты кормовой базы. Кормность водоёмов. Степень использования кормовой базы.

Задание. Провести качественно-количественный анализ планктонно-бентосной пробы: определение видового состава организмов, подсчёт числа особей и определение их размеров с использованием окуляр-микрометра, взвешивание групп организмов по видам и размерным группам, расчёт процентных соотношений по весу групп организмов в пробе. Данные представить в сводной таблице № 1. Для выполнения задания использовать определители, бинокляр, микроскоп, весы.

Тема 2. Способы добывания пищи

Дифференцированный и недифференцированный захват пищи. «Спектры питания». Изменение спектра питания в онтогенезе. Сезонные и суточные колебания спектров питания, их локальная и географическая изменчивость.

Задание. Приступить к обработке ихтиологического материала по питанию рыб. Разобрать рыб по видам и размерным группам внутри вида. Провести биологический анализ рыб, заноса данные в индивидуальные карточки. Извлечь пищеварительный тракт и определить степень его наполнения по шестибальной шкале Лебедева. Извлечь и взвесить пищевой комок. Оценить степень переваренности пищевых компонентов. Провести качественную и цифровую обработку пищевого комка: определение видового состава, численности и веса компонентов счётно-весовым методом. Сделать расчёт общего индекса наполнения по Зенкевичу, данные записать на индивидуальной карточке объекта исследования.

Тема 3. Пищевая элективность

Количественная оценка пищевой элективности. Индексы избирания и избегания Шорыгина, Ивлева, Константинова, их сравнительная оценка. Степень пищевой селективности потребителя. Её количественная оценка.

Задание. Завершить обработку ихтиологического материала. Выраженный в процентах по весу состав пищи данного вида рыбы занести в таблицу № 1. Провести вычисление индексов избирания (избегания). Оценить степень пищевой селективности потребителя.

Тема 4. Интенсивность питания и усвоение пищи

Количественная оценка интенсивности питания. Накормленность. Индексы наполнения и потребления. Пищевой рацион, методы его определения. Ритмика питания.

Задание. На основании индивидуальных общих индексов наполнения вычислить общий индекс наполнения для пробы по каждому виду рыбы или размерной группе вида рыб. Используя литературные данные по скорости переваривания пищи и полученные индексы наполнения, вычислить величину суточного рациона по каждому виду или по каждой размерной группе вида рыб по формуле Байкова.

Тема 5. Межвидовые и внутривидовые отношения на почве питания

Количественный способ изучения напряжённости пищевых отношений рыб в естественных условиях Шорыгина.

Задание. На основании данных сводных таблиц №1 по каждому виду рыбы или по каждой размерной группе вида рыбы оценить степень пищевого сходства двух разных видов рыб или разных размерных групп одного вида по формуле Шорыгина.

Рекомендуемая литература

- Павлов Д.С., Дгебуадзе Ю.Ю., Шатуновский М.И. 2010. Актуальные проблемы современной ихтиологии (к 100-летию Г.В. Никольского). М: ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН, Товарищество научных изданий КМК. 368 с.
- Ивлев В.С. 1955. Экспериментальная экология питания рыб. М., Пищепромиздат. 252 с.
- Карзинкин Г.С. 1952. Основы биологической продуктивности водоёмов. М., Пищепромиздат. 343 с.
- Константинов А.С. 1972. Общая гидробиология. Изд.2. М., Высшая школа. 472 с.
- Константинов А.С. 1974. О методике определения интенсивности питания рыб с равномерным потреблением пищи. // Вопросы ихтиологии. Т.14, вып. 4(87). С. 661–666.
- Кузищин К.В., Малютина А.М., Груздева М.А. 2015. Сезонная динамика питания и пищевые отношения молоди лососёвых рыб (Salmonidae) в бассейне реки Коль (западная Камчатка). // Вопросы ихтиологии. Т. 55. № 3. С. 323.
- Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. 1974. (Под ред. Боруцкого Е.В.). М., Изд-во «Наука». 254 с.
- Михайлова А.В. 2019. Межвидовые пищевые отношения анчоусовидной и обыкновенной килек в Каспийском море. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. № 1. С. 13–19.

- Никольский Г.В. 1960. Экология рыб. М., Изд-во АН СССР. 368 с.
- Полякова Н.В., Кучерявый А.В., Павлов Д.С., Цимбалов И.А. 2019. Особенности питания пескороек речной миноги *Lampetra fluviatilis* из реки Чёрная (бассейна Балтийского моря). // Вопросы ихтиологии. Т. 59. № 2. С. 186–194.
- Орлова Э.Л., Долгов А.В., Руднева Г.Б. 2010. Российско-норвежское сотрудничество (ПИНРО и БИМИ) по исследованию питания и кормовой базы рыб в Баренцевом море. // Труды ВНИРО. Т. 149. С. 248–258.
- Пущина О.И., Соломатов С.Ф., Будникова Л.Л., Надточий В.А. 2012. Питание и пищевые отношения камбал зал. Петра Великого (Японское море) в летний период. // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). Т. 171. С. 240–266.
- Шорыгин А.А. 1952. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря. М., Пищепромиздат. 267 с.

Составитель: ассистент, к.б.н. Ляпина Татьяна Николаевна

9 СЕМЕСТР

ОСНОВЫ ПОПУЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА (курс лекций, обязательный)

Тема 1. Популяции и их характеристики

Динамика популяций как форма существования биологических видов. Теоретические представления об особенностях популяционного роста. Специфика и задачи изучения динамики популяций рыб. Фундаментальные и прикладные аспекты популяционного анализа. Требования к разработке научной теории, интерпретирующей поведение популяций, краткий исторический очерк её становления. Источники данных, лежащих в основе изучения популяций рыб.

Тема 2. Численность, биомасса, плотность как характеристика популяционного обилия

Индексы обилия. Общая и относительная численность популяции рыб. Промысловая информация, её использование для получения оценок обилия. Интенсивность рыболовства; промысловое усилие, улов на единицу промыслового усилия. Связь улова на единицу промыслового усилия с общей численностью популяции.

Тема 3. Инструментальные методы оценивания общей численности рыб

Прямые учёты; икорные и траловые съёмки. Особенности организации учётных съёмок. Источники погрешностей в оценках общей численности, полученных с использованием учётных съёмок.

Методы мечения. Однократные переписи. Оценка Петерсена. Погрешности оценки, модификации однократных переписей. Многократные переписи. Оценки Шнэйбл, Шумахера. Природа погрешностей оценок общей численности, возникающих при реализации методов мечения.

Регрессионные методы. Накопленный улов. Метод Лесли: связь между текущей численностью, накопленным уловом и уловом на единицу промыслового усилия. Накопленное усилие. Регрессия Де Лури.

Метод отношений. Биологические подгруппы. Условия, ведущие к изменениям в соотношениях внутривидовых подгрупп, возникающим в результате промысла. Оценка Келкера.

Тема 4. Развитие рыболовства на рубеже 19–20 веков

Объяснения причин, ведущих к изменениям результатов рыболовства в основных промысловых районах Европы. Исследования рыболовства в России; гипотезы, высказанные акад. К. Бэрм и его последователями.

Формальная теория жизни рыб Ф.И. Баранова. Понятие о равновесной популяции. Кривая смертности, кривая населения, условия их тождественности. Интерпретация первичных факторов популяционной динамики: пополнения, роста и смертности рыб. Кривая улова. Расчёт общей численности и биомассы рыб промысловой длины, величины равновесного вылова. Изменения вылова в зависимости от промысловой смертности и минимального возраста улавливаемых рыб. Переходные процессы, возникающие при изменениях интенсивности рыболовства. Теория тралового рыболовства.

Тема 5. Динамики рыбного промысла

Понятия естественного и основного запасов. Изменения основного запаса под действием рыболовства. Связь изменений запаса с динамикой вылова. Понятие «экономического перелома».

Тема 6. Биостатистические методы в промыслово-биологических исследованиях

Основные задачи биостатистического анализа, его особенности и информационная база. Нерестовые метки. Остаток и пополнение. Прогнозирование изменений промыслового стада на основе анализа его состава. Учение Г.Н. Монастырского о типах нерестовых популяций. Связь динамики популяций с особенностями их структуры. Оценки утилизированного запаса. Способы ретроспективных расчётов в подходах А.Н. Державина и его последователей.

Тема 7. Смертность рыб, её природа

Общая, естественная и промысловая смертность. Факторы естественной смертности, особенности её проявлений при изменениях условий жизни рыб. Промысловая смертность, возрастная динамика естественной и промысловой смертности. Смертность как регуляторный процесс. Способы отображения процессов смертности. Относительные коэффициенты убыли. Мгновенные коэффициенты общей, смертности, их связь с коэффициентами относительной убыли. Оценивание общей смертности рыб по размерному и возрастному составу уловов, по результатам мечения. Раздельное оценивание естественной и промысловой смертности. Метод Силлимана, регрессия Бивертон-Холта, эмпирические регрессии.

Тема 8. Линейный и весовой рост рыб

Характеристики роста. Связь роста с другими демографическими процессами (смертность, скорость полового созревания). Теория роста: уравнения фон Берталанффи, Гомпертца, Шмальгаузена, Винберга, Паркера-Ларкина. Оценивание параметров уравнения фон Берталанффи. Энергетическая модель роста.

Тема 9. Теория пополнения

Факторы, влияющие на эффективность размножения рыб. Смертность рыб на ранних стадиях жизни, особенности её проявления. Понятие критического периода. Плотностная регуляция смертности. Возникновение связи в системе «родители – потомки». Работа У. Рикера «Запас и пополнение». Кривые воспроизводства. Механизмы формирования эндогенной ритмики в динамике популяционных систем. Кривые пополнения. Модели пополнения Рикера, Бивертон-Холта их использование для анализа автоколебаний численности и биомассы рыб.

Тема 10. Модель динамического запаса Бивертон-Холта

Улов на единицу пополнения. Динамика численности, биомассы, размерно-возрастного состава популяции при равновесном промысле. Кривые равновесного вылова. Регулирование промысла на основе изменений интенсивности и селективности рыболовства. Изоплетные диаграммы уловов. Эвметрический промысел. Основные критерии управления рыболовством.

Тема 11. Обобщённые продукционные модели динамики промыслового стада рыб

Изъятие величины прибавочной продукции (прироста биомассы популяции) как условие равновесия в системе «запас – промысел». Модель Грэхэма-Шефера. Характер связи между прибавочной продукцией и биомассой запаса, величиной промыслового усилия. Параметризация модели. Основные модификации продукционных моделей (модель Фокса, Пелла-Томлинсона). Управление рыболовством на основе продукционных моделей.

Тема 12. Виртуальный популяционный анализ (ВПА)

Развитие ретроспективных биостатистических методов на основе использования уравнений Баранова. Организация вычислительных процедур виртуального и когортного анализов. Погрешности расчётов, настройка метода. Развитие методов ВПА. Когортный анализ.

Тема 13. Популяция промысловых рыб как элемент биотического сообщества

Модели сообществ гидробионтов. Биоценотические связи и их отображение в моделях сообществ. Биологическая продукция, её показатели. Потоки вещества и энергии в сообществе, основные каналы утилизации биологической продукции. Балансовая модель сообщества. Способы расчёта продукционных и трофодинамических характеристик. Применение моделей сообществ для решения задач управления биологическими ресурсами водоёмов.

Перспективы развития теории динамики популяций рыб. Индивидуально ориентированные модели, пространственные модели, модели экосистем.

Рекомендуемая литература

- Баранов Ф.И. 1971. Избранные труды. Том III. Теория рыболовства. М.: Пищевая промышленность, 304 с.
- Бивертон Р., Холт С. 1969 Динамика численности промысловых рыб. М Пищевая промышленность. 247 с.
- Риккер У.Е. 1979. Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяций рыб: Пер. с англ. М.: Пищевая промышленность, 408 с.
- Никольский Г.В. 1974. Теория динамики стада рыб. М.: Пищевая промышленность, 447 с.
- Криксунов Е.А. 2025. Анализ и интерпретация процессов популяционной динамики рыб. М.: Изд-во МГУ, 126 с.
- Уатт К. 1971. Экология и принципы управления природными ресурсами. М. Мир. 300 с.
- Меншуткин В.В. 1971 Математическое моделирование популяций и сообществ водных животных. Ленинград. Наука, 197 с.

Интернет-ресурсы

- <http://old.tutor-web.net/tutor-web>
- <http://www.studmedlib.ru>
- <http://mathbio.ru/lectures/>
- <http://www.uwyo.edu/dbmcd/popecol/index.html>
- <http://ichthyology.usm.edu>

Составитель: профессор, член-корр. РАН, д.б.н. Криксунов Евгений Аркадьевич

ОНТОГЕНЕЗ РЫБ

(курс лекций, обязательный)

Введение

Понятие онтогенеза. Основная концепция курса: эволюционное развитие (концепция evo-devo). Кладистический анализ в эволюции. Терминология кладистики: гомоплазии, плезиоморфии, апоморфии, синапоморфии. Связь онтогенеза рыб с практикой. Использование для устойчивого развития рыболовства, рационального управления биоресурсами и в аквакультуре. Рекомендуемая литература.

Тема 1. Способы размножения: классификация и эволюция

Современное понимание «Теории экологических групп». Разнообразие способов размножения в разных группах рыб. Классификация С.Г. Крыжановского и Е. Балона. Насколько полной является современная классификация рыб по способам размножения? Разнообразие способов размножения и эволюционные тенденции у лабиринтовых рыб (*Anabantiformes*). Живорождение как наиболее продвинутый способ размножения. Внутреннее осеменение – первый этап перехода к живорождению. «Факультативное» внутреннее осеменение. Классификация способов откладки яиц по Wourms (1991): *ovuliparity*, *zygoparity*, *embryoparity*. Эволюция живорождения. Эволюция копуляторного поведения. Внутренняя ассоциация гамет (IGA). Способы размножения в группах рыб, включающих живородящие виды (*Zoarcoidei*; *Scorpaeniformes*: *Cottoidea*, *Scorpaenoidei*). Необычные способы размножения.

Тема 2. Особые способы размножения

Дифференциация пола у рыб и гермафродитизм. Ювенальный и функциональный гермафродитизм. Классификация гермафродитов: монандрический и диандрический гермафродитизм. Социальный контроль смены пола. Эволюционные переходы между гонохоризмом и гермафродитизмом. Синхронные гермафродиты и самооплодотворение. Эволюция гермафродитизма у *Kryptolebias*. Гиногенез. Происхождение гиногенетических форм. Серебряный карась: эволюция гиногенеза и механизмы трансформации триплоидной формы в диплоидную. Однополо-двуполый комплекс щиповок и гипотеза сетчатого видообразования. Индукция гиногенеза в аквакультуре. Гибридогенез – полуклональное размножение с элиминацией мужских хромосом. Андрогенез: использование в аквакультуре. Парте-ногенез, роль частичного партеногенеза в эмбриогенезе рыб. Способы инверсии пола и получения женского стада рыб в аквакультуре.

Тема 3. Онтогенез: периодизация и эволюция

Периодизация онтогенеза по Т.С. Рассу. «Теория этапности развития»: современное понимание. Периодизация онтогенеза по С.Г. Крыжановскому и В.В. Васнецову. Терминология (российская и зарубежная), используемая для характеристики интервалов онтогенеза. Периодизация онтогенеза по Е. Балону: непрямой,

переходный и прямой типы онтогенеза. Проблемы терминологии, связанные с особыми типами онтогенеза. Вылупление: изменчивость морфологического состояния эмбриона и проблемы терминологии. Проблема определения понятий «личинка» и «малёк» («ювенис»). Расчёт продолжительности развития. Относительные единицы: τ_0 , τ_s , интервалы развития. Математические модели продолжительности развития. Эволюция темпа эмбрионального развития у «годовых» рыбок. Концепция r и K отбора. Теория сальтационного онтогенеза Е. Балона. Эпигенетические преобразования и altricial $\leftrightarrow$ presocial состояния по Е. Балону. Гипотеза эволюции онтогенеза Е. Балона. Altricial и presocial траектории в эволюции групп рыб.

Тема 4. Начальное развитие. С чего начинается онтогенез?

Морфология гамет: сперматозоид и зрелый ооцит. Методы оценки качества спермы: применение компьютерного анализа. Хранение спермы *in vitro*. Осеменение и оплодотворение. Осеменение яйца у пресноводных и морских рыб. Оценка оплодотворяемости: зависимость от концентрации спермы и продолжительности контакта между гаметами. Повреждение ооцитов при задержке в теле самки *in vivo*, преовуляторное и постовуляторное перезревание ооцитов. Способность ооцитов к оплодотворению при выдерживании *in vitro* (в воде и овариальной жидкости). Кортикальная реакция. Динамика кортикальной реакции в ооцитах разного качества. Набухание яйца. Начальное развитие осеменённых и неосеменённых яиц разного качества. Дробление бластодиска: нормальное и аномальное. Понятие качества яиц. Оценка качества осеменённых яиц на разных стадиях развития. Материнский эффект.

Тема 5. Модификационная изменчивость раннего онтогенеза

Диапазон модификационной изменчивости. Начальное эмбриональное развитие. Провизорная кровеносная система. Морфологическое состояние эмбриона при вылуплении. Число миомеров и позвонков. Число лучей в плавниках. Осевой скелет. Скелет головы и поясов парных конечностей. Изменчивость роста зародыша и потребления желтка. Общие закономерности морфологической изменчивости: предполагаемые механизмы изменчивости. Фенокритические интервалы раннего онтогенеза.

Тема 6. Сравнительный анализ раннего онтогенеза

Принципы сравнительного анализа раннего онтогенеза рыб. Эволюционные гетерохронии в раннем онтогенезе. Относительная продолжительность основных интервалов раннего онтогенеза в разных экологических группах. Изменчивость параметров яйца и её роль в раннем онтогенезе. Значение характеристик яйца в определении основных особенностей раннего онтогенеза. Некоторые особенности преобразования фенотипа организма при переходе на экзогенное питание. Эволюция раннего онтогенеза рыб. Изменчивость раннего онтогенеза у лососеобразных рыб (*Salmoniformes*) и других представителей *Protacanthopterygii*. Возможные направления эволюции раннего онтогенеза лососеобразных, щукообразных и корюшкообразных рыб. Особенности онтогенеза рыб и стратегия выбора объектов аквакультуры.

Тема 7. Онтогенез и филогенез

Концепция Evo-Devo. Филогенез как последовательность онтогенезов. Филогенез как модификация онтогенезов. «Закон» зародышевого сходства. Филэмбриогенезы по А.Н. Северцову. Палингенезы и ценогенезы. Гетерохронии: онтогенетические и филогенетические. Развитие концепции гетерохронии. Классификация и терминология гетерохроний. Модель эволюционных часов Гулда. Индуцированные онтогенетические гетерохронии. Онтогенетические гетерохронии и эпигенетическая изменчивость как возможный источник эволюционного преобразования фенотипа. Онтогенетические и эволюционные гетерохронии барбусов оз. Тана (Эфиопия). Синтетическая теория эволюции (СТЭ) и эпигенетическая теория эволюции (ЭТЭ). Гетерохрония и аллометрия. Уравнение аллометрии. Типы аллометрии. Многомерная аллометрия. Три уровня аллометрии. Эволюционные изменения аллометрических траекторий. Билатеральная асимметрия: типы, характер наследования и роль в оценке состояния популяций.

Тема 8. Методы анализа онтогенеза и филогенеза

Методы морфометрии. Геометрическая морфометрия. Понятие формы. Анализ формы объектов. Аллометрия в геометрической морфометрии. Онтогенетическое и эволюционное развитие организма в пространстве формы, размера и возраста. Онтогенетические траектории. Масштабирование. Понятие центроида объекта. Размер центроида. Моделирование формы тела. Метод меток (Landmark): алгоритм анализа формы объекта. Метод тонких пластин (Thin plate splines): алгоритм анализа формы объекта. Проблема исключения размерной компоненты при анализе формы объектов. Способы коррекции морфологических параметров по размеру: использование индексов, метод главных компонент, анализ остатков (residuals), поиск новых переменных (Leonart et al. 2000). Альтернативные подходы к описанию формы объектов. Проблема избыточных данных. Примеры использования методов геометрической морфометрии в ихтиологии.

Тема 9. Использование отолитов для анализа жизненных циклов рыб

Расположение и строение отолитов у типичных костистых рыб и в группе Otophysi. Функция отолитов. Строение сагитты костистых рыб. Программа идентификации отолитов AFORO. Примеры использования макро- и микроструктуры отолитов для анализа жизненного цикла рыб. Проблема оценки возраста и темпа роста у тропических рыб. Суточные приросты. Структура микроприростов. Способы определения периодичности формирования микроприростов на отолите. Компьютерный анализ возраста и темпа роста, рассчитанных по микроприростам. Использование данных по микроструктуре отолитов в ихтиологических исследованиях. Анализ формы отолита. Параметры отолита и безразмерные индексы. Метод анализа контура отолита с помощью меток и полуметок. Эллиптический анализ Фурье. От цепного кода к описанию контура отолита с помощью гармоник и дескрипторов Фурье. Поиск необходимого и достаточного числа гармоник. Обработка данных методами главных компонент и канонического дискриминантного анализа.

Дифференциация группировок разного таксономического ранга по форме отоли- тов. Пример оценки формы отоли- тов и слуховой чувствительности у пещерных и наземных популяций *Poecilia texicana*.

Тема 10. Онтогенез рыб и динамика популяций

Понятие пополнения. Вариабельность пополнения. Связь пополнения с чис- ленностью половозрелой части стада и общей продукцией яиц. Факторы, опреде- ляющие силу годового класса. *Внешние факторы, определяющие вариабельность пополнения.* Понятие «критического периода» и гипотеза критического периода. Вторая гипотеза Йорта. Гипотеза совпадений-несовпадений. Гипотеза стабильно- го океана. Гипотеза «окна оптимальных условий». Модель «треугольника мигра- ций». Гипотеза лотереи и процесс оседания молоди. «Триадная» гипотеза Бэкона. Связь между темпом роста рыб в раннем онтогенезе и силой годового класса. Фи- зические и биологические процессы, определяющие вариабельность пополнения: температура, солёность, содержание кислорода, стратификация, турбулентность и микротурбулентность, концентрация кормовых объектов. *Внутренние факто- ры, определяющие вариабельность пополнения.* Понятие конечной плодовитости. Дифференциация пола. Резорбция ооцитов как механизм определения конечной плодовитости. Типы оогенеза и икрометания. Качество яиц: показатели качества. Динамика смертности икры и молоди разных видов в природе. Материнский эф- фект: его проявление в промышленном рыболовстве. Влияние размера и темпа роста молоди на выживаемость. Тип онтогенеза объекта и стратегия устойчи- вого рыболовства. *Культивирование морских рыб:* историческое развитие методов культивирования. Проблемы выращивания личинок: общая схема. Технология «зелёной воды» и роль микроводорослей. Проблема аквакультуры декоративных коралловых рыб. *Факторы, определяющие многолетние колебания пополнения.* Глобальная температурная аномалия. Эффект Эль-Ниньо. Динамика долгопери- одных изменений климатических индексов и численности главных промысловых рыб. *Антропогенные факторы, определяющие вариабельность пополнения.* Вли- яние промысла на популяции рыб. Allee effect. Промысел как фактор эволюции. Эвтрофикация и загрязнение. Влияние патогенных простейших на выживаемость икры и личинок морских рыб. Влияние глобальных изменений климата на экоси- стемы и воспроизводство популяций рыб.

Тема 11. Методы цифровой фотографии и анализа изображения в исследованиях онтогенеза рыб

Понятие пикселя. Кодировка пикселей. Биты и байты. Битовая глубина. Ка- либровка изображения. Композитные и RGB изображения. Сжатие файлов: lossy и lossless. Векторные и растровые изображения. Программа ImageJ. Основные прин- ципы анализа изображения. Выбор цифровой камеры. Сравнение изображений. Ги- стограмма и выбор порогов для выделения объектов на изображении. Автоматиче- ский анализ параметров и формы объектов. Цифровой анализ окраски объектов.

Рекомендуемая литература

Основная

- Макеева А.П. 1992. Эмбриология рыб. М.: МГУ. 215 с.
- Никольский Г.В. 1974. Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов. Второе издание. М.: Пищевая промышленность. 447 с.
- Соин С.Г. 1968. Приспособительные особенности развития рыб. М: МГУ, 90 с.
- Павлов Д.А. 2007. Морфологическая изменчивость в раннем онтогенезе костистых рыб. М.: ГЕОС. 264 с.
- Павлов Д.С., Дгебуадзе Ю.Ю., Шатуновский М.И. 2010. Актуальные проблемы современной ихтиологии (к 100-летию Г.В. Никольского) М: ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН, Товарищество научных изданий КМК. 368 с.
- Кляшторин Л.Б., Любушин А.А. 2005. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности. М.: ВНИРО. 235 с.

Дополнительная

- Северцов А.Н. 1939. Морфологические закономерности эволюции. М., Л.: АН СССР, 610 с.
- Шмальгаузен И.И. 1982. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. Избр. тр. М.: Наука, 383 с.
- Северцов А.С. 1981. Введение в теорию эволюции. М.: МГУ, 319 с.
- Озернюк Н.Д., Исаева В.В. 2016. Эволюция онтогенеза. М: Товарищество научных изданий КМК, 407 с.
- Gould S.U. 1977. Ontogeny and Phylogeny. Cambridge, Mass.: Belknap Press, 675 p.
- Balon E.K. 1990. Epigenesis of an epigeneticist: the development of some alternative concepts on the early ontogeny and evolution of fishes // Guelph Ichthyol. Rev. V. 1. P. 1–42.
- Balon E.K. 2002. Epigenetic processes, when *natura non facit saltum* becomes a myth, and alternative ontogenies a mechanism of evolution // Env. Biol. Fish. V. 65. P. 1–35.
- Fish Reproductive Biology: Implications for Assessment and Management, 2nd Edition. 2016. / Eds. Jakobsen T., Fogarty M., Megrey B.A., Moksness E. Oxford: Wiley-Blackwell. 488 p.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<https://www.fishbase.de/>

<http://aforo.cmima.csic.es/>

Составитель: ведущий научный сотрудник, д.б.н. Павлов Дмитрий Александрович

ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ РЫБ

(курс лекций, по выбору)

Введение

Задачи генетических исследований рыб. Основы генетики отдельных признаков и эволюционных процессов. Задачи селекционной работы с разными группами рыб.

Тема 1. Генетическая изменчивость: терминология и классификация явлений изменчивости

Методы изучения и аппарат описания изменчивости. Предмет изучения генетической изменчивости. Непрерывная и дискретная фенотипическая изменчивость. Полиморфизм. Генетическая детерминация полиморфизма. Полиморфизм в популяциях рыб, механизмы его возникновения и поддержания.

Тема 2. Организация генома рыб

Модели устройства генофондов видов. Классическая, балансовая гипотезы. Степень полиморфизма и уровень гетерозиготности популяций. Относительная приспособленность, генетический груз. Дилемма Холдейна. Оценка скорости элементарных популяционных процессов. Распределение фенотипов в популяциях.

Тема 3. Соотношение Харди-Вайнберга, его применение для генетического анализа природных популяций

Частоты аллелей в популяциях. Распределение частот во времени и в пространстве. Действие закона Харди-Вайнберга при неполном доминировании и при полном на примере рыб. Отличия идеальной популяции от обычной, применение закона в других областях.

Тема 4. Движущие силы эволюции

Мутации, миграции, отбор, дрейф генов. Популяционная структура вида. Комплексность вида. Критерии вида, способы и механизмы видообразования, проблема симпатрического видообразования на примерах цихлид, гибридогенное видообразование на примерах рыб, квантовое видообразование и сетчатая эволюция. Анагенез и кладогенез.

Тема 5. Генетические исследования прудовых рыб в СССР, важнейшие направления, использование методов современной биотехнологии в аквакультурах

Тема 6. Филетическая эволюция и видообразование

Аллопатрическое, симпатрическое, сальтационное видообразование. Мозаицизм, клинальность.

Тема 7. Генетика чешуйного покрова карпа, генетика некоторых видов окраски

Тема 8. Естественный отбор и его виды, генетический груз, его виды, полиморфизм по белкам и сегрегационный груз, субституционный груз

Тема 9. Кариотипы рыб

Хромосомы и их структура. Основные и добавочные хромосомы. Классификация хромосомных перестроек. Эволюция числа хромосом, центрические разделения и слияния, дупликации.

Тема 10. Эволюционная кариология рыб

Закономерности распределения хромосомных чисел у рыб разных таксономических групп (Muxini, Petromyzontidae, Chondrichthyes, Osteichthyes). Эволюция уровня плоидности кариотипов у представителей Acipenseriformes. Иммуобилизация (на примере Salmoniformes). Специализация (на примере Cyprinodontiformes). Закономерности распределения кариотипов по разным географическим зонам в пределах таксономических групп. Уровни хромосомного полиморфизма.

Тема 11. Механизмы определения пола у рыб

Гонохористы, ювенильные и истинные гермафродиты. Протогиническая, протоандрическая, двунаправленная смена пола. Негенетическое определение пола (влияние температуры, pH, социальных и иных факторов). Аутосомное и гоносомное определение пола. Изоморфные и гетероморфные половые хромосомы. Мужская и женская гетерогаметность. Моногенные и полигенные системы, множественные половые хромосомы. Добавочные хромосомы. Возможные пути эволюции гетероморфных половых хромосом.

Тема 12. Генетика пола рыб, гены – половые детерминанты

Молекулярные механизмы действия генов – факторы транскрипции, факторы роста, стероидные гормоны, гены-новички. Механизмы генетического определения пола у разных таксономических групп рыб. Основные движущие силы эволюции генов – определителей пола и половых хромосом, гипотезы. Гормональная инверсия пола.

Тема 13. Полиплоидизации у рыб, предпосылки и механизмы

Авто- и аллотетраплоидизация. Полногеномные дупликации как потенциал к эволюционным преобразованиям. Ре-диплоидизация.

Тема 14. Генетические основы репродуктивных моделей рыб

Половое размножение, партеногенез, гиногенез, гибридогенез. Варианты наследственных изменений и предпосылки возникновения их в онтогенезе рыб. Ди-

плоидные, триплоидные и тетраплоидные популяции рыб, клональное размножение, гибридогенное видообразование.

Тема 15. Генетика количественных признаков

Закономерности наследования и проявления полигенов. Полимерия, плейотропное действие и гены-модификаторы. Изменчивость и наследуемость количественных признаков. Дисперсионный анализ количественной изменчивости, разделение средовой и генетической компонент. Понятие коэффициента наследуемости.

Тема 16. Генетические технологии для изменения генофонда

Искусственный мутагенез, мутагены. Клеточные технологии: криоконсервация, создание химерных организмов. Методы хромосомной инженерии: искусственная тетраплоидия, триплоидия, андрогенез, гиногенез. Генетическая инженерия, создание генетически модифицированных организмов. Способы получения ГМО: микроинъекции, электропорация, опосредованный перенос генов вирусами, сперматозоидами, эмбриональными стволовыми клетками. Области применения генно-модифицированных рыб.

Рекомендуемая литература

Основная

- Айала Ф. 1984. Введение в популяционную и эволюционную генетику. Москва. Мир. 118 с.
- Айала Ф., Кайгер. Дж. 1988. Современная генетика: в 3 тт. М.: Мир.
- Боркин Л.Я., Литвинчук С.Н. 2013. Гибридизация, видообразование и систематика животных. // Труды Зоологического института РАН. Приложение № 2. С. 83–139.
- Васильев В.П. 1985. Эволюционная кариология рыб. М.: Наука. 300 с.
- Головинская К. А. 1946. Плейотропия генов чешуи у карпа // Докл. АН СССР. Т. 54. № 7. С. 637–640.
- Инге-Вечтомов С. Г. 2010. Генетика с основами селекции. Рипол Классик. 591 с.
- Картавцев Ю.Ф. 2009. Молекулярная эволюция и популяционная генетика: учебное пособие для вузов. Изд-во Дальневосточного ун-та. 277 с.
- Катасонов В.Я., Черфас Н.Б. 1986. Селекция и племенное дело в рыбоводстве. М.: Агропромиздат. 182 с.
- Кирпичников В.С. 1987. Генетика и селекция рыб. Л.: Наука. 520 с.
- Ли Ч. 1978. Введение в популяционную генетику. М.: Мир. 556 с.
- Левонтин Р. 1978. Генетические основы эволюции. М.: Мир. 351 с.
- Черфас Б.И. 1969. Генетика, селекция и гибридизация рыб. М.: Наука, 309 с.

- Comber S.C.L., Smith C. 2004. Polyploidy in fishes: patterns and processes. // *Biological journal of the Linnean society*. V. 82 (4). P. 431–442.
- Devlin R. H., Nagahama Y. 2002. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. // *Aquaculture*. V. 208 (3). P. 191–364.
- Godwin J., Roberts R. 2019. Environmental and genetic sex determining mechanisms in fishes // *Transitions Between Sexual Systems: Understanding the Mechanisms of, and Pathways Between, Dioecy, Hermaphroditism and Other Sexual Systems*. Cham : Springer International Publishing, P. 311–344.
- Kobayashi Y., Nagahama Y., Nakamura M. 2012. Diversity and plasticity of sex determination and differentiation in fishes // *Sexual Development*. V. 7. №. 1-3. P. 115–125.
- Kitano, J. 2015. Y fuse sex chromosome fusions in fishes and reptiles. // *PLoS genetics*. V. 11(5), article: e1005237.
- Kitano J., Peichel C.L. 2012. Turnover of sex chromosomes and speciation in fishes // *Environmental biology of fishes*. V. 94. №. 3. P. 549–558.
- Kitano, J., Ansai, S., Takehana, Y., Yamamoto, Y. 2024. Diversity and convergence of sex-determination mechanisms in teleost fish // *Annual Review of Animal Biosciences*. V. 12(1). P. 233–259.
- Kikuchi K., Hamaguchi S. 2013. Novel sex-determining genes in fish and sex chromosome evolution. // *Developmental Dynamics*. V. 242(4). P. 339–353.
- Liu Z., Gao D. 2025. The Cause–Effect model of master sex determination gene acquisition and the evolution of sex chromosomes // *International Journal of Molecular Sciences*. V. 26. №. 7. P. 3282.
- Rajendiran, P., Jaafar, F., Kar, S., Sudhakumari, C., Senthilkumaran, B., & Parhar, I. S. 2021. Sex determination and differentiation in teleost: roles of genetics, environment, and brain. // *Biology*. V. 10 (10). P. 973.
- Sember, A., Nguyen, P., Perez, M. F., Altmanová, M., Ráb, P., & Cioffi, M. D. B. 2021. Multiple sex chromosomes in teleost fishes from a cytogenetic perspective: state of the art and future challenges // *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 376(1833), 20200098.
- Schön, I., Martens, K., van Dijk, P. 2009. Lost sex. // *The evolutionary biology of parthenogenesis*. P. 1–615.
- Vicoso. B. 2019. Molecular and evolutionary dynamics of animal sex-chromosome turnover. // *Nature ecology & evolution*. V. 3(12). P. 1632–1641.
- Wang, Y., Hamid, N., Jia, P. P., Pei, D. S. 2021. A comprehensive review on genetically modified fish: key techniques, applications and future prospects. // *Reviews in Aquaculture*. V. 13(3). P. 1635–1660.

Дополнительная

- Богерук А.К. 2006. Биотехнологии в аквакультуре: теория и практика. ФГНУ Росинформагротех. 232 с.
- Кирпичников В.С. 1977. Селективный характер биохимического полиморфизма у камчатской нерки *Oncorhynchus nerka* (Walb). // В кн.: Основы классификации и филогении лососевидных рыб. Л. С. 53–60.
- Кирпичников В.С. 1958. Холодоустойчивость и зимоустойчивость молоди карпа, сазана и их гибридов. // В кн.: Труды совещания по физиологии рыб. М.: Изд-во АН СССР, С. 261–270.
- Кирпичников В.С., Михайлов Ф.Н., Головинская К.А. 1936. О промышленной гибридизации карпа с сазаном // Рыб. хоз-во. № 5. С. 47–56.
- Слынько, Ю.В., Слынько Е.Е. 2017. Особенности системы размножения отдалённых гибридов карповых рыб //Труды Института биологии внутренних вод РАН, (80 (83)), С. 38–59.
- Lampert K.P., Schartl M. 2008. The origin and evolution of a unisexual hybrid: *Poecilia formosa*. // Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences, V. 363(1505). P. 2901–2909
- Yoshida, K., Terai, Y., Mizoiri, S., Aibara, M., Nishihara, H., Watanabe, M., & Okada, N. 2011. B chromosomes have a functional effect on female sex determination in Lake Victoria cichlid fishes. // PLoS genetics. V. 7(8), article 1002203.
- Shakweer, W. M. E., Krivoruchko, A. Y., Dessouki, S. M., & Khattab, A. A. 2023. A review of transgenic animal techniques and their applications. // Journal of Genetic Engineering and Biotechnology. V. 21(1). P. 55.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

<https://www.fishbase.de/>

Составители: доцент, к.б.н. Семенова Анна Викторовна, старший научный сотрудник, к.б.н. Мельникова Марина Николаевна

ИСТОРИЯ ИХТИОЛОГИИ

(курс лекций, по выбору)

Тема 1. Первые сведения о рыбах как о предмете изучения, обоснованность интереса к рыбам в истории человечества

Охота и собирательство древних людей как основной процесс познания мира. Рыбы – один из основных источников пищевых ресурсов. Способы добычи рыб как основа для изучения поведения разных видов, экологии и строения тела. Первые фрески и рисунки как свидетельства изучения рыб.

Тема 2. Фрески египетских пирамид, Аристотель, Плиний, другие древние учёные о рыбах

Рыбы как объект философии, символы религии. Значение рыб в эпоху раннего христианства. Исследователи, внёсшие исторический вклад в становление ихтиологии как науки

Тема 3. Основные этапы в изучении рыб пресных и морских водоёмов

Развитие ихтиологии в России. Время великих научных экспедиций: 1 и 2 Академические экспедиции В. Беринга (1725–1730 и 1732–1743 гг.), Большая Академическая экспедиция (1768–1774 гг.), экспедиции К. Бэра и Н. Данилевского (1851–1870 гг.), Каспийская экспедиция (1874–1876 гг.), Мурманская научно-промысловая экспедиция (1898–1908 гг.). Развитие ихтиологических исследований в СССР. Основные научно-промысловые экспедиции на Баренцевом, Каспийском, Азовском, Чёрном морях и на Дальнем Востоке. Организация Плавморнина. Изучение ихтиофауны крупнейших пресноводных водоёмов страны. Развитие исследований ихтиофауны Мирового океана.

Тема 4. Подходы в классификации. Формирование представлений о систематике и эволюции рыб

История развития систематики. Пётр Артеди и Карл Линней, основатели современной систематики рыб. Развитие систематики рыб с конца XIX в. до наших дней. Зоогеографические подходы в истории изучения. Современные представления о системе и эволюции рыбообразных и рыб. Формирование представлений об ареале вида. Эволюция понимания вида как основной систематической и биологической единицы, примеры на рыбах. Основные задачи систематики и географии рыб, их значение для практики рыбного хозяйства.

Тема 5. История мирового промысла рыб

Связь темпов развития ихтиологии с социально-экономическими мировыми кризисами человечества. Что включает в себя понятие промысла. Развитие технологий добычи вместе с развитием человечества. Возрастание темпов добычи в 19-20 вв. Сопровождение потребностей в добычи промысловыми науками. Темпы развития ихтиологии в зависимости от темпов развития промысла рыб.

Тема 6. Современное состояние ихтиологии как следствие исторических векторов её развития

Отечественные и зарубежные ихтиологи: краткая биография, важнейшие труды.

Структура, организация и основные направления научно-исследовательских работ институтов и учреждений системы Минрыбхоза СССР, АН СССР и Минвуза СССР. Организация ихтиологических исследований в институтах и научных организациях современной России.

Рекомендуемая литература

Основная

- Суворов В.К. 1948. Основы ихтиологии (раздел «Морфология»). Изд. «Сов. Наука». 579 с.
- Борисов П.Г. 1960. Из истории научно-промысловых ихтиологических исследований на морских и пресных водоёмах СССР. Изд-во «Высшая школа». М. 197 с.
- Берг Л.С. 1948-1949. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Т. 1–3. М.-Л., Из-во АН СССР.
- Никольский Г.В. 1974. Экология рыб. Изд-во «Высшая школа». М. 357 с.
- Никольский Г.В. 1980. Структура вида и закономерности изменчивости рыб. Изд-во «Пищевая промышленность». М. 183 с.
- Моисеев П. А., Азизова Н. А., Куракова И. И. 1981. «Ихтиология». Изд-во «Лёгкая и пищевая промышленность». М. 384 с.
- Павловский Е.Н. Очерки по общим вопросам ихтиологии. 1953. Изд-во АН СССР, М.-Л. 320 с.
- Спановская В.Д. 1975. Система рыб до подотрядов и их главнейшие представители. Изд-во МГУ. 66 с.
- Шмидт П.Ю. 1936. Миграции рыб. Изд-во «Биомедгиз». М.-Л. 327 с.

Дополнительная

- Биологические ресурсы гидросферы и их использование. Серия сборников. 1985. М. Изд-во «Наука». 262 с.
- Студенецкий С.А. 1979. Биологические ресурсы внутренних водоёмов СССР. М.: Наука 189 с.
- Студенецкий С.А. 1979. Биологические ресурсы Мирового океана. М.: Наука. 248 с.
- Парин Н.В. 1980. Использование биологических ресурсов Мирового океана. М.: Наука. 214 с.
- Студенецкий С.А. 1981 История исследований биологических ресурсов гидросферы и их использование. М.: Наука. 192 с.
- Борисов П.Г., Никольский Г.В. 1961. Основные этапы развития отечественных биологических рыбохозяйственных исследований за последние 100 лет. // Зоол. журнал. Т. 40, вып. 8. С. 1227–1240.
- Буторин Н.В. 1981. Основные проблемы современной ихтиологии». Изд-во «Наука». М. 286 с.
- Марти Ю.Ю. 1980. Миграции морских рыб. Изд-во «Пищевая промышленность». М. 248 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<http://fishbase.org>
<https://www.sciencedirect.com>
<http://www.springerlink.com/journals>
<https://onlinelibrary.wiley.com>
<https://www.annualreviews.org>

Составитель: доцент, к.б.н. Павлов Сергей Дмитриевич

ЭКОСИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

(курс лекций, по выбору)

Тема 1. Моделирование как метод познания

Моделирование как метод опосредованного познания. Виды моделей – материальные (физические) и идеальные (знаковые). Искусственный водоём как пример материальной модели. Знаковые модели – их подразделение на концептуальные и математические.

Тема 2. Системный подход в исследовании биологических объектов

Универсальность системного подхода в решении задач различного класса. Описание функционирования и прогнозирование поведения экосистем. Системный подход в экологии.

Тема 3. Основные понятия и приёмы экосистемного моделирования

Основные понятия и термины. Окружающая среда: факторы и ресурсы. Абиотические и биотические факторы. Иерархия экологических объектов: организмы, популяции, сообщества, экосистемы; их свойства и характеристики. Взаимоотношения между объектами различных уровней организации. Примеры отношений: включение, симбиоз, паразитизм, хищничество.

Тема 4. Экосистемный анализ

Экосистемный анализ как способ изучения структурных и функциональных особенностей экосистем. Цели и задачи экосистемного анализа. Области применения.

Тема 5. Исходные предпосылки для создания модели

Описание объекта, мониторинг, эмпирические данные, статистические данные. Постановка экологической задачи. Решение простых экологических задач: хищник – жертва, мальтузианский рост, конкурентное вытеснение Гаузе.

Тема 6. Этапы создания модели

Качественный анализ. Полнота исходных данных, их достаточность и необходимость. Выбор модели. Знаковые модели как основной исследовательский инструмент анализа экосистем. Внутренние и внешние связи систем. Элементы модели. Описание свойств моделируемого объекта в виде субъединиц.

Тема 7. Формализация и реализация модели

Формализация структуры и связей системы в модели с помощью знаков и отношений. Реализация модели. Анализ получаемой информации. Верификация модели. Прогнозные свойства модели.

Тема 8. Имитационные и аналитические модели

Аналитические и численные (имитационные) модели. Примеры имитационных моделей. Модели популяционного роста. Модель Баранова. Модель Риккера.

Тема 9. Машинные методы реализации модели

Современные способы реализации моделей. Машинные методы вычислений. Программная реализация модели. Алгоритмы расчётов. Области применения компьютерных моделей. Соответствие компьютерных моделей реальным природным объектам. Проблемы верификации модели. Ограничения компьютерных алгоритмов вычислений. Примеры работы компьютерных моделей различного типа. Программа ЭКОПАС/ЭКОСИМ.

Рекомендуемая литература

- Бигон М., Харпер Дж., Таусенд К. 1989. Экология. Особи, популяции и сообщества: В 2-х т. Перев. с англ. – М. Мир, Т. 1 – 667 с. Т. 2 – 447 с илл.
- Дулепов В.И., Лескова О. А. 2006. Экосистемный анализ. Владивосток. Изд. ВГУЭС. 248 с.
- Одум Ю. 1986. Экология. М.: Мир, Т. 1. 328 с. Т. 2. 376 с.
- Роговая О.Г. 2007. Экологическое моделирование: практика. С.-П., 104 с.
- Ризниченко Г.Ю. 2002. Лекции по математическим моделям в биологии. Ч. 1-2. Ижевск, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». Ч. 1. 232 с.

Интернет-ресурсы

<https://www.anylogic.ru/use-of-simulation/agent-based-modeling/>
<https://ecopath.org/>

Составитель: научный сотрудник Бурменский Владимир Анатольевич

АКВАКУЛЬТУРА РЫБ

(курс лекций, по выбору)

Введение

Предмет и задачи курса «Аквакультура рыб». Место аквакультуры в структуре рыбохозяйственной отрасли.

Тема 1. Характеристика мирового рыбного хозяйства

Развитие пресноводного и морского рыболовства: роль технического прогресса, как фактора становления экономического и военного могущества Европейских государств в 17–19 вв. Рыболовство и аквакультура как фактор становления и развития международного рыболовного права. Сырьевая и правовая составляющие кризисных явлений в мировом рыбном хозяйстве: причины и этапы развития кризиса.

Факторы развития стагнационных процессов в современном рыболовстве: рост численности населения Земли; рост среднего уровня потребления рыбной продукции; особенности распределения рыбных ресурсов в Мировом океане и специфика их использования различными государствами в условиях ИЭЗ; флуктуация численности важных промысловых объектов и др.

Тема 2. Тенденции и особенности современного состояния рыбохозяйственной отрасли в мире

Обеспечение «продовольственной безопасности», создание экспортного потенциала. Предпосылки и необходимость перехода от рыбного хозяйства «берущего» к аквакультуре в современных условиях.

Тема 3. Характеристика рыбохозяйственной отрасли зарубежных стран

Рыболовство и аквакультура в Японии, особенности формирования отрицательного торгового баланса в рыбохозяйственном секторе индустриально развитых стран.

Рыболовство и аквакультура в Норвегии. Государственное регулирование рыболовства и государственные инвестиции в аквакультуру – как результат, ведущая роль рыбохозяйственной отрасли в формировании экспортного потенциала (до 90% продукции рыбохозяйственной отрасли экспортируется). Товарное лососеводство в Норвегии – этапы развития, достижения и урон, наносимый загрязнением окружающей среды и распространением заболеваний. Становление аквакультуры трески в Норвегии в современных условиях: особенности биотехнологии и перспективы развития. Определяющее значение научных исследований при организации рыболовства и выработке биотехнологий культивирования рыб.

Рыболовство и аквакультура в Китае. Результаты реализации государственной программы развития рыбохозяйственного сектора экономики с 70-х годов и по на-

стоящее время. Реализация особенностей плановой экономики и государственного регулирования и выход на первые позиции как в добыче, так и в культивировании гидробионтов. Преимущества и отрицательные последствия ведения хозяйства преимущественно экстенсивными методами. Самые высокие в мире темпы развития рыбохозяйственной отрасли Китая как следствие комплексного подхода: разработка и чёткая реализация программ, инвестиции, развитие научно-исследовательского и образовательного направлений в рыбохозяйственной сфере, регулирование промысла, участие в международных рыбохозяйственных организациях и т. д.

Тема 4. Рыболовство и аквакультура в СССР и России

Региональный характер рыболовной деятельности в дореволюционный период, появление первых рыбоводных заводов в дореволюционный период. Становление рыболовного флота и разведка сырьевых ресурсов в довоенный период. Рыболовство во время ВОВ. Развитие рыбохозяйственного сектора СССР в период 50–80-х годов, выполнение задач по организации экспедиционного океанического рыболовства. Выход на передовые позиции в мире в области рыболовства как следствие реализации программ по исследованию рыбных ресурсов Мирового океана, работ по разведке скоплений рыб, развитию и совершенствованию судостроения, средств лова, сохранения, переработки рыбы. Негативные последствия переоценки биопотенциала Мирового океана и переориентирования рыбохозяйственной отрасли в пользу рыболовства. Источники и этапы кризиса рыбного хозяйства России в перестроечный и послереформенный периоды – резкое снижение показателей во всех направлениях рыбохозяйственной деятельности. Эффективное развитие аквакультуры – одно из перспективных направлений выхода из стагнационного периода экономики России.

Тема 5. Достижения аквакультуры в мире

Пресноводная и морская аквакультура, другие направления развития рыбоводства (воспроизводство, пастбищная аквакультура, товарное выращивание, индустриальное рыбоводство и т. д.). Экспорт технологий – превращение Чили в один из центров лососеводства. Способы и методы получения зрелых половых продуктов у различных рыб. Методы инкубации икры, выдерживания личинки, выращивания молоди в связи с биологическими, морфологическими особенностями объектов культивирования.

Тема 6. Технологии культивирования осетровых

Предпосылки и особенности развития осетроводства в СССР и России. Основные этапы рыбоводного процесса, нормативы, критические периоды. Осетровые рыбоводные заводы, способы ведения хозяйства, технологическое оборудование ОРЗ.

Тема 7. Технологии культивирования атлантического лосося

Предпосылки и особенности развития лососеводства, в т. ч. в СССР и России. Основные этапы рыбоводного процесса, нормативы, критические периоды. Особенности устройства ЛРЗ для атлантического лосося, типы оборудования. Особенности управления развитием и ростом атлантического лосося в раннем онтогенезе.

Тема 8. Технологии культивирования дальневосточных лососей (кета и горбуша)

Генезис ЛРЗ дальневосточного типа. Современное оборудование и технологии. Особенности и преимущества рыбоводных предприятий модульного типа.

Тема 9. Прудовое рыбоводство

Типы карповых хозяйств. Основные этапы рыбоводного процесса при прудовом разведении карпа. Классификация зон рыбоводства, понятие естественной рыбопродуктивности. Типы прудов в пресноводных рыбоводных хозяйствах. Рыбоводные расчёты в прудовых хозяйствах. Гидротехнические сооружения прудовых хозяйств. Гидротехнический узел. Плотины, дамбы: особенности устройства. Рыбосборно-осушительная сеть, рыбоуловители прудового хозяйства. Дюкер и акведук, магистральный канал и др.: назначение и особенности устройства. Интенсификационные мероприятия в прудовом рыбоводстве: удобрение прудов, летование, кормление рыб, поликультура и др.

Рекомендуемая литература

- Зиланов В.К. 1996. Новые подходы международного сотрудничества по устойчивому использованию морских биоресурсов на пороге XXI века. Рыбное хозяйство, № 3, С. 8–14.
- Зиланов В.К. 1996. Новые подходы международного сотрудничества по устойчивому использованию морских биоресурсов на пороге XXI века. Рыбное хозяйство, № 4, С. 10–13.
- Иванов А.П. 1988. Рыбоводство в естественных водоёмах М.: Агропромиздат, 367 с.
- Инструкция по разведению атлантического лосося. 1979. Составит.: Н.И. Яндовская и др. Л.: ГосНИОРХ, 96 с.
- Казаков Р.В. 1982. Биологические основы разведения атлантического лосося. М.: Легк. и пищ. пром. 144 с.
- Кожин Н.И., Гербильский Н.Л., Казанский Б.Н. 1963. Биотехника разведения осетровых и принципиальная схема осетрового рыбоводного завода. // В кн.: Осетровое хозяйство в водоёмах СССР. М.: АН СССР, С. 29–34.

- Козлов В.И., Никифоров-Никишин А.Л., Бородин А.Л. 2004. Аквакультура. М.: МГУТУ. 433 с.
- Коул К., Сарджмент Дж., Хиатт К. и др. 1983. Биоэнергетика и рост рыб: Пер. с англ. М.: Лег. и пищ. пром-сть. 407 с.
- Мартышев Ф.Г 1973. Прудовое рыбоводство. М.: Высшая школа, с. 428.
- Моисеев П.А. 1996. Сырьевая база рыбной промышленности. 108 с.
- Моисеев П.А. 1996. Основные направления развития рыбного хозяйства Китая // Рыбное хозяйство, 1996, № 1, с. 46–47.
- Стеффенс В. 1985. Индустриальные методы выращивания рыбы. М.: Агропромиздат. 253 с.
- Соин С.Г. 1968. Приспособительные особенности развития рыб. М.: МГУ, 89 с.
- Черфас Б.И. 1950. Рыбоводство в естественных водоёмах. М.: Пищепромиздат. 527 с.
- Корельский В.Ф. 1996. Мировое и российское рыболовство: вклад в обеспечение продовольственной безопасности. // В Сборнике документов Международной конференции по устойчивому вкладу рыболовства в продовольственную безопасность (г. Киото, Япония, 4–9 декабря 1995 г.). Под ред. В.Ф.Корельского. М.: Изд-во ВНИРО, С. 28–42.
- Колосов Ю.М., Кузнецов В.И. 1995. Международное право. М.: Междунар.отнош., 608 с.
- Мильштейн В.В. 1982. Осетроводство. М.: Лёгкая и пищевая пром-ть, 152 с.
- Моисеев П.А., Карпевич А.Ф., Романычева О.Д., Блинова Е.И., Сальников Н.Е. 1985. Морская аквакультура. М.: Агропромиздат. 384 с.
- Осетровое хозяйство в водоёмах СССР (Материалы всесоюз. совещания. 28–30 марта 1961 г). 1963. М.: Изд-во АН СССР. 207 с.
- Павлов Д.С., Савваитова К.А., Соколов Л.И., Алексеев С.С. 1994. Редкие и исчезающие виды. Рыбы. М.: Высш.школа, 334 с.
- Сырьевые ресурсы и уловы рыбы во внутренних водоёмах России. 1995. Рыбоводство и рыболовство, 1995. № 1. С. 2–4.
- Трямкин Ф.К. 1995. Некоторые вопросы рационального ведения товарного рыболовства. Рыбоводство и рыболовство, № 1, С. 5–7.
- Халленстведт А. 1996. Россия и Норвегия: рынки рыбных продуктов. Рыбное хозяйство, № 1, С. 15–18.
- Joerstad K.E., Naevdal G. 1996. Breeding and genetics. In: Principles of salmonid culture. Amsterdam: Elsevier, P. 655–25.
- Principles of salmonid culture. 1996. Eds. W.Pennell, B.A.Barton. Amsterdam: Elsevier. 1048 p.

Интернет-ресурсы

Российские и зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<http://dspace.vniro.ru/>

<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>

<http://www.fishbase.us/>

<http://www.fao.org/home/ru/>

Составитель: зав. лабораторией, д.б.н. Строганов Андрей Николаевич

ПРАКТИЧЕСКАЯ БИОСТАТИСТИКА (курс лекций, по выбору)

Тема 1. Введение в практическую статистику

«Существуют три вида обмана: ложь, наглая ложь и статистика» (Дизраэли). Теоретическая и прикладная статистика – обзор. Дескриптивная статистика. Типы распределений. Плотность распределения и функция распределения. Центральная предельная теорема и функция нормального распределения (распределения Гаусса). Построение графиков и диаграмм. Биномиальное распределение, распределение Пуассона и распределение Гаусса – физические основы и характеристика.

Программный пакет *Statistica*; знакомство с интерфейсом, импорт данных из программы *Excel* в программу *Statistica*, работа с распределениями. Дескриптивная статистика в программе *Statistica* и *Excel*.

Тема 2. Характеристика выборочных данных, множественные сравнения

Репрезентативность выборочных данных. Проблемы, связанные с объединением выборок. Статистика многомерных наблюдений – различные виды статистического анализа. Чувствительность и специфичность. Множественные сравнения; поправка Бонферрони – как избежать фальшивых открытий. Аппроксимация опытных распределений функцией конкретного вида.

Различные типы статистических критериев в программе *Statistica* – навигация и обзор. Графическая интерпретация. Дублирование статистик в программе *Excel*. Сводные таблицы в программе *Excel*.

Тема 3. Статистические параметры и виды статистических критериев

Уровень значимости и мощность статистического критерия; ошибка I и II рода. Понятия случайной величины, вариационного ряда и варианты. Доверительный интервал и уровень значимости (p -value) – условные вероятности и Байесовский подход. Параметрические и непараметрические статистические критерии – два класса статистик. Ключевые различия в применении параметрических и непараметрических критериев; многообразие и классификация. Статистические шкалы. Вероятностный калькулятор.

Закрепление материала в программе *Statistica* и на конкретных примерах. Графическая интерпретация. Дублирование статистик в программе *Excel*.

Тема 4. Параметрические критерии различия

Параметрические критерии различия и связанные с ними понятия дисперсии и среднего значения. Условия применения параметрических критериев. Основные параметрические статистики – t -критерий Стьюдента, критерий Фишера и критерий отношения правдоподобий. Проверка распределения на нормальность – для чего это нужно; несколько способов проверки на нормальность в программе *Statistica*.

Использование параметрических критериев в программе *Statistica* на конкретных примерах; дублирование параметрических критериев в программе *Excel*. Графическая интерпретация. Работа с базами данных; импорт данных. Литература и сетевые ресурсы.

Тема 5. Дисперсионный анализ

Дисперсионный анализ – ключевые принципы. Однофакторный и многофакторный дисперсионный анализ (одна или несколько *независимых* переменных); одномерный и многомерный дисперсионный анализ (одна или несколько *зависимых* переменных); дисперсионный анализ с повторными измерениями (для зависимых выборок) – краткий обзор статистик. ANOVA – однофакторный и многофакторный анализ. MANOVA – многомерный дисперсионный анализ. Тесты Левина и Кохрена-Барлетта для проверки однородности дисперсий. AMOVA: Analysis of Molecular variance; софт *Arlequin* – обзор. Применение дисперсионного анализа в программе *Statistica* с использованием конкретных примеров. Графическая интерпретация. Дисперсионный анализ в программе *Excel*. Литература и сетевые ресурсы.

Тема 6. Непараметрические критерии различия

Непараметрические критерии различия – тесты, свободные от распределения. Многообразие и классификация непараметрических тестов. Выбор непараметрического критерия в зависимости от характера выборочных данных (зависимые или независимые выборки, две или несколько сравниваемых групп; количественные, порядковые и номинальные шкалы). Односторонние и двусторонние критерии. Критерий различия Хи-квадрат – универсальность теста и широта его применения; условия применения. Таблицы сопряженности.

Применение непараметрических критериев в программе *Statistica* с использованием конкретных примеров. Непараметрические тесты в программе *Excel*. Литература и сетевые ресурсы.

Тема 7. Непараметрические критерии различия

Наиболее часто используемые непараметрические тесты: критерии Краскела-Уоллиса, Манна-Уитни, Колмогорова-Смирнова, Уорда-Уолфорда, Уилкоксона, q-тест Кохрена, тест Фридмана (ANOVA), критерий знаков, критерий серий, медианный критерий – алгоритм выбора статистического критерия для анализа данных.

Применение непараметрических критериев в программе *Statistica* с использованием конкретных примеров. Графическая интерпретация. Непараметрические тесты в программе *Excel*. Литература и сетевые ресурсы.

Тема 8. Корреляционный анализ

Корреляция. Корреляционный анализ – условия применения и чувствительность. Параметрические (Пирсона) и непараметрические (Спирмена) корреляции. Корреляция и причинно-следственные связи. Корреляционная матрица. Частные корреляции – скрытые переменные. Корреляция для бинарных признаков. Прогнозирование.

Построение корреляционных моделей в программе *Statistica* с использованием конкретных примеров. Графическая интерпретация. Корреляция в программе *Excel*. Литература и сетевые ресурсы.

Тема 9. Регрессионный анализ

Регрессия. Регрессионный анализ. Сопряжённость качественных признаков. ANCOVA. Отношение шансов (OR). Построение парной регрессионной модели. Диаграмма рассеяния и анализ выбросов. Логистическая регрессия. Регрессия Кокса. Пробит-регрессия. Ложноположительная регрессия – парадокс Фридмана; коррекция на множественное сравнение. Прогнозирование.

Построение регрессионных моделей в программе *Statistica* с использованием конкретных примеров. Графическая интерпретация. Регрессия в программе *Excel*. Литература и сетевые ресурсы.

Тема 10. Анализ выживаемости, нейронные сети и «data mining»

Анализ выживаемости (*survival analyses*): таблицы жизни, оценки Каплана-Майера, сравнение выживаемости в группах, регрессионные модели в анализе выживаемости; функции риска. Автоматизированные нейронные сети: основные парадигмы нейронных сетей, математические модели, кросс-проверка, модель Розентблатта. Data mining: исследование, построение модели, развёртка; средства анализа и параметры прогноза. Анализ выживаемости, нейронные сети и «data mining» в программе *Statistica* с использованием конкретных примеров. Графическая интерпретация. Дублирование статистик в программе *Excel*. Литература и сетевые ресурсы.

Тема 11. Метод главных компонент и факторный анализ. Кластерный анализ. Лог-линейный анализ

Метод главных компонент: общие понятия, процедуры, методика использования, характер анализируемых данных. Факторный анализ: общие понятия, процедуры, методика использования, характер анализируемых данных. Кластерный анализ: общие понятия, процедуры, методика использования, характер анализируемых данных. Лог-линейный анализ: общие понятия, процедуры, методика использования, характер анализируемых данных.

Применение статистических критериев в программе *Statistica* с использованием конкретных примеров. Графическая интерпретация. Дублирование статистик в программе *Excel*. Литература и сетевые ресурсы.

Тема 12. Заключительная лекция

Обобщение пройденного материала и подведение итогов. Смысл статистического анализа. Применение конкретных типов статистического анализа в конкретных областях биологии. Статистика в генетических исследованиях. Анализ наиболее распространённых ошибок статистического анализа. Представление статистических данных в различных статьях. Детализированный алгоритм выбора статистического критерия.

Рекомендуемая литература

- Глазунов А. В. 2022. Прикладная статистика в медицине и биологии: учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 432 с. ISBN 978-5-9704-7014-2.
- Лакин Г. Ф. 2021. Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов. – 5-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 352 с. ISBN 978-5-4468-3502-7.
- Медик В. А., Юрьев В. К. 2023. Прикладная биостатистика: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 416 с. ISBN 978-5-534-05691-4.
- Сергеев А. Г., Кремер Н. Ш. 2020. Статистика в медицине и биологии: учеб. пособие. – 4-е изд. – СПб.: СпецЛит, 384 с. ISBN 978-5-299-01169-8.
- Плюснин Ю. М. 2019. Статистические методы в биологических исследованиях: практ. рук. – 2-е изд. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 288 с. ISBN 978-5-91134-926-8.
- Борисов В. В., Голубев А. А. 2021. SPSS и Statistica в биологии и медицине: практикум. – М.: Лань, 324 с. ISBN 978-5-8116-5914-3.
- Кобякова А. И., Рябушкина Н. В. 2022. Основы биостатистики: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 320 с. ISBN 978-5-222-38914-7.
- Зайцев В. М., Лифляндский В. Г. 2020. Статистика в клинических исследованиях. – 3-е изд. – М.: МИА, 400 с. ISBN 978-5-9986-0387-9.
- Zar J. H. 2010. Biostatistical Analysis. – 5th ed. – Upper Saddle River: Pearson, 944 p. ISBN 978-0-13-100846-5.
- Altman D. G. 2021. Practical Statistics for Medical Research. – Boca Raton: CRC Press, 624 p. ISBN 978-1-00-314346-5.
- Rosner B. 2021. Fundamentals of Biostatistics. – 9th ed. – Boston: Cengage Learning, 888 p. ISBN 978-0-357-67178-9.
- Pagano M., Gauvreau K. 2022. Principles of Biostatistics. – 3rd ed. – Boca Raton: CRC Press, 594 p. ISBN 978-0-367-85817-5.
- Motulsky H. 2018. Intuitive Biostatistics: A Nonmathematical Guide to Statistical Thinking. – 4th ed. – New York: Oxford University Press, 608 p. ISBN 978-0-19-064356-0.
- Dawson B., Trapp R. G. 2019. Basic & Clinical Biostatistics. – 5th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 448 p. ISBN 978-1-26-014271-8.

Составитель: научный сотрудник. к.б.н. Лобырев Федор Сергеевич

ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ИХТИОФАУНА

(курс лекций, по выбору)

Введение

Представление о содержании курса. Основное назначение, цели и задачи.

Тема 1. Геохронология Кайнозоя. Четвертичный период

Временная шкала, периодизация исторических эпох и датировка периодов с особым акцентом на Кайнозойскую эру. Терминология. Понятие четвертичного периода и его положение в хронологической таблице. Соотношение биологической эволюции и антропогенеза.

Тема 2. Климат последнего ледникового периода и голоцена. Климат последних 5 тысячелетий

Методы палеоклиматологии и общая характеристика климата на территории России и сопредельных стран в четвертичный период. Представления о чередовании тёплых и холодных эпох, «малые» ледниковые периоды в каменном веке и в историческую эпоху.

Тема 3. Антропоген: экскурс в происхождение человека разумного

Краткий обзор важнейших событий антропогенеза в постгляциальную эпоху. Расселение народов. Периодизация истории человечества. Доисторическая и историческая эпоха. Источники питания доисторического человека и отношения человека с дикими животными.

Тема 4. Методология, материал и методы исследования четвертичной ихтиофауны

Датировка материала. Методы определения видов по костным остаткам рыб. Вычисление размеров рыб по костным остаткам. Вычисление темпа роста рыб. Роль рукописных источников и материальных источников культурного наследия для познания структуры древнего промысла и потребления рыб.

Тема 5. Четвертичная пресноводная и морская ихтиофауна водоёмов бассейна Балтийского и Белого морей

Геологическая история и особенности ледниковых периодов на Европейской равнине. Климат в послеледниковое время. Рыбы бассейна Ладожского озера и его основных притоков. Рыбы из водоёмов бассейна Финского залива. Общие тенденции в изменении и особенности динамики ихтиофауны бассейнов Белого моря и Северного Ледовитого океана с 9-10 тысячелетия до н. э. до настоящих дней.

Тема 6. Четвертичная пресноводная ихтиофауна бассейнов Чёрного и Азовского морей

Рыбы из приграничных горизонтов третичного и четвертичного периодов в бассейне Нижнего Дона. Рыбы четвертичного периода из бассейна рек Азовского моря («Лихвинские» и «Хазарские» отложения). Пресноводные и морские рыбы четвертичного периода на территории Крыма. Рыбы из городов и поселений Боспорского царства. Рыбы из поселений Нижнего Днестра. Рыбы четвертичного периода в бассейнах Днепра и Северского Донца. Общие тенденции в изменении и особенности динамика ихтиофауны бассейнов Чёрного и Азовского морей с 9-10 тысячелетия до н. э. до настоящих дней.

Тема 7. Четвертичная ихтиофауна водоёмов бассейна Каспийского моря

Рыбы из бассейна Верхней и Средней Волги. Рыбы бассейна реки Урал. Рыбы нижневолжского бассейна. Общие тенденции в изменении и особенности динамики ихтиофауны бассейна Каспийского моря с 9-10 тысячелетия до н. э. до настоящих дней.

Тема 8. Четвертичная ихтиофауна на восточном побережье Каспийского и в бассейне Аральского морей

Рыбы из неолитической стоянки Кайло. Древняя промысловая фауна рыб бассейна Аму-Дарьи. Общие тенденции в изменении и особенности динамики ихтиофауны бассейна Каспийского моря с IV-III тысячелетия до н. э. и до настоящих дней.

Тема 9. Четвертичная ихтиофауна Западной Сибири

Рыбы из бассейнов Оби и Иртыша. Неолитическая стоянка Ляпустин мыс Алтайского края верхней Оби и иртышских городищ. Общие тенденции в изменении и особенности динамики ихтиофауны поселений в позднюю бронзу (I тысячелетие до н. э.) и в эпоху железа в крупнейших речных водоёмах Западной Сибири и до настоящих дней.

Тема 10. Четвертичная ихтиофауна Восточной Сибири: Прибайкалье, бассейн озера Байкал

Мезолитические слои стоянок Усть-Белая, Верхолёнской горы, древнего поселения Улан-Хада бассейна озера Байкал. Неолитическая стоянка Нижняя Берёзовка (река Селенга) второй половины II тысячелетия до н. э. и Нижне-Иволгинское городище (р. Нижняя Иволга, бассейн р. Селенга) конца I тысячелетия до н. э.

Тема 11. Четвертичная ихтиофауна Восточной Сибири: бассейн реки Лены

Неолитическая стоянка Куллаты среднего течения реки Лены (IV–II тысячелетия до н. э.). Значение рыболовства в жизни неолитического человека.

Тема 12. Четвертичная ихтиофауна Забайкалья и Дальнего Востока

Древняя промысловая фауна рыб в бассейне Амура. Неолитические стоянки и поселения эпохи раннего железа у Хабаровска. Неолитические стоянки у с. Новопокровки на Амуре и у с. Шилкинский Завод на реке Шилка. Фауна рыб из древних поселений человека в Приморье (конец II – начало I тысячелетия до н. э.) у мыса Басаргина и Сидими (залив Петра Великого).

Тема 13. Роль рыб в развитии человеческой цивилизации

«Пищевой кризис» раннего палеолита: человек и мегафауна. Предпосылки и причины перехода к потреблению рыбной пищи. Развитие навыков по ловле рыб и важнейшие объекты промысла в эпоху палеолита. «Рыболовная технологическая революция» в мезо- и неолите доисторической эпохи. Развитие рыболовства и рыбопереработки в Античную эпоху. Рыбы как важнейшая отрасль промышленности и способ существования стран и регионов. Рыбы как объект культурного и религиозного наследия стран и народов. Ихтиологические мотивы во взглядах ранних христиан. Развитие рыбного промысла в Новое Время. Рыбы и современность: трансформация природных экосистем и подходы к управлению биоресурсами. Рыбы и современность.

Трансформация природных экосистем и подходы к управлению биоресурсами. «Рыбные» войны 20 века. «Лососёвая» война между США и Канадой – история рыбных промыслов реки Фрэйзер. «Тресковая» война между Великобританией и Исландией за ресурсы Северо-Восточной Атлантики. 200-мильная экономическая зона и международное регулирование вылова как основа современного подхода к управлению водными биоресурсами. Аквакультура и лицензионное спортивное рыболовство как альтернатива промыслу.

Рекомендуемая литература

- Алексеев В.П. 1984. Становление человечества. М.: Политиздат, 462 с.
- Борисенков Е.П. 1982. Климат и деятельность человека. М.: Наука, 135 с.
- Борисовский П.И. 1979. Древнейшее прошлое человечества. Л.: Наука, 230 с.
- Громов В.И. 1948. Палеонтологическое и археологическое обоснование стратиграфии континентальных отложений четвертичного периода на территории СССР (Млекопитающие, палеолит) // Тр. Ин-та геолог. наук. Вып. 64. Геол. сер., № 17, С. 515.
- Лебедев В.Д. 1960. Пресноводная четвертичная ихтиофауна Европейской части СССР. Издательство Московского университета, 404 с.
- Линдберг Г.У. 1946. Геоморфология дна окраинных морей Восточной Азии и распространение пресноводных рыб // Изв. Всес. Геогр. общ-ва. № 3. С. 279–300.

- Лихатович Д. 2004. Лосось без рек. История кризиса Тихоокеанских лососей. Владивосток, 375 с.
- Лозунков Г.И., Гвоздовер М.Д., Рогинский Я.Я. и др. 1981. Природа и древний человек. (Основные этапы развития природы палеолитического человека и его культуры на территории СССР в плейстоцене). М.: Мысль, 221 с.
- Марков К.К., Лазуков Г.И., Николаев В.А. 1965. Четвертичный период (Ледниковый период). Издательство Московского университета. Т. I, 371 с.
- Марков К.К., Лазуков Г.И., Николаев В.А. 1965. Четвертичный период (Ледниковый период). Издательство Московского университета. Т. II, 436 с.
- Марков К.К., Величко А.А. 1967. Четвертичный период (Ледниковый период). Издательство Московского университета. Т. III, 440 с.
- Мартинсон Г.Г. 1968. Следы исчезнувших озёр в Азии. М.: Наука, 120 с.
- Матюшин Г.И. 1982. У истоков человечества. М.: Мысль, 38 с.
- Никольский Г.В. 1945. Краткий обзор ископаемой четвертичной ихтиофауны пресноводных рыб СССР // Изв. ВГО. Т. 77. № 5. С. 288–292.
- Пидопличко И.Г. 1946. О ледниковом периоде. Киев. Изд-во КГУ им. Т.Г. Шевченко. Вып. 1. Возникновение и развитие учения о ледниковом периоде, 172 с.
- Пидопличко И.Г. 1951. О ледниковом периоде. 2. Издательство Академии наук Украинской ССР. Киев, 264 с.
- Цепкин Е.А. 1966. Фауна рыб голоцена азиатской части СССР (по археологическим материалам) // Автореф. дисс. на соиск. учён. ст. канд. биол. наук. М. Издательство Московского университета, 16 с.
- Цепкин Е.А. 1966. Фауна рыб голоцена азиатской части СССР (по археологическим материалам) // Дисс. на соиск. учён. ст. канд. биол. наук. МГУ, 244 с.
- Цепкин Е.А. 1980. Остатки рыб из пещеры Кударо I // Кударские пещерные палеолитические стоянки (вопросы стратиграфии, экологии, хронологии). М.: Наука. С. 90–95.
- Цепкин Е.А., Соколов Л.И. 1976. Основные итоги изучения ихтиофауны голоцена континентальных водоёмов СССР // История биогеоценозов СССР в голоцене. М.: Наука. С. 38–45.
- Шпет Г.И. 1949. Ископаемые остатки рыб Среднего Днепра // Тр. Научно-исслед. ин-та прудового и озёрно-речного хозяйства. № 6. С. 43–57.

Составитель: старший научный сотрудник, к.б.н. Груздева Марина Александровна

МОДИФИКАЦИИ РАННЕГО ОНТОГЕНЕЗА РЫБ (курс лекций, по выбору)

Введение

Предмет и содержание, краткая история, общие положения, принятая терминология. Современные представления о процессе развития и формообразования и направления текущих исследований.

Тема 1. Модификационная изменчивость

Источники изменчивости: температура, освещённость, солёность, мутации. Полигон устойчивости к действию фактора среды. Диапазон модификационной изменчивости. Изменчивость начальных параметров яиц. Изменчивость продолжительности развития в оболочке, скорости роста и дифференцировки зародыша. Модификации морфогенеза. Изменчивость закладки сериальных структур. Траектории и последствия (эмпирические наблюдения) модификаций в эмбриогенезе. Оценка «качества развития». Флуктуирующая асимметрия. Изменчивость в развитии провизорной кровеносной системы. Изменчивость степени развития эмбриона при вылуплении. Модификации в эмбриогенезе атлантической трески *Gadus morhua*. Арктические гольцы *Salvelinus alpinus* – самый изменчивый вид позвоночных животных.

Тема 2. Характеристика костной ткани

Кости покровные и замещающие. Кости простые и составные. Методики изучения скелета личинок и мальков. Возраст появления и последовательность закладки и дифференцировки костей черепа, плавников, осевого скелета, чешуи. Модификации остеогенеза. Самостоятельное описание зачатков скелета и степени их дифференцировки по готовым препаратам личинок и мальков лососёвых, колюшковых, рогатковых, камбаловых рыб.

Тема 3. Гетерохронии

Классификации гетерохроний (акцелерации и ретардации), пераморфоз (предисплейсмент, акселерация), пedomорфоз (постдисплейсмент, неотения, прогенез, гигантизм и карликовость). Гетерохронии последовательности М. Смит. Взгляды И.И. Шмальгаузена. Регулируемые и нерегулируемые гетерохронии Б.С. Матвеева. Самостоятельное описание гетерохроний последовательности закладок элементов скелета по готовым препаратам предличинок, личинок и мальков полиморфных гольцов рода *Salvelinus*.

Тема 4. Метод непосредственного слежения за объектом с периодическим изъятием

Описание эпигенетических модификаций в зависимости от задаваемых условий. Процессуальные реконструкции. Параллельная эволюция. Происхождение различий между популяциями. Фенон, фенокомпонент, фенокомплекс. Формообразование на примере ленков рода *Brachymystax*, сигов рода *Coregonus* и гольцов рода *Salvelinus*. Использование искусственной гибридизации для выявления модификационных особенностей изучаемых популяций на примере гольцов рода *Salvelinus*. Примеры естественной гибридизации близких видов в пограничных условиях внешней среды (*Salvelinus malma malma* x *Salvelinus leucomaenis*, *Pungitius pungitius* x *Pungitius sinensis*).

Рекомендуемая литература

- Алексеев С.С., Пичугин М.Ю., Самусенок В.П. 2000. Разнообразие гольцов Забайкалья по меристическим признакам, их положение в комплексе *Salvelinus alpinus* и проблема происхождения симпатрических форм // Вопросы ихтиологии. Т. 40. № 3. С. 293–311.
- Бочаров Ю.С. 1988. Эволюционная эмбриология позвоночных. М.: Изд-во МГУ, 232 с.
- Воскобойникова О.С. 2001. Эволюционное значение гетерохроний в развитии костного скелета рыб подотряда *Notothenoidei* (Perciformes). // Вопросы ихтиологии. №4. С.445–464.
- Воскобойникова О.С. 2005. Онтогенетические основы происхождения, эволюции и родственных отношений рыб подотряда Нототениевидных (*Notothenoidei*, Perciformes). Автореферат диссертации доктора биологических наук. Санкт-Петербург. 48 с.
- Глубоковский М.К. 1988. Микроэволюция и видообразование у лососёвых рыб // Проблемы микроэволюции. М.: Наука. С. 92–93.
- Емельянов С.В. 1963. Гетерохронии в закладке органов позвоночных животных // Труды ИЭМЭЖ, вып.38. С.17–76.
- Матвеев Б.С. 1968. Сравнительный метод исследования и его значение в изучении причин изменения темпов развития в эволюции онтогенезов // Темп индивидуального развития животных и его изменения в ходе эволюции. М.: Наука. С. 22–37.
- Махотин В.В. 1982. Особенности раннего онтогенеза тресковых рыб Белого моря. Автореферат диссертации кандидата биологических наук. М. МГУ. 20 с.
- Медников Б.М. 1965. Влияние температуры на развитие пойкилотермных животных // Журнал общей биологии Т. 26. № 2. С. 190–220.

- Мина М.В. 1986. Микроэволюция рыб. М.: Наука, 208 с.
- Павлов Д.А. 2007. Морфологическая изменчивость в раннем онтогенезе костистых рыб. М.: ГЕОС, 264 с.
- Smith K. K. 2001. Heterochrony revisited: the evolution of developmental sequences // Biol. J. of the Linnean Society. V.73. № 2. P. 169–186.
- Пичугин М.Ю., 2009. Развитие элементов скелета в эмбрионально-личиночный период у карликовой и мелкой симпатрических форм *Salvelinus alpinus complex* из оз. Даватчан (Забайкалье) // Вопросы ихтиологии. Т.49. № 6. С. 763–780.
- Пичугин М.Ю., 2009. Развитие искусственного гибрида и выявление элементов репродуктивной изоляции между симпатрическими формами гольца Дрягина и пучеглазки *Salvelinus alpinus complex* (Salmonidae) из горного озера Собачье (Таймыр) // Вопросы ихтиологии. Т.49. № 2. С. 240–253.
- Пичугин М.Ю. 2014. Морфологические и биологические особенности двух видов девятииглых колюшек (род *Pungitius*, *Gasterosteiformes*) из водоёмов западной Камчатки. // Вопросы ихтиологии. Т. 54. № 1. С. 9–24 DOI: 10.7868/S0042875213060106
- Р. Рэфф, Т. Кофмен. 1986. Эмбрионы, гены и эволюция. М. Мир. 403 с.
- Черняев Ж.А. 1981. Метод бокового микроскопирования с применением вертикальной камеры для прижизненного исследования развития икры рыб // исследования размножения и развития рыб (методическое пособие). М. Наука. С. 216–221.
- Черняев Ж.А. 2007. Факторы и возможные механизмы, вызывающие изменение темпа эмбрионального развития костистых рыб (на примере сиговых *Coregonidae*) // Вопросы ихтиологии. Т. 47. № 4. С. 475–485.
- Шмальгаузен И.И. 1964. Регуляция формообразования в индивидуальном развитии. М. Наука. 383 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<http://www.chem.msu.ru/rus/library/licenced.html>

<http://fishbase.org>

Составитель: старший научный сотрудник, к.б.н. Пичугин Михаил Юрьевич

ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ И СООБЩЕСТВ РЫБ (курс лекций, по выбору)

Тема 1. Экология рыб. Обзор классического подхода

Шмидт П.Ю., Суворов Е.К., Винберг Г.Г., Никольский Г.В., Строганов Н.С. и др. как основоположники отечественной ихтиологической дисциплины «Экология рыб». Взаимодействие рыб с абиотической и биотической составляющими экосистемы. Межвидовые и внутривидовые связи. Основные звенья жизненного цикла. Возрастная структура популяции. Динамика численности.

Движение как основное явление жизни. Миграции рыб – нагульные, зимовальные, нерестовые, покатные. Изучение миграций.

Поведение рыбы как совокупность реакций на внешние стимулы и собственные физиологические изменения. Пищевое, защитное, миграционное, репродукционное поведение. Стайное поведение. Суточные ритмы. Сезонность факторов среды – их влияние на поведение.

Питание и пищевые взаимоотношения. Рыбы как ключевое звено трофической цепи. Трофическая специализация. Смертность, связанная с хищничеством. Сезонная активность питания.

Размножение. Годовые циклы и ритм размножения, их связь со средой. Связь размножения с различными факторами среды. Действия различных факторов среды на различные звенья репродуктивного процесса у рыб. Экология нереста.

Тема 2. Экологические факторы распределения и перемещения рыб

Факторы среды как стимулы, инициирующие перемещение рыб. Условия и ресурсы. Скопления – размещение в пространстве как необходимый компромисс. Случайное, регулярное и групповое размещение – пространственный масштаб. Миграции и расселения. Миграции – суточные и сезонные. Пассивное и активное расселение, его демографическое значение; контроль поведения.

Направленное и ненаправленное перемещение. Связь распределения рыб с распределением кормовых объектов. Вертикальное и горизонтальное распределение рыб в пространстве – связь с факторами среды.

Активное и пассивное перемещение. Поведенческая и механистическая составляющие перемещения рыб в пространстве. *Движение рыбы в движущейся воде – когда миграция превращается в перенос.* Телеметрия как метод изучения перемещения рыб. *Миграция тихоокеанских лососей и угрей – одноразовый билет «туда-обратно».*

Тема 3. Внутривидовые и межвидовые взаимодействия у рыб

Конкуренция, хищничество, паразитизм, мутуализм, детритофагия у рыб – экологический выбор. Конкуренция и хищничество – их влияние на плодовитость и выживаемость; влияние на структуру сообщества рыб различных видов в раз-

ных водоёмах; зависимость плотности от числа выживших особей. Межвидовая и внутривидовая конкуренция. Саморегуляция плотности. Хищничество – ширина спектра питания и состав пищи. Пищевое предпочтение и энергетические затраты на поиск. Переключение. Экологические ниши применительно к сообществам рыб. Закономерность ниш и дифференциальное перекрывание. Ширина ниши. Устойчивость во времени популяции рыб как следствие устойчивости экосистемы в целом. Флуктуация среды и межвидовые/внутривидовые взаимоотношения. Синэкология применительно к рыбному сообществу.

«Геометрия для стада себялюбцев» (Hamilton, 1979). Стая – выгоды для жертвы и хищника. Энергетика стаи – силы взаимного тяготения и отталкивания. *Стая – бегство от одиночества или функциональная единица*. Элементарные популяции рыб, процесс возникновения элементарных популяций, явление стайности в свете теории элементарных популяций. Причина разнокачественности личинок и молоди рыб на местах рождения.

Тема 4. Экологические аспекты разнообразия ихтиофауны

Закономерности видового разнообразия ихтиофауны. Разнообразие как функция среды обитания; градиенты видового богатства. Экологические факторы, определяющие разнообразие ихтиофауны – экосистемный подход. Разнообразие ихтиофауны и структурно-функциональные характеристики сообществ. Разнообразие, специализация и условия окружающей среды. Уровни биоразнообразия и ёмкость экосистем. Индексы разнообразия. *Разнообразие рыб и продуктивность – есть ли связь?*

Разнообразие и устойчивость ихтиосообществ. Разнообразие рыб и сопротивление экосистемы внешнему воздействию. Зависимости «стабильность – разнообразие». Сукцессия ихтиофауны. Инвазии – влияние на биоразнообразие. Антропогенные воздействия – угрозы разнообразию рыб. Эвтрофикация и разнообразие ихтиосообществ. Изолированные водоёмы как аналоги островных экосистем.

Тема 5. Динамика численности рыб, не связанная с промыслом

Теория численности видов (по Nicholson, 1954, 1957, 1968). Чем определяется и регулируется численность рыб. Популяционные циклы. Динамика численности популяций различных регионов, не связанная с промыслом. Динамика численности как адаптация к различным экологическим условиям и их изменениям. Связь динамики численности с длительностью жизненного цикла. Пространство как ресурс, лимитирующий численность рыб. Антропогенное воздействие, не связанное с промыслом, и динамика численности рыб. Влияние эвтрофикации на численность/биомассу сообщества рыб – двойственность эффекта.

Динамика популяции хищника и жертвы. Циклические колебания в системе «хищник – жертва» – существуют ли они? Устойчивость и структура сообществ. Эффекты самоограничения. Равновесные состояния численности/биомассы рыб: объяснение всплесков численности. Агрегация и интерференция; кормовые пятна. *Ведёт ли увеличение ресурса к увеличению популяции?*

Тема 6. Экология размножения

Особенности размножения различных видов рыб из разных регионов в связи с совокупностью факторов среды. Сезонность размножения. Три типа нерестовых популяций (по Монастырскому Г.Н.) – взгляд с точки зрения экологии размножения. Размножение в естественных и реконструированных водоёмах. Размножение и динамика численности. Нерестовые миграции – энергетические траты и выживание. Размножение и территориальность. Половые продукты как пищевой ресурс.

Степень действия различных экологических факторов на различные звенья репродуктивного процесса. Взаимосвязь различных звеньев репродуктивного процесса у видов рыб с разной экологией нереста. Влияние обеспеченности пищей и абиотических условия среды на смертность личинок различных видов рыб.

Продуктивность рыбных сообществ и её связь с экологическими факторами экосистемы. Связь продуктивности с широтностью. Продуктивность различных популяций рыб в водоёмах и водотоках разного типа. Продуктивность как функция внутривидовой и межвидовой конкуренции.

Продукционные коэффициенты. Биомасса (В), продукция (Р) и потребление (Q) как основные продукционные параметры. Продукционная модель водного сообщества. Методы определения продукции ихтиофауны. Продуктивность и интродукция. *Интродукция – долгожданные гости или непрошеные квартиранты.*

Тема 7. Сезонные изменения физиологической и поведенческой активности рыб

Сезонность в изменении структуры популяций рыб. Особенности жизнедеятельности популяций разных видов рыб в различные сезоны в (1) арктической, (2) бореальной и (3) тропической зонах. Сезонность смертности, не связанной с хищничеством; утилизация рыбами мёртвой органики. Зимняя смертность и ежегодное обновление популяций. *Зачем рыбе нужна зима?*

Перестройки физиологии и поведенческих механизмов при изменении температурного, кислородного и светового режимов у рыб различных видов. Остановка роста (зима) и компенсационный рост (весна). Гипоксия и заморы. *Бореальная зона – полгода в темноте.*

Тема 8. Рыбы как ключевое звено трофической сети

Стабильность популяции рыб как следствие стабильности трофических взаимоотношений в экосистеме. Пищеварительные процессы и адаптация у рыб. Потоки энергии в трофической сети. Биомасса рыб данного водоёма как показатель состояния экосистемы. Рыба как терминальное звено трофической сети – виды и примеры экосистем. *Каннибализм, или в каком случае родители не любят своих детей.*

Факторы, лимитирующие рыбопродукцию. Энергия, извлекаемая из пищевых объектов различных типов; рост рыб под воздействием совокупности различных экологических факторов. Размеры жертвы – почему это важно. Хищник и жертва –

функциональные ответы трёх типов, их значение для динамики популяции рыб. Пороговая ценность «кормового пятна». *Триотроф – борьба за выживание или жертвенность.*

Рыба как компонент экосистемы – единство организма и среды; система приспособительных связей организма со средой (по Никольскому Г.В.). Взаимосвязь формы, функции и образа жизни рыб.

Взгляд через призму экологии – достоинства и недостатки. Особи, популяции и сообщества рыб – уровни познания экологических явлений. Рыба как часть экосистемы; *системная экология* – предсказание поведения биологических систем и управление экологическими ситуациями. Системный анализ как путь решения экологических проблем ихтиофауны.

Тема 9. Функциональная морфология рыб

Обзор. Изучение функциональной морфологии рыб – зачем это нужно? Форма тела и строение наружных покровов – движение и защита. Форма тела и механика движения рыбообразных и рыб. Классификация типов движений. Кинематика и динамика мышечных сокращений морфологических различных рыб; КПД. Экспериментальное исследование гидродинамических качеств рыб. Аэродинамика летучих рыб. Стая рыб как функциональная единица; динамика стаи.

Приспособления, направленные на нейтрализацию действия силы тяжести. Удельный вес и плавучесть рыб различных экологических групп. Возрастные и сезонные изменения плавучести. Органы тела, регулирующие плавучесть. Плавучесть и экология питания. Пассивные и активные приспособления гидродинамического действия. Филогенез приспособлений, связанных с нейтрализацией действия силы тяжести. Приспособления гидростатического и гидродинамического действия. Функция несущих плоскостей и работа плавников – связь с экологией различных групп. Связь несущих плоскостей плавников с асимметрией хвостового плавника. Корпус рыбы как несущая плоскость. Функция рострума. Угол атаки. Кривизна профиля тела и скорость движения. Подъёмная сила как суммарная функция (1) площади структуры и (2) угла атаки.

Пассивные приспособления гидродинамического действия – увеличение отношения площади поверхности к объёму. «Лёгкие» и «тяжёлые» рыбы (по Алееву Ю.Г.)

Тема 10. Обеспечение поступательного движения и прикрепления к субстрату

Движитель и связанные с ним особенности внешнего строения рыб. Движение при помощи латеральных изгибов тела. Локомоторный аппарат – принцип действия и работа. Топография активных и пассивных зон непарных плавников у различных рыб. Приспособления, направленные на обеспечение локомоторных функций корпуса. Онтогенез и число Рейнольдса. Функция локомоции и строение хвостового плавника. Зоны (1) вихрей и (2) слоя трения. Движение при помощи плавников. Неундулирующие и ундулирующие движения плавников. Полёт, лоцма-

нирование и прикрепление к плавающим объектам – особенности строения корпуса и локомоторного аппарата. Структуры, обеспечивающие прикрепление к субстрату. *Всегда ли нужно быстро плавать?*

Связь строения локомоторного аппарата с экологией различных видов. Энергетика различных типов движения и КПД. Приспособления, направленные на уменьшение сопротивления со стороны окружающей среды. Лобовое сопротивление. Продольное обтекание; сохранение ламинарности потока. Скорость движения как функция местоположения максимальной высоты тела. Жировые веки как обтекатели. Напорная вентиляция. Поперечное обтекание; форма сечения тела в различных его участках. Дефлекторы.

Тема 11. Стабилизация и изменение направления движения, сохранение равновесия и изменение скорости движения

Движение и захват пищи. Стабилизация и изменение направления движения. Сохранение равновесия и торможения. Силы лобового сопротивления при повороте корпуса и динамическая устойчивость. Приспособления, связанные с сохранением равновесия и торможения. Центр тяжести, центр проекции и перемещение плавников – изменения в положении у различных видов в ходе онтогенеза; анализ с точки зрения экологии различных групп.

Топография и функция плавников. Функциональность взаимного расположения плавников. Зоны корпуса рыбы со специфичными функциями плавников – четыре зоны. Различные функции плавников для одних и тех же участков тела рыбы разных видов. Общие замечания. Скорость движения рыбы – связь с положением и величиной рта. Выдвижной и невыдвижной рот. Особенности движения рыбы и типы ротовых аппаратов.

Структуры, обеспечивающие работу зрительных рецепторов. Зависимости (i) горизонтального и (ii) вертикального диаметра глаза от (а) длины рыбы и (б) наибольшей высоты тела – функциональное значение. Приспособления, обеспечивающие работу обонятельного рецептора. Форма, расположение и величина ноздрей – экологические закономерности. Морфология структур, обеспечивающих работу тактильных и вкусовых рецепторов, их мультифункциональность. Приспособления, связанные с маскировкой. Маскировка и форма поперечного сечения тела. Удлиненные лучи плавника и выросты, их мультифункциональность. Приспособления, связанные с защитой. Жёсткие покровы, шипы.

Тема 12. Функциональная морфология наружного покрова рыбообразных и рыб

Чешуйный покров как наружный скелет. Строение наружного покрова у различных групп рыбообразных и рыб; типы наружных покровов. Локомоторная и гидродинамическая функция чешуйного покрова. Консолидация наружного скелета в монолитный панцирь. Упругая деформация. Явление жёсткого упора в наружном скелете.

Наружный скелет как приспособление для управления течением в пограничном слое. Продольные кили (гребни) и их аналоги. Сплошные и рельефные продольные рельефы наружных покровов разных типов. Показатель K_d степени налегания чешуи (друг на друга) на отдельных участках тела у различных экологических групп рыб как показатель степени выраженности защитной функции чешуйного покрова. Гидродинамические особенности участков тел, покрытых ктеноидной и циклоидной чешуёй. Рельеф склеротно-эпителиального комплекса как совокупность рёбер жёсткости и рельеф поверхности головы – функциональные особенности. Развитие гидродинамических функций наружных покровов в онтогенезе – общая тенденция. Функциональная морфология рыб – закономерности внешнего строения. Сравнительные особенности строения (а) разных видов, обитающих в сходных средах, и (б) одних и тех же видов, обитающих в разных средах. Сравнительный анализ идентичных морфологических структур различных экологических групп. Комплексный анализ морфологических особенностей строения тела.

Рекомендуемая литература

- Алеев Ю. Г. 1963. Функциональные основы внешнего строения рыб. М.: Наука, 248 с.
- Алеев Ю. Г. 1976 Нектон. М.: Наука, 215 с.
- Бигон М. 1989. Экология. Особи, популяции и сообщества: в 2 т. пер. с англ. – М.: Мир.
- Бурдак В. Д. 1979. Функциональная морфология чешуйного покрова рыб. Киев: Наукова думка, 284 с.
- Ивлев В. С. 1955. Экспериментальная экология питания рыб. М.: Пищепромиздат, 252 с.
- Кошелев Б. В. 1984. Экология размножения рыб. М.: Пищевая промышленность, 240 с.
- Криксунов Е. А. 1991. Теория динамики промыслового стада рыб. М.: ВНИРО. 156 с.
- Лاپин Ю. Е. 1971. Закономерности динамики популяций рыб в связи с длительностью их жизненного цикла. М.: Пищевая промышленность, 200 с.
- Лебедев Н. В. 1967. Элементарные популяции рыб. М.: Пищевая промышленность, 150 с.
- Меншуткин В. В. 1971. Математическое моделирование популяций и сообществ водных животных. Л.: Гидрометеиздат, 166 с.

- Монастырский Г. Н. 1952. Динамика численности промысловых рыб. М.: Пищепромиздат, 256 с.
- Никольский Г. В. 1963. Экология рыб. М.: Высшая школа, 296 с.
- Павлов Д. С. 1979. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. М.: Наука, 167 с.
- Павлов Д. С., Касумян А.О. 2003. Стайное поведение рыб. М.: Наука, 215 с.
- Суворов Е. К. 1948. Основы ихтиологии. М.: Пищепромиздат., 432 с.
- Шмидт Ю. П. 1947. Миграция рыб. М.: Пищепромиздат., 214 с.
- Шулейкин В. В. 1968. Физика моря. М.: Наука, 472 с.
- Строганов Н. С. 1962. Экологическая физиология рыб. М.: Изд-во АН СССР, 252 с.
- Экологические факторы пространственного распределения и перемещения гидробионтов. 1993. (под ред. Ю. А. Лабаса). М.: Наука, 168 с.

Составитель: научный сотрудник, к.б.н. Лобырев Федор Сергеевич

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЫБ (большой практикум, факультатив)

Введение

Основные правила работы в генетической лаборатории, знакомство с приборной базой. Генетические методы и их прикладное значение в ихтиологии, ДНК-штрих-кодирование (barcoding) – постановка задачи для самостоятельной работы.

Тема 1. Электрофорез нуклеиновых кислот

Теория гель-электрофореза нуклеиновых кислот. Постановка горизонтального гель-электрофореза в агарозе, нанесение проб с ДНК, стандарты длин, окрашивание, работа с системой гель-документации, расшифровка гелей с ДНК.

Тема 2. Выделение ДНК

Принципы фиксации тканей для генетического анализа. Этапы выделения ДНК. Особенности фермента протеиназа К. Основные методы выделения ДНК. Выделение ДНК из плавников, фиксированных спиртом, с использованием колонок. Определение качества выделенной ДНК методом горизонтального гель-электрофореза.

Тема 3. Амплификация ДНК

Амплификация ДНК методом ПЦР (полимеразной цепной реакции). История развития метода. *Taq*-полимераза и основные характеристики фермента. Основные компоненты ПЦР и циклы амплификации. Ингибиторы ПЦР. Условия ПЦР в зависимости от исследуемого фрагмента. Праймерные последовательности, универсальные праймеры. Амплификация исследуемого фрагмента ДНК. Проверка полученного ПЦР-продукта методом гель-электрофореза.

Тема 4. Секвенирование по Сэнгеру

Определение последовательности ДНК методом терминаторов. Подготовка амплифицированного фрагмента к секвенированию. Обработка полученных хроматограмм в компьютерных программах. Знакомство с международной базой нуклеотидных последовательностей Генбанк (GenBank). Картирование полученного фрагмента на последовательность ДНК из базы данных Генбанк. Подготовка последовательностей к выравниванию.

Тема 5. Основные методы анализа в филогенетике и филогеографии рыб

Задачи филогенетики в ихтиологии. Нуклеотидные замены – транзиции, трансверсии и инделы. Синонимичные и несинонимичные замены. Принципы выравнивания последовательностей. Понятие гаплотипа. Эволюционные модели и генетические дистанции. Методы построения деревьев. Топология деревьев. Статистическая оценка дерева. Построение сетей гаплотипов. Понятие филогеографии и задачи в исследовании рыб. Основные этапы анализа в филогеографии. Применение в реконструкции истории вида и связь с палеоклиматологическими и геологическими событиями. Особенности филогеографии рыб на примере пресноводных бореальных видов с разной жизненной стратегией. Программы для построения филогенетических деревьев.

Тема 6. ДНК-штрихкодирование рыб

ДНК-штрихкодирование и систематика рыб. Прикладное значение ДНК-штрихкодирования. Определение вида рыб по нуклеотидной последовательности участка гена Цитохромоксидазы субъединицы 1 в базе нуклеотидных последовательностей BOLD (the Barcode of Life Data System). Использование программы BLAST для определения вида рыб. Уникальные гаплотипы.

Тема 7. Микросателлитный анализ

Кодоминантные и доминантные маркеры. Виды tandemных повторов. Аллели. Происхождение аллельного разнообразия. Вертикальный гель-электрофорез микросателлитных локусов в полиакриламидном геле. Программы для обработки фотографий гелей. Гомозиготы и гетерозиготы. Частоты аллелей. Ошибки генотипирования, ноль-аллели.

Тема 8. Основы популяционно-генетического анализа рыб

Задачи популяционной генетики и её прикладное значение в ихтиологии. Определение популяции. Правило Харди-Вайнберга. Нейтральные факторы эволюции. Случайный дрейф генов. Эффективная численность популяции и отличие от общей численности популяции, «бутылочное горлышко». Миграция генов, её влияние на популяционную структуру. Естественный отбор и его формы: направленный, балансирующий, дизруптивный. Подразделённость популяции, F-статистики Райта, эффект Валунда. Основные модели популяционной структуры: островная, изоляция расстоянием, лестничная модель. Особенности популяционно-генетической структуры рыб в зависимости от среды обитания, жизненной стратегии вида и других биологических характеристик. Программы для расчёта основных популяционных параметров.

Рекомендуемая литература

- Алтухов Ю.П., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т. 1997. Популяционная генетика лососевых рыб. М.: Наука, 288 с.
- Глик Б., Пастернак Дж. 2002. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. М.: Мир, 589 с.
- Лукашов В.В. 2009. Молекулярная эволюция и филогенетический анализ М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 256 с.
- Маниатис Т., Фрич Э., Сэмбрук Дж. 1984. Методы генетической инженерии. Молекулярное клонирование. М.: Мир. 480 с.
- Остерман Л.А. 1981. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот: Электрофорез и ультрацентрифугирование (практическое пособие). М.: Наука, 288 с.
- Butler J.M. 2011. Advanced Topics in Forensic DNA Typing: Methodology. Amsterdam: Elsevier, 680 p.
- Kumar S. 2018. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms // Molecular Biology and Evolution. V. 35 – P. 1547–1549.
- Peakall R. Smouse P.E. 2012. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. // Bioinformatics. V. 28. – P. 2537-2539.
- Raymond M., Rousset F. 1995. GENEPOP (version 1.2) – population-genetics software for exact tests and ecumenicism. // Heredity V. 86. – P. 248–249.

Интернет-ресурсы

Зарубежные и отечественные базы публикаций и генетических данных, доступные в сети Интернет:

<https://elibrary.ru/defaultx.asp>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

<http://boldsystems.org/index.php>

Составитель: научный сотрудник, к.б.н. Пономарева Екатерина Валериановна

10 СЕМЕСТР

ФИЗИОЛОГИЯ РЫБ **(курс лекций, обязательный)**

Введение

Основные разделы и задачи дисциплины «Физиология рыб». Молекулярный, клеточный, системный, организменный и надорганизменный подходы в физиологии. Сравнительный подход в физиологии. Современное состояние исследований и знаний о физиологии рыб. Прикладное значение физиологических исследований.

Тема 1. Пищеварение

Классификация рыб по типам питания. Краткая характеристика пищеварительного тракта рыб. Строение желудка. Строение кишечника, кишечный эпителий, энтероциты, пилорические придатки. Пищеварительные ферменты. Типы пищеварения: полостное, пристеночное (мембранное) и внутриклеточное пищеварение. Индуцированный аутолиз. Симбионтное пищеварение, состав кишечной микрофлоры, зависимость от потребляемой пищи и возраста рыб. Всасывание питательных веществ, макро- и микромолекулярный транспорт. Активный транспорт. Эндогенная экскреция. Видимая и истинная переваримость пищи.

Тема 2. Пищевые потребности рыб

Основные типы нутриентов. Потребности рыб в протеинах и других азотсодержащих веществах. Незаменимые аминокислоты. Потребности рыб в жирах. Заменимые и незаменимые жирные кислоты. Углеводы как компоненты пищи рыб. Витамины, витаминные премиксы. Авитаминозы. Минеральные элементы, макро- и микроэлементы пищи. Зависимость пищевых потребностей от температуры и солёности воды, от возраста рыб. Видовые особенности пищевых потребностей. Сбалансированность искусственных кормов. Рационы.

Тема 3. Энергетический обмен

Стандартный (поддерживающий) обмен. Рутинный обмен. Пищевой обмен. специфическое динамическое действие пищи. Активный обмен. Общий обмен. Пластический обмен. Потери энергии. Усвоенная и метаболизированная пища. Баланс энергии. Величина и состав суточного рациона.

Тема 4. Кровь

Объём и химический состав крови (белки и другие азотистые вещества, углеводы, неорганические соединения), зависимость этих параметров крови от образа жизни и двигательной активности рыб. Форменные элементы крови рыб. Эритроциты (морфология, концентрация, функция). Эритропоэз. Лейкоциты (разнообразие форм, их характеристика, функция). Гематокрит. Дыхательная и транспортная функция крови. Органы кроветворения.

Тема 5. Дыхание

Жабры, их строение. Дыхательная поверхность жабр. Принцип противотока и его эффективность. Пассивная (напорная) и активная вентиляция жабр. Принцип работы ротового и жаберного (оперкулярного) насосов. Кожное дыхание. Эмбриональное дыхание. Воздушное дыхание, факультативно и облигатно воздуходышащие рыбы. Кишечное дыхание. Плавательный пузырь как орган дыхания и депо кислорода. Зависимость дыхания от массы тела, возраста, абиотических и биотических факторов. Групповой эффект. Механизмы регуляции дыхания. Пороговая и критическая концентрации кислорода.

Тема 6. Осморегуляция

Состав и осмотические характеристики морской и пресной воды. Эвригалинность и стеногалинность. Гиперосматия и гипоосматия. Осмокотформеры и осморегуляторы. Неорганические и органические осмолиты, основные требования к осмолитам. Осмолиты-антагонисты. Осмолярная концентрация. Механизмы регуляции солевого состава и осмотического давления у рыб. Осморегуляция у миног, у морских и пресноводных хрящевых и костистых рыб. Мочевина и триметиламиноксид (ТМАО). Жабры как орган выделения, ионоциты (хлоридные клетки). Осмотические свойства мочи у разных рыб, её состав, объём и скорость выработки.

Тема 7. Общая характеристика сенсорных систем

Сенсорные системы как источники получения информации. Экстеро- и интросенсорные системы. Структура сенсорных систем. Рецепторный и центральный отделы систем. Классификация рецепторов (первичночувствующие и вторичночувствующие, тоновые и фазные и др.). Апоптоз рецепторных клеток. Адекватная стимуляция. Функциональные параметры систем. Чувствительность абсолютная и дифференциальная, пороги обнаружения и распознавания, закон Вебера, дистантные и контактные системы. Адаптация и латентность сенсорных систем.

Тема 8. Обонятельная система

Строение органа обоняния рыб (обонятельная полость, ноздри, складки, розетка, аксессуарные носовые мешки). Морфологическое разнообразие органа обоняния. Типы клеток обонятельного эпителия. Способы вентиляции органа обоняния у рыб. Обонятельная луковица и обонятельный тракт. Обонятельная чувствитель-

ность рыб, обонятельные спектры, их специфичность. Формирование обонятельной системы в онтогенезе рыб. Классификация запаховых сигналов животных. Роль обоняния в поведении рыб. Влияние внешних факторов на обонятельную функцию, обратимость и необратимость аносмии, регенерация обонятельного эпителия и восстановление обонятельной функции, структурная избыточность.

Тема 9. Вкусовая система

Структура вкусовой почки, их морфологическое разнообразие, основные типы клеток вкусовой почки, иннервация вкусовых почек, вкусовые центры. Апоптоз клеток вкусовой почки. Закономерности распределения наружных и ротовых вкусовых почек, количество вкусовых почек у рыб. Вкусовая чувствительность и вкусовые спектры. Наружная и внутриротовая вкусовая рецепция. Классификация вкусовых веществ. Методы исследования вкусовой рецепции. Вкусовые предпочтения рыб, их видовая и популяционная специфичность, индивидуальная вариабельность, генетическая детерминированность, влияние физиологического состояния рыб и внешних факторов. Формирование вкусовой системы в онтогенезе. Роль вкусовой рецепции в сенсорном обеспечении питания рыб.

Тема 10. Общее химическое чувство

История открытия общего химического чувства у рыб. Хемэстезия. Типы рецепторов (свободные нервные окончания, одиночные хемосенсорные клетки), особенности их распределения. Генерализованная и специализированная системы одиночных хемосенсорных клеток. Роль общего химического чувства в жизни рыб.

Тема 11. Слуховая система

История представлений о слухе у рыб. Внутреннее ухо (лабиринт): анатомия, строение отолитовых органов. Отолиты. Строение и иннервация волосковых клеток. Клеточная организация слуховых макул. Рецепция звуков рыбами. Особенности распространения звуков в воде, ближнее и дальнее акустические поля. Акцессорные слуховые структуры (Веберов аппарат, плавательный пузырь, тимпанические пузырьки, боковые туловищные каналы, наджаберный орган). Слуховые спектры рыб, абсолютная и дифференциальная чувствительность, аналитический слух. Слуховые специалисты и слуховые генералисты. Дирекционный слух у рыб. Формирование слуховой системы в онтогенезе.

Тема 12. Звуковая генерация и биоакустика

Органы и механизмы звукогенерации у рыб. Неспециализированные и специализированные звуки, простые и сложные звуки. Стридуляционные звуки. Барабанный звукогенераторный комплекс, типы барабанных мышц, их морфология, физиология, барабанные звуки. Струнный, ударный, кавитационный, гидродинамический и другие типы звукогенерации. Классификации звуков. История развития биоакустики рыб. Звуковая сигнализация в репродуктивном, территориальном, защитном, пищевом и других формах поведения. Формирование звуковой коммуникации в онтогенезе.

Тема 13. Вестибулярная система и чувство равновесия

Устройство верхней части лабиринта. Полукружные каналы как детекторы угловых ускорений. Отолитовые органы как детекторы линейных ускорений и статического положения тела. Связь между массой отолита и функциональными характеристиками отолитовых органов (абсолютная и дифференциальная чувствительность, диапазон воспринимаемых ускорений, быстродействие). Канал-отолитовое взаимодействие. Вестибулярная система у рыб с нетипичной ориентацией тела в пространстве. Участие зрительной и тактильной рецепции в поддержании равновесия. Рефлекс на падающий свет (lichttrückenreflex). Реакция рыб на вентрально расположенный субстрат (ventral substrate response). Вестибуло-окулярный рефлекс. Формирование чувства равновесия в онтогенезе. Значение вестибулярной системы в поведении рыб.

Тема 14. Боковая линия (сейсмосенсорная система)

Строение невромаста, принцип его работы. Топография свободных невромастов. Каналы боковой линии. Сравнительная характеристика свободных и канальных невромастов. Иннервация невромастов и мозговые центры боковой линии. Природа и источники адекватных раздражителей. Функциональные характеристики боковой линии (частотные спектры, абсолютная и дифференциальная чувствительность). Дирекционная чувствительность. Дистантность боковой линии. Адаптации, направленные на снижение гидродинамических помех и повышения чувствительности. Гидродинамический след. Гидродинамический камуфляж. Формирование сейсмосенсорной системы в онтогенезе. Значение боковой линии в поведении рыб.

Тема 15. Электрорецепция

История вопроса. Электрочувствительные и неэлектрочувствительные рыбы. Ампулированные и бугорковые органы, их структура, топография и распространение среди рыб. Иннервация и мозговые центры. Функциональные характеристики ампулярных и бугорковых рецепторов. Строение электрических органов. Сильноэлектрические, слабоэлектрические и неэлектрические рыбы. Распространение электрогенерации среди рыб. Характеристики электрических разрядов. Формирование электрорецепции и электрогенерации в онтогенезе. Пассивная и активная электролокация. Электрокоммуникация.

Тема 16. Зрительная система

Строение глаза, его размеры и расположение. Монокулярное и бинокулярное зрение. Телескопическое зрение. Функциональные характеристики зрения. Цветовое зрение. Чувствительность рыб к УФ свету. Сумеречное зрение. Дальность зрения рыб. Влияние внешних факторов на зрительные возможности. Поглощение и рассеивание света в воде. Изменение спектральных характеристик света от глубины. Биолюминесценция и флуоресценция у рыб. Роль зрения в жизни рыб, зрительная коммуникация.

Рекомендуемая литература

- Аминева В.А., Яржомбек А.А. 1894. Физиология рыб. М.: Лёгкая и пищевая промышленность. 200 с.
- Коун К., Сарджент Д., Хиатт К. и др. 1983. Биоэнергетика и рост рыб. М.: Лёгкая и пищевая промышленность. 407 с.
- Житенева Л.Д., Макаров Э.В., Рудницкая О.А. 2004. Основы ихтиогематологии. Ростов-на Дону. 312 с.
- Иванов А.А. 2003. Физиология рыб. М.: Мир. 284 с.
- Касумян А.О. 2002. Обонятельная система рыб. Учебное пособие. М.: Издательство Московского университета. 87 с.
- Касумян А.О. 2003. Боковая линия рыб. Учебное пособие. М.: Издательство Московского университета. 93 с.
- Касумян А.О. 2004. Вестибулярная система и чувство равновесия рыб. Учебное пособие. М.: Издательство Московского университета. 99 с.
- Касумян А.О. 2005. Структура и функция слуховой системы рыб. Учебное пособие. М.: Издательство Московского университета. 109 с.
- Кляшторин Л.Б. 1982. Водное дыхание и кислородные потребности рыб. М., Лёгкая и пищевая промышленность. 180 с.
- Кузьмина В.В. 2005. Физиолого-биохимические основы экзотрофии рыб. М.: Наука. 300 с.
- Смит Л.С. 1986. Введение в физиологию рыб. М.: Агропромиздат. 168 с.
- Строганов Н.С. 1962. Экологическая физиология рыб. М.: Изд-во МГУ. 444 с.
- Физиология сенсорных систем. Учебное пособие для вузов (под ред. Я.А. Альтмана). 2003. Санкт-Петербург, «Паритет». 349 с.
- Яржомбек А.А., Лиманский В.В., Щербина Т.В. и др. 1986. Справочник по физиологии рыб. М., Агропромиздат. 192 с.
- The physiology of fishes, 3rd edition. 2006. Ed. by D.H. Evans and J.B. Claiborne. CRS Press. Boca Raton. 601 p.
- Schmidt-Nielsen K. 1997. Animal physiology: adaptation and environment. 5th edition. Cambridge University Press. N.-Y. 607 p.
- Randall D., Burggren W., French K. 2002. Eckert animal physiology: mechanisms and adaptations. 5th edition. W.H. Freeman and Company. N.-Y., 736 p.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<https://dosits.org/science/sound/what-is-sound/>

<http://www.chem.msu.ru/rus/library/licenced.html>

<http://fishbase.org>

Составители: профессор, д.б.н. Касумян Александр Ованесович, старший научный сотрудник, к.б.н. Михайлова Елена Сергеевна.

ПОВЕДЕНИЕ И МИГРАЦИИ РЫБ

(курс лекций, обязательный)

Введение

Структура дисциплины «Поведение и миграции рыб», её цели и задачи, основные разделы. История исследований поведения рыб в России. Экологические и физиологические аспекты в изучении поведения и миграций рыб. Современное состояние и основные тенденции в изучении поведения рыб. Фундаментальное прикладное значение результатов исследований.

Тема 1. Адаптивное значение поведения

Участие рецепторных и эффекторных систем организма в осуществлении поведения. Способы изучения поведения. Роль стимула и механизмы, лежащие в основе возникновения поведенческих реакций (рефлекторные реакции; действия, регулируемые обратными связями; эндогенная (спонтанная) активность; центральные программы). Мотивационное поведение. Циклические изменения поведения.

Тема 2. Типы поведенческих реакций

Врождённые и приобретённые элементы поведения, их экологическое и эволюционное значение и связь между собой. Комплексы поведения («видовой стереотип», «унитарные реакции», «натуральные биоконтакты поведения», «экологические стереотипы реагирования»). Индивидуальное и опосредованное обучение. Обучение родителями – «сигнальная преемственность». «Условно-рефлекторный фонд» стаи. Образование новых форм поведения, связанных с деятельностью человека (реакции на орудия лова).

Тема 3. Скорости плавания рыб

Внешняя кинематика и гидродинамика плавания рыб. Понятие плавательной способности рыб. Бросковые, максимальные и крейсерские скорости плавания, их экологическое значение.

Тема 4. Фотореакция рыб

Роль света в жизни и поведении рыб. Понятие «ниши времени». Изменение характера фотореакции в онтогенезе и в течение сезона. Типы отношения рыб к искусственному источнику света. Лов рыб на свет и теоретический анализ привлечения рыб к искусственному источнику света.

Тема 5. Оптиomotorная реакция рыб

Два типа зрительно-двигательных реакций и их роль в экологии. Особенности проявления оптиomotorной реакции у рыб разных экологических групп. Возникновение оптиomotorной реакции в активных орудиях лова.

Тема 6. Реореакция рыб

Ориентационные и локомоторные компоненты поведения рыб в потоке. Пороговые и критические скорости течения. Лабильный характер проявления реореакции. Два типа поведения рыб в реоградиентных условиях и их экологическое значение.

Тема 7. Оборонительно-пищевой комплекс поведения

Понятие триотрофа. Роль врождённых и приобретённых форм поведения. Пассивные и активные защитные реакции (убегание, затаивание). Хищники-засадчики и угонщики. Условность этих терминов. Особенности образования оборонительных реакций у молоди стайных рыб. Общая характеристика экологических групп рыб по роли рецепторов при питании. Суточная динамика доступности кормовых организмов.

Тема 8. Пищевое поведение

Трофическая классификация рыб. Афагия у рыб. Специализированные морфологические приспособления у рыб разной экологии, используемые в пищевом поведении. Структура пищевого поведения, сенсорное обеспечение его фаз и этапов. Структура поведения тестирования вкусовых свойств пищевого объекта. Поведение оросенсорного тестирования пищевых объектов у рыб разного образа жизни и питания (длительность, стереотипы).

Тема 9. Репродуктивное поведение

Гонохронизм и гермафродитизм у рыб. Половой диморфизм. Этапы репродуктивного поведения рыб. Особенности нереста рыб с r- и k-стратегиями. Нерестовые гнёзда и их особенности у рыб разного образа жизни и систематки. Роль врождённых и приобретённых форм поведения. Сложная последовательность поведенческих реакций при размножении (колюшка, бойцовые рыбки). Сигнализация при нерестовых играх и её значение, эксперименты с моделями. Разнообразие способов защиты кладки. Облигатное живорождение у рыб. Три типа взаимоотношений родителей и потомства среди рыб. Два типа семейных групп. Адаптивное значение активности заботы о потомстве.

Тема 10. Групповое поведение

Формы группового поведения. Половые, семейные группы и группы с иерархией. Стайное поведение; определение стаи; биологическое значение стаи; механизмы стайного поведения. Форма, размеры и состав стай. Эмерджентные свойства стаи. Сенсорная основа стайного поведения. Влияние факторов среды и состояния рыб на стайное поведение. Формирование стайного поведения в онтогенезе. Представления об эволюции стайного поведения у рыб.

Тема 11. Миграции рыб

Классификация миграций – эпизодические и регулярные, горизонтальные и вертикальные, анадромные и катадромные; контрнатантные и денатантные; активные и пассивные. Миграционные циклы рыб – нерестовые, кормовые и зимовальные миграции. Антропоморфические и механистические объяснения миграций. Адаптивное значение миграций. Фундаментальные причины и причинно-следственный механизм миграций. Единство внешних и внутренних факторов – как стимулов миграции. Пассивные, активные и активно-пассивные формы покатных миграций, их поведенческие механизмы, условия проявления и биологическое значение. Нерестовые миграции пресноводных рыб – проходные, полупроходные и туводные. Роль течения и физиологической подготовки производителей. Особенности миграции в реках пелагических и донных рыб (суточный ритм, вертикальное распределение, скорости миграций). Роль различных типов передвижений рыб при нерестовых миграциях в реке. Причины возникновения нерестовых миграций. Ориентация рыб при миграциях. Хеморецепция, температурные градиенты, солнце, электромагнитные поля, солёность и др. Значение течений при ориентации и миграциях рыб. Связь миграционного цикла с системой водных течений. Чередование активных и пассивных миграций, единый цикл жизни вида, характерный для рыб. Необязательность проявления регулярных миграций у проходных и полупроходных рыб и её причины.

Тема 12. Способы изучения миграций рыб, использование мечения

Визуальные (с борта судна, с самолёта и т. д.). Гидроакустические приборы. Наблюдения за перемещением уловов по акватории. Анализ желудков хищных рыб. Ихтиопланктонные пробы. Биопоказатели или экологические индикаторы промысловых скоплений. Использование мечения, методика мечения рыб и её принципы. Задачи мечения. Разновидность меток – металлические скобы, гидростатические метки, внутренние метки. Трудности мечения. Мечение радиоактивными изотопами, красителями, выжигание. Поплавковые метки. Акустические метки.

Тема 13. Принципы и способы управления поведением

Активный и пассивный принципы управления поведением рыб. Использование аттрактантов и реппелентов, особенностей ориентации, научения и других способов управления поведением.

Рекомендуемая литература

- Мантейфель Б.П. 1970. Биологические основы управления поведением рыб. М., Наука. 302 с.
- Мантейфель Б.П. 1980. Экология поведения животных. М.: Наука. 220 с.
- Марти Ю.Ю. 1980. Миграции морских рыб. М.: Пищевая промышленность. 248 с.
- Павлов Д. С. 1979. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. М., Наука. 319 с.
- Павлов Д. С., Лупандин А. И., Костин В. В. 1999. Покатная миграция рыб через плотины ГЭС. М.: Наука. 255 с.
- Павлов Д.С., Скоробогатов М.А. 2014. Миграции рыб в зарегулированных реках. М.: Изд-во «Товарищество КМК». 413 с.
- Павлов Д.С., Касумян А.О. 1990. Сенсорные основы пищевого поведения рыб // Вопр. ихтиологии. Т. 30. Вып. 5. С. 720–732.
- Павлов Д.С., Касумян А.О. 1998. Структура пищевого поведения рыб // Вопр. ихтиологии. Т. 38. № 1. С. 123–136.
- Павлов Д.С., Касумян А.О. 2003. Стайное поведение рыб. Учебное пособие. М.: Издательство Московского университета. 147 с.
- Павлов Д.С., Лупандин А.И. Костин В.В. 2007. Механизмы покатной миграции молоди речных рыб. М.: Наука. 213 с.
- Поддубный А.Г., Малинин Л.К. 1988. Миграции рыб во внутренних водоёмах. М.: Агропромиздат. 223 с.
- Протасов В. Р. 1978. Поведение рыб. М. Пищевая промышленность. 296 с.
- Мантейфель Б.П. 1984. Экологические аспекты поведения рыб. М., Наука. 77 с.
- Мантейфель Б.П. 1974. Экологические и эволюционные аспекты поведения животных. М., Наука. 137 с.
- Павлов Д.С., Ильичев В.Д. 1980. Экологические основы управления поведением животных М., Наука. 190 с.
- Pitcher T.J. 1992. Behaviour of teleost fishes, 2nd edition. London: Chapman and Hall. 716 p.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<https://dosits.org/science/sound/what-is-sound/>

<http://fishbase.org>

Составители: профессор, академик РАН, д.б.н. Павлов Дмитрий Сергеевич, к.б.н. Павлов Сергей Дмитриевич, к.б.н. Михайлова Елена Сергеевна

ЭНДОКРИНОЛОГИЯ РЫБ

(курс лекций, обязательный)

Тема 1. Предмет эндокринология рыб

Структура гормонов, их секреция и транспорт. Основные группы гормонов. Разнообразие гормональных регуляций у рыб, связанное с особенностями жизненных стратегий. Интернализация гормонов. Десенситизация клеток-мишеней. Регуляция возникновения рецепторов. Внутриклеточные рецепторы гормонов. Каскадность действия гормонов. Прямая и обратная связь между разными уровнями гормональной регуляции обменных процессов. Механизм действия полипептидных гормонов.

Тема 2. Гипоталамус и его роль в регуляции функции гипофиза

Функциональная роль гипоталамических ядер (преоптическое, латеральное, туберо-вентрикулярное и др.) у костистых и хрящевых рыб. Контроль синтеза и секреции гормонов передней доли гипофиза. Рилизинг-гормоны. Статины. Функциональная роль вазотоцина и изотоцина (костистые рыбы), вазотоцина, глюмитоцина и валитоцина (хрящевые рыбы).

Тема 3. Гипоталамо-гипофизарная портальная система крови

Нервная связь гипоталамуса и задней доли гипофиза. Транспорт нейрого르몬ов от гипоталамуса к гипофизу. Контроль гипоталамо-гипофизарной системы со стороны высших отделов головного мозга. Каудальная нейросекреторная система у костистых и осетровых рыб. Функциональная роль уротензинов.

Тема 4. Химические свойства стероидов и их классификация

Транспорт стероидных гормонов в крови, инаktivация и выведение из организма. Аналоги эстрогенов у растений и их влияние на размножение животных. Механизм действия стероидных гормонов.

Тема 5. Эпифиз и его роль в регуляции основных процессов жизнедеятельности у рыб

Часовые, суточные и циркадные ритмы. Роль эпифиза в анадромных и катадромных миграциях. Особенности функционирования эпифиза у единовременно и порционно размножающихся рыб.

Тема 6. Гипофиз как центральное звено нейроэндокринной регуляции процессов жизнедеятельности

Эмбриональное происхождение и морфологическое строение гипофиза. Аденогипофиз. Нейрогипофиз. Контроль функции гонад гормонами гипофиза. Гонадотропные гормоны гипофиза (ЛГ и ФСГ). Специфичность гонадотропинов у самцов и самок рыб разных систематических групп.

Тема 7. Гонадотропины

Формирование овуляторной волны гонадотропинов у икротечущих (не охраняющих своё потомство и вынашивающих) и живородящих рыб (при овариальной, фолликулярной и маточной «беременности»). Видовая специфичность биологического действия гонадотропинов. Структура и биологическая роль тиреотропного гормона (ТТГ),

Тема 8. Пролактин и соматотропный гормон

Структура и биологическая роль пролактина и соматотропного гормона (СТГ) в осуществлении анадромных и катадромных миграций, размножения, формирования заботы о потомстве, процессов роста. Пролактин и осморегуляция.

Тема 9. АКТГ, МСГ, МКГ и другие гормоны

Структура и биологическая роль адrenокортикотропного гормона (АКТГ), меланин стимулирующего (МСГ) и концентрирующего (МКГ) гормонов в осуществлении миграций, размножения, регуляции окраски тела, регуляции стресса. Функциональная роль β -липотропного гормона.

Тема 10. Гормоны щитовидной железы

Особенности морфологического строения щитовидной железы у рыб разных систематических групп. Гормоны щитовидной железы: гормоны фолликулярного эпителия, гормоны К-клеток. Функциональная роль трийодтиронина (Т3) и тироксина (Т4) в регуляции обменных процессов. Факторы роста, интерлейкины. Кальцитонин. Тельца Станиуса.

Тема 11. Гормоны плаценты у живородящих рыб

Хорионический гонадотропин: структура и функциональная роль. Гормоны тимуса.

Тема 12. Гормоны сердечно-сосудистой системы (сердца, эндотелия, плазмы и клеток крови)

Тема 13. Гормоны пищеварительной системы (пищеварительного тракта, желудка, поджелудочной железы, печени)

Гормоны надпочечников: альдостерон, глюкокортикоиды, минералкортикоиды, половые стероиды, адреналин и норадреналин.

Тема 14. Гормоны мужской и женской репродуктивной системы

Гормональная регуляция половой принадлежности при различных формах гермафродитизма. Функциональная роль андрогенов на разных этапах жизнедеятельности самцов и самок у рыб разных систематических групп.

Тема 15. Функциональная роль эстрогенов и прогестин

Функциональная роль эстрогенов и прогестин в регуляции половой принадлежности на разных этапах жизнедеятельности самок у рыб разных систематических групп. Роль эстрогенов и прогестин при вынашивании потомства на теле, в рту, в сумках, в желудке. Роль эстрогенов и прогестин у живородящих рыб (при овариальной, фолликулярной и маточной «беременности»).

Тема 16. Функциональная роль кортикостероидов

Функциональная роль кортикостероидов, вырабатывающихся в гонадах, на разных этапах онтогенеза у рыб разных систематических групп в связи с особенностями их размножения. Участие половых стероидных гормонов в регуляции деятельности вспомогательных органов половой системы, возникновении и поддержании вторичных половых признаков. Роль стероидных гормонов в регуляции гаметогенеза на разных этапах онтогенеза.

Тема 17. Стероидогенные элементы гонад

Ультраструктура стероидогенных клеток. Стероидогенез. Транспорт стероидных гормонов в крови, инактивация и выведение из организма. Механизм действия стероидных гормонов.

Тема 18. Мультифункциональное действие различных гормонов при стрессах, миграциях, при размножении рыб разных систематических групп

Использование гормонов в аквакультуре.

Рекомендуемая литература

- Бабичев В.Н. 1981. Нейроэндокринология пола. М. Наука. 224 с.
- Бурлаков А.Б. 1997. Половая специфичность гипофизарных гонадотропинов у икромечущих рыб. М. Изд-во МГУ. 208 с.
- Розен В.Б. 1994. Основы эндокринологии. М. Изд-во МГУ. 384 с.
- Чернышева М.П. 1995. Гормоны животных. Введение в физиологическую эндокринологию: учебное пособие. СПб.: Глаголь. 296 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

Составитель: ведущий научный сотрудник, д.б.н. Бурлаков Александр Борисович

ГЕОГРАФИЯ РЫБ

(курс лекций, по выбору)

Тема 1. Что изучает география рыб

Предмет, содержание, основные цели и задачи. Три этапа становления зоогеографии. География рыб как часть зоогеографии. История развития зоогеографии. Основные этапы становления. Описательный этап, сравнительный этап, казуальный этап. Зоогеографы, внёсшие основной вклад в развитие науки о распространении рыб. Различные взгляды на районирование ихтиофауны морских и пресных водоёмов. Распространение рыб в пресноводных водоёмах.

Тема 2. Районирование пресных вод

Основные схемы деления. Фаунистические комплексы. Понятия фаунистического комплекса. Теория фаунистического комплекса Г.В. Никольского (краткий обзор). Связь фаунистических комплексов и распространения пресноводных рыб. Идеи Л.С. Берга о существовании древней (верхнетретичной) единой ихтиофауны, его взгляды на состояние современной ихтиофауны. Районирование по Бергу, история развития этой схемы. Почему в основе современного районирования пресноводных водоёмов мы используем воззрения Л.С. Берга? Понятие области, подобласти, провинции. Современное состояние науки. Основная литература.

Тема 3. Голарктическая область

Границы области, что лежит в основе выделения, основные виды и семейства, эндемичные таксоны. Краткая характеристика по семействам.

Циркумполярная подобласть. Границы подобласти, характеристика распространения основных видов, списки эндемичных семейств и видов.

Ледовитоморская провинция. Границы провинции, характеристика, распространение основных видов, основные семейства и виды.

Тихоокеанская провинция. Границы провинции, характеристика, распространение основных видов, основные семейства и виды.

Байкальская подобласть. Границы провинции, характеристика, распространение основных видов, основные семейства и виды.

Средиземноморская подобласть. Границы подобласти, характеристика и распространение основных видов, списки эндемичных семейств и видов.

Понятие разорванного ареала, почему для многих таксонов рыб прослеживается на примере этой подобласти. Атлантический разрыв, примеры. Дальневосточный разрыв, примеры.

Балтийская провинция. Границы провинции, характеристика, распространение основных видов, основные семейства и виды.

Понто-Каспийская провинция. Границы провинции, характеристика, распространение основных видов, основные семейства и виды.

Понто-Каспийский пресноводный комплекс. Богатство фауны Дуная.

Каспийский бассейн. Сходство и различие фауны Волги и Урала. Ихтиофауна Каспийского моря (озера), её историческое развитие, изменения в условиях антропогенеза.

Озеро Севан. Краткая история формирования ихтиофауны.

Аральская провинция. Границы провинции. Амударья, Сырдарья, Иссык-Куль. Характеристика, распространение основных видов, эндемичные семейства и виды.

Средиземноморская провинция. Границы провинции, характеристика, распространение основных видов, основные семейства и виды.

Западно-балканская провинция. Границы провинции, характеристика, распространение основных видов, основные семейства и виды.

Нагорно-азиатская подобласть. Границы подобласти, характеристика, распространение основных видов, списки эндемичных семейств и видов.

Нагорно-азиатский ихтиофаунистический комплекс. Особенности происхождения.

Западномонгольская провинция. Границы провинции, характеристика, распространение основных видов.

Балхашская провинция. Границы подобласти, характеристика, распространение основных видов.

Таримская провинция. Границы подобласти, характеристика, распространение основных видов.

Тибетская провинция. Границы подобласти, характеристика, распространение основных видов.

Переднеазиатская подобласть. Границы подобласти, характеристика, распространение основных видов, списки эндемичных семейств и видов.

Понятие переходной подобласти. Её основные критерии.

Месопотамская переходная подобласть. Границы подобласти. Между какими областями является переходной. Основные характеристики.

Сирийская переходная подобласть.

Ихтиофауна Северной Америки (Неарктика).

Палеарктика и Неарктика. Различия между североамериканской и североевропейской ихтиофаунами. Основные характеристики, происхождение, отличия от ихтиофауны Палеарктики.

Принцип объединения семейств в группы по отношению к солёности. Списки основных семейств и эндемиков.

Миссисипская подобласть. Границы подобласти, характеристика, распространение основных семейств и видов.

Ихтиофауна Великих озёр.

Колорадская подобласть.

Границы подобласти, характеристика, распространение основных семейств и видов.

Заключение по обзору Голарктики.

Тема 4. Сино-Индийская область

Границы области, что лежит в основе выделения, основные виды и семейства, эндемичные таксоны. Краткая характеристика по семействам.

Дискуссия Берга, Старобогатова, Бэнэреску по выделению Амура в самостоятельную переходную область. Современные воззрения.

Индо-Малайская подобласть. Границы подобласти, характеристика, распространение основных видов, списки эндемичных семейств и видов.

Китайская подобласть. Границы подобласти, характеристика, распространение основных видов, эндемичные семейства и виды.

Амуро-японская подобласть. Границы подобласти, характеристика распространения основных видов, эндемичные семейства и виды. Реки Корейского полуострова. Японские острова.

Тема 5. Эфиопская область

Границы области, что лежит в основе выделения, основные виды и семейства, эндемичные таксоны. Основные типы рек и озёр на территории Африки. Краткая характеристика рыб по семействам. Списки эндемичных семейств и видов. Общие семейства с Южной Америкой и Юго-Восточной Азией. Особенности зоогеографического районирования Африки. Закономерности распределения рыб в местных реках и озёрах.

Тема 6. Неотропическая область

Что такое Арктогея, Неогей и Нотогея. Границы области, принцип деления на другие таксоны.

Южноамериканская подобласть. Границы подобласти, характеристика, распространение основных видов, списки эндемичных семейств и видов.

Центральноамериканская подобласть. Границы подобласти, характеристика, распространение основных видов, списки эндемичных семейств и видов.

Острова Вест-Индии. Куба.

Тема 7. Нотогея. Австралийская область

Границы области, принцип деления на другие таксоны.

Австралийская подобласть. Границы подобласти, характеристика, распространение основных видов, эндемичные семейства и виды.

Новозеландская подобласть. Границы подобласти, характеристика, распространение основных видов, эндемичные семейства и виды.

Проблемы акклиматизации в австралийскую и новозеландскую ихтиофауны.

Обобщения по распространению пресноводной ихтиофауны.

Тема 8. Что представляет собой мировой океан как среда жизни для рыб

Какие факторы являются определяющими в их распространении. Стенотермные зоны и их значение для распространения рыб. Колебания температуры в различных широтах. Течения в океане, их влияние на численность и миграции рыб. Основные закономерности тёплых и холодных течений в разных полушариях. Зоны абвелингов.

Батиметрия мирового океана, влияние рельефа дна на жизнь рыб. Шельфовые сообщества. Солёность воды, её значение для жизни рыб. Понятие эвригалинных видов, где они обитают. Распределение мирового стока пресных вод между полушариями.

Влияние исторических факторов на становление ихтиофауны разных регионов. Движения материков, распад Тетиса, таяние ледовых панцирей. Изменения некоторых биологических особенностей у морских рыб от тёплых вод к холодным и наоборот.

Тема 9. Арктическая область

Границы области, история формирования, характеристика по абиотическим и биотическим факторам. Краткая характеристика морей области по семействам рыб. Основные виды и семейства, эндемичные таксоны.

Антарктическая область. Границы области, история формирования, характеристика по абиотическим и биотическим факторам, Краткая характеристика морей области по семействам рыб. Основные виды и семейства, эндемичные таксоны. Сходства и различия между ихтиофаунами Арктики и Антарктики. Развитие промысла в холодных водах, его влияние на численность основных массовых видов.

Тема 10. Бореальная область

Границы области, история формирования, характеристика по абиотическим и биотическим факторам. Краткая характеристика морей области по семействам рыб. Основные виды и семейства, эндемичные таксоны. Понятие северной и южной бореали. Разрыв между Атлантикой и Тихим океаном. Списки основных семейств северной и южной бореали.

Тема 11. Нотальная область

Границы области, история формирования, характеристика по абиотическим и биотическим факторам. Краткая характеристика морей области по семействам рыб. Основные виды и семейства, эндемичные таксоны. Список основных семейств. Близкородственные виды между Бореальной и Нотальной областями. Понятие битемператных форм. Развитие промысла в умеренных водах, его влияние на численность основных массовых видов.

Тема 12. Тропическая область

Границы области, история формирования, характеристика по абиотическим и биотическим факторам. Условная дискретность области, индо-вест-пацифик, другие выделяемые подобласти. Краткая характеристика области по семействам рыб. Основные виды и семейства, эндемичные таксоны. Основные группы рыб по экологическому принципу.

Рыбы пелагиали. Особенности распространения, промысловые виды, списки основных семейств.

Прибрежно-шельфовые сообщества. Особенности распространения, промысловые виды, списки основных семейств.

Рыбы коралловых рифов. Особенности распространения, экзотические виды, списки основных семейств.

Тема 13. Ихтиофауна глубоководных вод

Характеристика различных зон ложа мирового океана по площади и биопродуктивности.

Основные факторы, формирующие жизнь на глубинах. Общие закономерности в биологии глубоководных рыб. Понятие истинно- и вторично-глубоководных рыб; их происхождение, становление, различия в биологии и распространении. Основные семейства и виды истинно- и вторично-глубоководных рыб. Количество глубоководных видов в разных семействах. Примеры освоения разных глубин в пределах одного семейства и даже рода. История изучения глубинных вод, вклад российских исследователей в современное состояние науки. Глубоководные желоба, исследование глубоководных желобов. Виды-рекордсмены глубин.

Заключение

Обобщение по районированию морей и океанов. Обобщение по всему курсу зоогеографии рыб.

Рекомендуемая литература

Основная

- Суворов В.К. 1948. Основы ихтиологии (раздел «Морфология»). Изд.«Сов. Наука». 579 с.
- Берг Л.С. 1948-1949. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Т. 1–3. М.–Л., Из-во АН СССР.
- Никольский Г. В. 1974. Экология рыб. Изд-во «Высшая школа». М. 357 с.
- Никольский Г. В. 1980. Структура вида и закономерности изменчивости рыб. Изд-во «Пищевая промышленность». М. 183 с.

- Моисеев П. А., Азизова Н. А., Куракова И. И. 1981. «Ихтиология». Изд-во «Лёгкая и пищевая промышленность». М. 384 с.
- Абдурахманов Г.М., Криволицкий Д.А., Мяло Е.Г. Огуреева Г.Н. Биogeография 2003.Серия: Высшее образование. М.: Академия. 411 с.
- Очерки по общим вопросам ихтиологии. 1953. Изд-во АН СССР, М.-Л.
- Спановская В. Д. 1975. Система рыб до подотрядов и их главнейшие представители. Изд-во МГУ. 66 с.
- Шмидт П. Ю. 1936. Миграции рыб. Изд-во «Биомедгиз». М.-Л. 328 с.
- Микулин А.Е. 2003. Зоогеография рыб. М.: изд-во ВНИРО, 436с.

Дополнительная

- Воронов А.Г., Дроздов Н.Н. и др. 2002. Биogeография с основами экологии. Изд-во МГУ.М. 392 с.
- Биологические ресурсы гидросферы и их использование. Серия сборников. 1985. Изд-во «Наука». 262 с.
- Студенецкий С.А. 1979. Биологические ресурсы внутренних водоёмов СССР. Москва: Наука, 189 с.
- Студенецкий. С.А. 1979 Биологические ресурсы Мирового океана. Москва, Наука, 1979, 248 с.
- Парин Н.В. 1980. Использование биологических ресурсов Мирового океана. М.: Наука, 214 с.
- Студенецкий С.А. 1981. История исследований биологических ресурсов гидросферы и их использование. М.: Наука 192 с.
- Пономарев С.В., Баканева Ю.М., Федоровых Ю.В. 2014. Ихтиология: учеб. Москва: МОРКНИГА, 568 с.
- Мордкович, В.Г. 2005. Основы биogeографии: учеб. пособие. М-во образования РФ, Новосибир. гос. педагог. ун-т. – Москва: КМК. 236 с.
- Борисов П. Г., Никольский Г. В. 1961. Основные этапы развития отечественных биологических рыбохозяйственных исследований за последние 100 лет. Зоол. журнал. Т. 40, вып. 8. С. 1227–1240.
- Буторин Н.В. 1981. Основные проблемы современной ихтиологии». Изд-во «Наука». М.: 286 с.
- Марти Ю. Ю. 1980. Миграции морских рыб. Изд-во «Пищевая промышленность». М.: 248 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<http://fishbase.nrm.se> – База данных по ихтиофауне.

<http://www.fao.org/> – Департамент по рыболовству Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН

<http://www.larvalbase.org> – База данных по личинкам рыб.

<http://www.eti.uva.nl/> – База по таксономии и идентификации биологических видов.

<http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/> – База по систематике и таксономии рыб.

<http://www.sevin.ru/vertebrates/> – Рыбы России.

<http://nature.ok.ru/> – Редкие и исчезающие животные России и зарубежья.

<http://www.faunaeur.org/> – Фауна Европы.

<http://www.biodat.ru/> – Биологическое разнообразие России.

Составитель: доцент, к.б.н. Павлов Сергей Дмитриевич

ИХТИОПЛАНКТОН

(курс лекций, по выбору)

Тема 1. Общие представления об объектах ихтиопланктона

Что относится к объектам ихтиопланктона. Размеры. Классификация в рамках планктонных исследований (микро-, мезо- макропланктон). Разнообразие способов размножения рыб и планктонная фаза жизни. Проблема таксономической идентификации рыб на ранних стадиях развития. Степень изученности раннего онтогенеза рыб разных климатических зон. Методы таксономической идентификации объектов ихтиопланктона (морфологический и молекулярно-генетический).

Тема 2. Место ихтиопланктонных исследований в ихтиологии

Изучение миграций. Локализация мест нереста и границ нерестового ареала. Прогнозирование урожайности поколений промысловых видов. Оценка смертности и определение критических периодов в раннем онтогенезе при прогнозе пополнения и разработке моделей динамики численности промысловых видов рыб. Экологический мониторинг состояния различных водных экосистем по состоянию ихтиоценозов.

Тема 3. Орудия лова и основные методы сбора ихтиопланктона

Планктонные сети и другие орудия лова, используемые в ихтиопланктонных исследованиях. Цели исследований и соответствующие методы и орудия лова.

Тема 4. Ихтиопланктонные исследования как метод изучения раннего развития и формирования эмбриоадаптаций у рыб

Сохранение и инкубация живых объектов ихтиопланктона. Исследование живых объектов ихтиопланктона. Подготовка морфологических описаний и иллюстраций.

Тема 5. Периодизация раннего онтогенеза, принятая в ихтиопланктонных исследованиях

Периодизация развития животных (Шмидт Г.А. 1951), рыб (Расс, 1946, 1972; Крыжановский и др., 1953). Периодизация Т. С. Рассе (1972), разработанная применительно к задачам изучения ихтиопланктона. Терминология ранних стадий развития, принятая в англоязычной литературе (Kendall et al., 1984).

Тема 6. Морфология рыб на ранних стадиях развития

Характеристики пелагических яиц рыб. Форма. Размеры как таксономический признак и их географическая изменчивость. Структура первичной яйцевой оболочки и её изменчивость в пределах таксонов. Структура хорина (вторичной яйцевой оболочки) и её изменчивость в пределах таксонов. Плавучесть и способы её формирования. Структура желтка. Наличие и характеристики жировых капель. Морфология эмбрионов. Провизорные структуры и органы. Железы вылупления. Сомиты и мускульные сегменты. Сегментная формула. Динамика формирования сегментной формулы. Связь сегментации личинок на разных стадиях развития с позвоночной формулой взрослых рыб.

Пигментация эмбрионов и личинок, пигментные клетки, пигменты. Сохранность пигментов при фиксации. Появление пигментации в онтогенезе, изменение её характера и интенсивности. Основные типы группировок пигментных клеток: ряды, скопления и диффузное распределение. Классификация рядов и скоплений по положению, форме. Примеры.

Провизорные органы у личинок, имеющие значение таксономических признаков. Гидросинус, вексиллифер и др. Специфика работы с фиксированными и живыми объектами ихтиопланктона. Преимущества и минусы методов.

Тема 7. Особенности протекания раннего онтогенеза у рыб разных таксономических групп

Продолжительность периодов онтогенеза у разных групп рыб. Различия в морфологических характеристиках у рыб из разных экологических и таксономических групп на соответствующих стадиях развития. Эмбрионизация. Продолжительность планктонной фазы жизни в зависимости от особенностей раннего онтогенеза вида, условий нереста и климатической зоны обитания. Особенности метаморфоза в различных группах. Особенности раннего развития представителей отрядов Elopiformes и Anguilliformes. Личинка лептоцефал. Метаморфоз у представителей Pleuronectiformes. Особенности морфологии и адаптаций к пелагической фазе у личинок видов с демерсальным нерестом. Pomacentridae и др.

Тема 8. Морфологические особенности строения яиц и личинок рыб разных таксономических групп

Разнообразие форм. Географические особенности биоразнообразия районов. Подходы к идентификации объектов и изучению биоразнообразия.

Рекомендуемая литература

- Васнецов В.В. 1953. Этапы развития костистых рыб // Очерки по общим вопросам ихтиологии. М.; Л., С. 207–217.
- Крыжановский С.Г. 1948. Экологические группы рыб и закономерности их развития // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 27. С. 3–114.
- Макеева А.П. 1992. Эмбриология рыб. М.: МГУ, 215 с.
- Расс Т.С. 1933. Инструкция по сбору и технике количественной обработки икры и мальков морских рыб. М.: ГОИН, 24 с.
- Расс Т.С. 1946. Ступени онтогенеза костистых рыб (Teleostei) // Зоол. журн. Т. 25 (2). С. 137–148.
- Расс Т.С. 1949. Состав ихтиофауны Баренцева моря и систематические признаки икринок и личинок рыб этого водоёма // Тр. Всесоюз. НИИ рыбн. хоз-ва и океаногр. Т. 17. С. 7–66.
- Расс Т.С., Казанова И.И. 1966. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб. М.: Пищ. промышленность. 35 с.
- Расс Т.С. 1972. Систематика плавучих икринок и личинок морских рыб (ихтиопланктон)//Бюлл. МОИП. Отд. биологии. Т. 77(5). С. 5–18.
- Соин С.Г. 1968. Приспособительные особенности развития рыб. М.: МГУ, 89 с.
- Шмидт Г.А. 1951. Эмбриология животных. Ч. I. М.: Советская наука, 353 с.
- Ahlstrom, E.H., Moser H.G. 1980. Characters useful in identification of pelagic marine fish eggs. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 21: P. 121–131.
- Kendall, A. W., Jr., Ahlstrom, E. H., and Moser, H. G. 1984. Early life history stages of fishes and their characters. // Ontogeny and Systematics of Fishes, Am. SOCI. ichthyol. Herpetol., Spec. Publ. No. 1. Allen Press, Lawrence, Kansas. P. 11–22.
- Leis J.M., Carson-Ewart B.M. 2000. The larvae of Indo-Pacific coastal fishes: a guide to identification (fauna malesiana handbook 2). Brill: Leiden. 850 p.
- Trnski T., Leis T.M. 1991. A beginner's guide to illustrating fish larvae. In: Hancock D. A. (ed.), Larval Biology. Bur. Rural Resour. Proc. Australian Government Printing Office, Canberra. 15: P. 198–202.

Составитель: старший научный сотрудник, к.б.н. Шадрин Андрей Михайлович

ИММУНОЛОГИЯ РЫБ

(курс лекций, факультатив)

Тема 1. Основные понятия иммунологии

Предмет иммунологии в системе ветеринарных, биологических и медицинских дисциплин. Объекты и методы исследования в иммунологии. Иммуно-защитные механизмы у позвоночных и беспозвоночных животных – клеточные элементы и гуморальные факторы мукосального иммунитета рыб, врождённого иммунитета рыб и приобретённого иммунитета рыб.

Тема 2. Экспериментальные системы

Экспериментальные модели животных: инбредные линии; система адаптивного переноса; получение поликлональных антисывороток. Клеточные культуры: первичные лимфоидные клеточные культуры рыб; клонированные клеточные линии; получение моноклональных антител; гибридомы. Технология рекомбинантной ДНК; клонирование геномной ДНК; перенос клонированных генов в клеточные культуры; трансгенные, нокаутные животные. Особенности разведения рыб в аквакультуре, значение профилактических мероприятий, контроля за эпизоотическим состоянием рыбоводных хозяйств и применяемыми кормами.

Тема 3. Клетки и органы иммунной системы рыб и млекопитающих

Организация иммунной системы рыб: туловищная и головная почка, тимус, селезёнка, слизисто-ассоциированная лимфоидная ткань (MALT, GALT, GIALT, SALT, NALT, EALT, BMALT), кожа, жабры, печень, кровь, субпопуляции эритроидных, миелоидных и лимфоидных клеток рыб, краниальный гемопоэтический орган у древних рыб.

Организация иммунной системы млекопитающих и человека: строение и функции центральных (костный мозг, тимус) и периферических лимфоидных органов (лимфоузлы; селезёнка; лимфоидная ткань, ассоциированная со слизистыми (MALT, GALT, BALT, SALT, NALT, FALT), лимфоидная ткань, связанная с кожей); кровь. Кроветворение. Клетки иммунной системы: фагоциты (гранулоциты, агранулоциты и дендритные клетки), тучные клетки, эритроциты, тромбоциты, В- и Т-лимфоциты, естественные киллеры. Рециркуляция лимфоцитов. Сходство и отличие иммунной системы рыб от иммунной системы млекопитающих.

Тема 4. Факторы гуморального иммунитета рыб

Факторы гуморального иммунитета рыб: лизоцим, белки системы комплемента, белки острой фазы воспаления, антимикробные пептиды, цитокины, хемокины, иммуноглобулины, их структура и свойства. Основные свойства цитокинов рыб: интерлейкины, интерфероны, факторы некроза опухолей, гемопоэтины и колоние-

стимулирующие факторы. Секретция цитокинов и хемокинов различными клетками иммунной системы, роль гуморальных факторов в активации В- и Т-лимфоцитов и в иммунном ответе рыб.

Тема 5. Агенты, вызывающие активацию иммунитета

Вещества и субстанции, вызывающие активацию иммунитета, – антигены, образы патогенности, стрессорные молекулы; понятия антигенности, иммуногенности, толерогенности, аллергенности. Факторы, определяющие иммуногенность антигена (генетическая чужеродность, молекулярная масса, пространственная конфигурация, антигенные детерминанты, иммунная система животного-реципиента); схема иммунизации, доза и способ введения антигена, адъюванты; тимуснезависимые антигены; гаптены; митогены.

Тема 6. Антигенраспознающие рецепторы В- и Т-клеток

Антигенраспознающие рецепторы В-клеток. Иммуноглобулины (антитела): структура и функции иммуноглобулиновых доменов, лёгкие и тяжёлые цепи, вариабельные и константные домены, антигенсвязывающие центры; организация генов иммуноглобулинов, разнообразие антител как результат рекомбинации генов, кодирующих лёгкие и тяжёлые цепи иммуноглобулинов. Иммуноглобулины рыб: IgM, IgT, IgZ, IgD, IgW и IgN, их структура; иммуноглобулины млекопитающих IgM, IgA, IgE, IgD, IgG; суперсемейство иммуноглобулинов. Рецепторный комплекс Т-лимфоцитов, распознавание антигена Т-клетками.

Тема 7. Главный комплекс гистосовместимости

Главный комплекс гистосовместимости. Молекулы I, II и III класса главного комплекса гистосовместимости (ГКГ): структура и функция, организация генов молекул ГКГ, полиморфизм молекул. Развитие репертуара зрелых лимфоцитарных рецепторов. Основные принципы трансмембранной передачи сигналов.

Тема 8. Развитие иммунного ответа у рыб

Механизмы развития врождённого (видового) и приобретённого (индивидуального) иммунного ответа; первичный и вторичный иммунный ответ. Особенности сывороточного и мукозального иммунитета рыб. Система комплемента; антимикробные пептиды позвоночных и рыб; цитокины, хемокины и интерфероны рыб; рецепторы, распознающие образы патогенности; фактор некроза опухолей. Особенности В-лимфоцитов и иммуноглобулинов рыб. Клеточно-опосредованный иммунитет: этапы дифференцировки Т-лимфоцитов в тимусе, антигенная активация Т-лимфоцитов, цитотоксические Т-лимфоциты, Т-хелперы, натуральные киллеры, Т-клетки памяти. Контроль и регуляция иммунного ответа. Механизмы и клеточные основы иммунологической толерантности. Особенности распознавания патогенов у рыб.

Тема 9. Параметры иммунитета рыб как индикаторы состояния внешней среды

Болезни рыб – внешнее проявление последствий нарушения иммунитета и общей резистентности, вызванных влиянием неблагоприятных факторов среды на состояние здоровья рыб. Температура, жёсткость и солёность воды, токсические вещества, техногенное загрязнение – факторы водных экосистем, влияющие на иммуно-физиологические показатели гомеостаза рыб. Параметры иммунитета рыб – индикаторы состояния окружающей среды. Особенности иммунитета пресноводных, проходящих и морских рыб. Иммунитет у глубоководных, арктических и тропических рыб.

Тема 10. Инфекционные болезни рыб

Основные инфекционные болезни рыб: вирусные, бактериальные, микозы; инвазионные болезни: протозойные, гельминтозы, заболевания, вызываемые ракообразными и кишечнополостными. Параллельная эволюция макро- и микроорганизмов, их взаимоотношения. Техногенные воздействия; адаптация рыб в природных условиях и аквакультуре к изменяющейся среде обитания, приспособление иммунно-защитных механизмов рыб в результате стресса.

Тема 11. Иммунологический мониторинг

Значение иммунологического мониторинга физиологического состояния показателей крови при промышленном разведении рыб; подбор сбалансированных кормов, поддержание оптимальной температуры и солёности воды, профилактические мероприятия и вакцинация в аквакультуре.

Тема 12. Иммунобиотехнология

Иммунобиотехнология – перспективы и достижения при аквакультуре. Биотехнологическое производство пробиотиков, диагностических препаратов, стимуляторов иммунитета, иммуноглобулинов, вакцин (рекомбинантных, синтетических), гормонов, цитокинов, интерферонов; гибридная технология, получение моноклональных антител; иммунодиагностика и иммунотерапия, иммунокоррекция, генетическая инженерия.

Рекомендуемая литература

- Мелехова О.П., Сарапульцева Е.Н. 2010. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. Учебное пособие. М.: Академия, 287 с.
- Головина Н.А., Бауер О.Н. 2003. Ихтиопатология. Учебник. М.: Мир. 434 с.
- Кокряков В.Н. 1999. Биология антибиотиков животного происхождения. С.-Петербург, Наука. 162 с.
- Манько В. М, Девришов Д. А. 2011. Ветеринарная иммунология. Фундаментальные основы: Учебник. М.: Агровет. 751 с.
- Кондратьева И.А., Ярилин А.А. 2004. Практикум по иммунологии. Учебное пособие. М.: Академия. 271 с.
- Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб, М., 1998. 310 с.
- Ярилин А.А. 2010. Иммунология. Учебник. М.: ГЭОТАР-Медиа. 749 с.
- Janeway C.A, Jr, Travers P., Walport M. and Shlomchik M. J. 2001. Immunobiology, 5th edition. The Immune System in Health and Disease. 732 p.
- Cipriano R.C., Bruckner, A.W., Shchelkunov I.S. 2011. Bridging America and Russia with Shared Perspectives on Aquatic Animal Health. Maryland, USA. 360 p.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

- <http://www.chem.msu.ru/rus/library/licenced.html>
- <https://www.journals.elsevier.com/comparative-immunology-microbiology>.
- <https://eafp.org/bulletin-archive/>
- <https://www.journals.elsevier.com/fish-and-shell>.
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33415722/>
- <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7855848/>
- <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6538768/>
- <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7533606/>
- <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7002201/>
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18675728/>
- <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5949566/>

Составитель: доцент, к.б.н. Кондратьева Ирина Анатольевна

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОХРАНЫ И УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ БИОРЕСУРСАМИ (курс лекций, факультатив)

Введение

Курс лекций для бакалавров и магистров биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова «Государственная система охраны и управления водными биоресурсами» и в сокращенном варианте для магистров «Водные биоресурсы» формируют у будущих специалистов по ихтиологии, гидробиологии, экологии и управлению экосистемами комплексную компетенцию в области разнообразия запасов водных биологических ресурсов, содержания основных российских законодательных актов в области рыболовства и сохранения водных биоресурсов, включая акцептированные Россией межправительственные соглашения, а также правоприменительную практику в этой области.

В результате изучения этих дисциплин студенты приобретают знания о теоретических основах управления промыслом гидробионтов, а также о законодательных основах и практических методах государственного регулирования рыболовства и сохранения водных биоресурсов.

Тема 1. Введение в курс «Система государственного управления использования и сохранения водных биологических ресурсов»

Система законодательства: Конституция Российской Федерации (статьи 9, 67, 71 и 72), основные Федеральные законы и международные договоры Российской Федерации в области рыболовства и сохранения водных биоресурсов, органы государственной власти, осуществляющие регулирование рыболовства, правоприменительная практика.

Тема 2. Определение основных понятий в областях биологии и законодательства о водных биологических ресурсах

Основные используемые понятия: анадромных, катадромных, трансграничных, далеко мигрирующих водных биоресурсов, популяции, промыслового запаса, общего допустимого улова, рекомендованного и прогнозируемого вылова водных биоресурсов, рыболовства и его видов, сохранения водных биоресурсов, аквакультуры и искусственного воспроизводства, квоты вылова и долей квот, методов регулирования рыболовства. Различия биологических и правовых определений основных понятий.

Тема 3. Международные договоры Российской Федерации в области рыболовства: Конвенция ООН по морскому праву

Критический анализ названной конвенции как основополагающего международного соглашения, ратифицированного Российской Федерацией в области рыболовства и сохранения водных биоресурсов.

Тема 4. Другие международные договоры Российской Федерации в области рыболовства

Соглашение об осуществлении положений Конвенции ООН по морскому праву (сохранение трансграничных рыбных запасов и запасов далеко мигрирующих рыб и управление ими).

Критический анализ названной конвенции как важнейшего международного соглашения Российской Федерации в области рыболовства и сохранения водных биоресурсов.

Тема 5. Другие международные договоры Российской Федерации в области рыболовства

Конвенция о сохранении запасов анадромных видов в северной части Тихого океана. Критический анализ названной конвенции как важнейшего международного соглашения Российской Федерации в области рыболовства и сохранения водных биоресурсов.

Тема 6. Другие международные договоры Российской Федерации в области рыболовства

Конвенция о сохранении ресурсов минтая и управлении ими в центральной части Берингова моря. Критический анализ названной конвенции как важнейшего международного соглашения Российской Федерации в области рыболовства и сохранения водных биоресурсов.

Тема 7. Другие международные договоры Российской Федерации в области рыболовства

Критический анализ других 60 международных соглашений Российской Федерации в области рыболовства и сохранения водных биологических ресурсов.

Тема 8. Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов»

Основные понятия, сфера действия, структура и основные принципы Федерального закона, важнейшие новеллы и правоприменительная практика, история внесения изменений и дополнений в Закон, перспективы его модификации.

Тема 9. Федеральный закон «О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации»

Основные понятия, сфера действия, структура и основные принципы Федерального закона, важнейшие новеллы и правоприменительная практика, история внесения изменений и дополнений в Закон, перспективы его модификации.

Тема 10. Федеральный закон «Об исключительной экономической зоне Российской Федерации»

Основные понятия, сфера действия, структура и основные принципы Федерального закона, важнейшие новеллы и правоприменительная практика, история внесения изменений и дополнений в Закон, перспективы его модификации.

Тема 11. Федеральный закон «О континентальном шельфе Российской Федерации»

Основные понятия, сфера действия, структура и основные принципы Федерального закона, важнейшие новеллы и правоприменительная практика, история внесения изменений и дополнений в Закон, перспективы его модификации.

Тема 12. Федеральный закон «Водный кодекс Российской Федерации»

Основные понятия, сфера действия, структура и основные принципы Федерального закона, важнейшие новеллы и правоприменительная практика, история внесения изменений и дополнений в Закон, перспективы его модификации.

Тема 13. Федеральный закон «Об охране окружающей среды»

Основные понятия, сфера действия, структура и основные принципы Федерального закона, важнейшие новеллы и правоприменительная практика, история внесения изменений и дополнений в Закон, перспективы его модификации.

Тема 14. Федеральный закон «Налоговый кодекс Российской Федерации» в части, касающейся ставок сбора за добычу (вылов) водных биологических ресурсов

Основные понятия, сфера действия, структура и основные принципы Федерального закона, важнейшие новеллы и правоприменительная практика, история внесения изменений и дополнений в Закон, перспективы его модификации.

Тема 15. Разнообразие запасов водных биологических ресурсов Мирового океана, морской зоны юрисдикции и пресноводных водных объектов России

Состояние этих запасов и перспективы российского рыболовства.

Тема 16. Основные современные итоги и направления дальнейшего развития рыбной промышленности Российской Федерации – политико-экономический анализ

Основные материалы

Курс лекций в электронном виде.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<http://fishbase.org>

<https://www.sciencedirect.com>

<http://www.springerlink.com/journals>

<https://onlinelibrary.wiley.com>

<https://www.annualreviews.org>

Составитель: профессор, д.б.н. Глубоковский Михаил Константинович

11 СЕМЕСТР

ЧАСТНАЯ ИХТИОЛОГИЯ (курс лекций, обязательный)

Введение

Цель и задачи курса. Основные направления и этапы ихтиологических исследований в XX веке и в настоящее время. Достижения в области изучения рыб. Фундаментальные исследования биологии рыб, их место в современной теоретической биологии. Проблематика прикладных ихтиологических исследований.

Тема 1. Теоретические проблемы описания микроэволюционных процессов у рыб

История изучения микроэволюции рыб в XX веке и на современном этапе. Проблемы описания микроэволюционных процессов и примеры их успешного решения. Методологические трудности проведения исследований и проблемы выбора модельных объектов. Симпатрия и аллопатрия. Вопросы репродуктивной изоляции и систематики рыб. Метапопуляция, субпопуляции. Локальные адаптации. Фрагментация среды обитания, миграционные барьеры и процессы формообразования. Устойчивость в пространстве и во времени. Представления о «популяционном фитнесе». Рыбы как фокусные объекты фундаментальных исследований.

Тема 2. Проблемы вида, его структуры и составных единиц

Виды и уровни изменчивости у рыб: географическая, клинальная, региональная. Представления об индивидуальной и групповой изменчивости. Экологические формы у рыб. Популяционная структура вида. Структура популяции. Основные составные единицы в составе вида у рыб. Термины и определения. Миграции и популяционные процессы: изменчивость и её динамика в пространстве и времени. Структура видов у рыб низких и высоких широт. Представления о сложнокомплексном (полнокомплексном виде). Понятие «жизненная стратегия» и «тактика» у рыб, разнообразие типов жизненной стратегии.

Тема 3. Концепции вида и видо- и формообразование у рыб

Обзор концепций вида в XX и XXI веке. Морфологическая концепция. Биологическая концепция. Филогенетическая концепция. Критерии вида. Механизмы видообразования: симпатрический, аллопатрический, ретикулярный. Виды отбора: движущий, стабилизирующий, дизруптивный, балансирующий отбор. Примеры действия отбора у разных групп рыб (Карповые, Лососёвые, Сиговые, Окунёвые). Пре- и постзиготическая изоляция. Значение в видо- и формообразовании у разных групп рыб. Особенности протекания формообразовательных процессов у разных групп рыб и в разных типах водоёмов. Гибридизация у рыб.

Тема 4. Разнообразие, структура вида, биология, формообразование у миног Северного полушария

Родовое и видовое разнообразие миног в водоёмах Голарктики. Жизненный цикл миног. Размножение, расселительная миграция, личиночный период. Метаморфоз. Анадромия и резидентность у миног. «Парные виды», паразитические и непаразитические миноги. Различия в жизненном цикле и образе жизни проходных и пресноводных видов миног. Закономерности формирования жизненной стратегии у миног в экосистемах лососёвых рек Северной Пацифики. Экосистемная роль миног. Хозяйственное значение.

Тема 5. Осетровые рыбы Мировой фауны. Видовой состав, основные особенности биологии, распространение

Роды и виды семейства осетровые Мировой фауны. Обзор видов из водоёмов Голарктики. Основные биологические особенности и степень изученности разных видов осетров. Общие закономерности образа жизни осетров: проходной и пресноводный. Осетровые рыбы Понто-Каспийского бассейна: обзор видов, их биологические особенности. Полиплоидия у осетровых рыб. Межвидовая гибридизация. Жизненный цикл осетров. Особенности репродуктивной биологии: заливные и русловые нерестилища. Покатная миграция. Особенности перехода из пресных вод в морские. Морской период жизни. Возрастной состав осетров, половое созревание, повторность нереста. Тип нерестовой популяции. Место в пресноводных и морских экосистемах. Значение в экономике стран и народов, осетры как объекты культурного наследия народов России.

Тема 6. Структура вида у осетровых рыб. Внутривидовые формы. Изменчивость

Внутривидовые подразделения у осетровых рыб: подвиды, географические расы. Представления о яровой и озимой расах (экотипах), основные биологические черты группировок. Структура вида русского осетра в историческом прошлом: сезонные расы и группировки низшего порядка. Вопросы интегрированности и обособленности группировок в пределах локальных стад. Пластичность структуры видов осетров. Метаморфозы структуры популяции осетровых под влиянием антропогенного воздействия.

Тема 7. Аквакультура осетровых рыб. Проблемы и перспективы

История развития промысла и хозяйственного использования осетровых рыб в России от начала времён до начала XX века. Динамика разнообразия и численности осетровых рыб в исторической ретроспективе, от Каменного века до настоящего. Проблемы промысла осетровых на рубеже XIX-XX вв. в условиях интенсивного индустриального развития в Европейской России. Система управляемого осетрового хозяйства (1925–1938): история возникновения и основные направления становления и развития управляемого осетрового хозяйства в бассейне южных морей. Вопросы миграции осетров и перспектива гидростроительства. Разработка технологии искусственного воспроизводства и ведения управляемого осетрового хозяйства в условиях трансформации среды обитания. Перспективы развития осетрового хозяйства России в XXI веке.

Тема 8. Сельдёвые рыбы: подсемейство Алозы

Формирование анадромного образа жизни у сельдей и видовое разнообразие. «Пучки видов» у каспийско-черноморских сельдей.

Место алозоподобных сельдей в структуре семейства. Распространение, биология. Жизненный цикл проходных сельдей (европейская алоза, шед, мэнхедден). Алозоподобные сельди Понто-Каспийского бассейна. «Пучок видов» каспийских сельдей. Филогенез. Морские, полупроходные и проходные сельди. Структура вида у морских сельдей – особенности выделения локальных группировок и противоречия в их описании как подвидов. Видовое разнообразие проходных сельдей. Структура и разнообразие проходных сельдей Волжского бассейна. Противоречия систематики внутривидовых форм: черноспинка, волжская сельдь, «бегунки», сельдь Берга и др. Проблема соотношения «подвидов» и экологических форм. Вопросы изоляции. Проходные сельди волжского бассейна в условиях гидростроительства и антропогенного воздействия. Устойчивость группировок в пространстве и времени. Динамика структуры вида и популяции.

Тема 9. Семейство Карповые – обзор филогении и дивергенции у крупнейшего семейства пресноводных рыб. Направления эволюции, разнообразие, биология, хозяйственное значение

Происхождение и закономерности эволюционного процесса на уровне семейств и внутри семейства. Ареал в Кайнозойской эре. Формообразование в разных участках ареала. Биологическая характеристика рыб семейства. Особенности специализации, роль глоточных зубов в адаптивной дивергенции, экологические ниши в водоёмах разных природных зон. Жизненный цикл и репродуктивная биология. Группы карповых по типу размножения. Миграции, жилые и полупроходные формы. Инвазии карповых рыб. Роль карповых как маркерных видов при зоогеографическом районировании. Хозяйственное значение карповых в промысле, аквакультуре и рекреационном рыболовстве.

Тема 10. Особенности микроэволюционных процессов у карповых рыб в современную эпоху. Полиплоидия

Обзор проблемы структуры вида у карповых рыб, внутривидовые географические и экологические формы. Клинальная изменчивость. Микроэволюционные процессы в группе нагорно-азиатских карповых на примере полиморфизма и дивергенции у лжеосмана-нагорца. Алтайские османы из водоёмов Долины Озёр (Монголия): пример флуктуирующего разнообразия под влиянием долгопериодных климатических циклов. Комплекс форм-видов африканских усачей из водоёмов Эфиопии: соотношение процессов морфологической специализации, модификаций онтогенеза и дивергенции в условиях предгорных и горных водоёмов. Значение полиплоидии в эволюции карповых и щиповковых рыб. Серебряный карась: диплоидно-триплоидный комплекс в водоёмах Евразии. Ретикулярное видообразование в группе щиповок *Cobitis*: симпатричные полиплоидные комплексы в водоёмах Европы.

Тема 11. Аквакультура и хозяйственное использование карповых рыб

История изучения и развития проблемы акклиматизации карповых рыб в нашей стране в XX веке. Растительоядные рыбы Амура и работы по интенсивной аквакультуре многовидового сообщества карповых рыб. Использование рыб для решения частных проблем сельского хозяйства и локальной экономики. Сукцессии в составе ихтиофауны карповых рыб под влиянием крупномасштабных климатических факторов и антропогенной трансформации водоёмов. Представления об урбанистическом типе водоёмов и роль карповых рыб в их экосистемах.

Тема 12. Разнообразие рыб семейства Лососёвые мировой ихтиофауны. Филогения, родственные отношения и происхождения на уровне родов

Значение лососёвых в экономике человека как основа для пристального системного анализа биологии и изменчивости группы. Базальные роды Лососёвых – таймени и ленки. Продвинутые и эволюционно молодые группы. Бореальные и высокоарктические роды и виды. Взгляды на состав родов и видов в родах. Важнейшие биологические особенности разных родов лососёвых. Географическое распространение. Экосистемная роль в бореальных водах и водоёмах высоких широт. Хозяйственное значение.

Тема 13. Жизненный цикл анадромных лососёвых рыб

Детализованная схема жизненного цикла атлантического лосося. Периодизация, термины и определения. Анадромная миграция. Брачный наряд. Нерестилища и нерест, эмбрионально-личиночный период. Пресноводный период на стадии пестрятки, рост и продолжительность. Питание и распределение, территориальный образ жизни. Смолтификация, механизмы и гормональная регуляция. Покатная миграция, переход из пресных вод в морские. Морской период жизни, миграции, распределение в океане. Хоминг и стрэинг, механизмы, ольфакторный импринтинг. Вариации и эволюция анадромного образа жизни у других родов и видов лососёвых рыб.

Представление об «экосистеме лососёвой реки». Геоморфология рек аллювиального типа. Концепция «мозаики меняющихся биотопов». Особенности происхождения рек в местностях Кайнозойской складчатости Северной Пацифики. Характеристика рек аллювиального типа. Строение речной долины, ступенчатый профиль ложа. Элементарная геоморфологическая единица. Элементы строения речной долины, термины и определения. Русловой и подрусловой поток, их взаимодействие, грунтовые воды. Питание рек, гидрологический и термический режим. Апвеллинг и даунвеллинг в речной системе аллювиального типа. Русловые процессы в реках аллювиального типа. Роль растительной сукцессии в формировании структуры русла и водоёмов придаточной системы. Суть и определение понятия «мозаика меняющихся биотопов». Межгодовые кратко- долгосрочные изменения геоморфологии речного русла. Методы изучения строения речной системы. Жизненный цикл факультативно-анадромных видов лососей: кумжа, микижа, арктические гольцы. Понятие анадромных и диадромных типов жизненного цикла, полупроходной образ жизни лососей.

Тема 14. Тихоокеанские лососи *Oncorhynchus* и их эволюционное, экологическое и экономическое значение

Видовые особенности лососёвых рыб по биологии размножения, типы нерестилищ. Роль источников поверхностных и грунтовых вод для размножения лососёвых рыб. Коменсалистские межвидовые взаимодействия. Способы снижения внутри- и межвидовой конкуренции за нерестовые площадки. Роль водоёмов придаточной системы в обеспечении нереста лососей. Мозаичность среды обитания как основа для формирования и поддержания места обитания молоди разных видов. Сообщества молоди разных видов лососёвых рыб в экосистеме реки аллювиального типа. Роль древесной растительности в обеспечении функционирования мест обитаний молоди лососёвых. Роль завалов и заломов в русле. Особенности процессов деструкции трупов тихоокеанских лососей. Представления о понятии «биогеоценоз морского происхождения». Пути внедрения БМП в потоки вещества и энергии в экосистеме лососёвой реки. Роль аллювия в создании и поддержании продуктивности на локальном и экосистемном уровне. БМП и сообщества растений в пойме реки аллювиального типа как фактор устойчивости и продуктивности экосистемы.

Тема 15. Представления о сложно-комплексном виде у лососёвых рыб. Арктические гольцы. Структура группы и эволюционные процессы

Определение и понятие сложно-комплексного, или полно-комплексного вида. Уровни изменчивости, географические и экологические единицы. Развитие представлений об изменчивых системах видового уровня организации в XX века, теория «надвида». «Дробители» и «собиратели». Взгляд на устройство таксономических единиц видового уровня организации у арктических гольцов: арктический голец, мальма. Пролиморфные и мономорфные виды. Формо- и видообразование в озёрах, «пучки видов» озёрных гольцов. Криптические виды/формы (виды-двой-

ники). Формо- и видообразование в речных системах Арктики и Северной Пацифики. Изолирующие механизмы и закономерности дивергенции. Межвидовая интрогрессивная гибридизация у гольцов.

Тема 16. Жизненная стратегия, экотипы, расы, «экологические подвиды» у лососёвых рыб

Типы жизненной стратегии у лососей. Понятия, термины и определения. Методология выявления типов жизненной стратегии. Значение регистрирующих структур. Механизмы формирования разнообразия жизненной стратегии в поколении. Генетические и эпигенетические механизмы. Строение рек и комплекс абиотических параметров внешней среды как определяющие факторы для разнообразия жизненной стратегии в локальных популяциях. Популяционная структура вида и вариации жизненной стратегии у лососей на ареале. Сезонные расы/экотипы у лососей. Природа сезонных рас, различия и несравнимость явления у разных видов. Явление «карликовых форм»: обоеполые популяции и карликовые самцы. Взаимоотношения карликовых самцов и анадромных рыб.

Тема 17. Концепции вида, видо- и формообразование, внутривидовые формы у сиговых рыб

Общая характеристика эволюционной стратегии семейства. Особенности экологии в водоёмах Арктики, представление о нишах. Обзор видов и их распространение. Особенности размножения сигов. Нельма – специализированный вид. Пути проникновения в Каспий. Сиги с верхним ртом – ряпушки. Дивергенция европейской ряпушки в озёрах Северо-Запада. Основные отличия сибирской ряпушки. Сиги с конечным ртом – тугун, пелядь, омуль. Арктический и байкальский омуль – филогенетические отношения, основные отличия. Сиги с нижним ртом. Муксун, чир. Особенности экологии озёрно-речных сигов с нижним ртом. Сиг *Coregonus lavaretus*. Представления о структуре вида и закономерностях изменчивости на ареале. Попытки упорядочения внутривидовой классификации у сига. Работы Ю.С. Решетникова и его концепция «много- и малотычинковых» сигов Фенноскандии. Основные отличия группировок внутри линий «сига» и «пыжьяна». Особенности строения пресноводных водоёмов Арктической зоны. Принципы формирования продуктивности водоёмов и запасов сиговых рыб. Динамика численности и лимитирующие факторы популяций сиговых рыб. Полиморфизм как стратегия освоения ограниченных ресурсов высокоширотных водоёмов. Роль экологического полиморфизма сиговых рыб для устойчивости существования локальных популяций и видов в целом. Уязвимость арктических водоёмов и видовых комплексов сиговых рыб. Обская губа – уникальный сиговый водоём переходного типа в Голарктике. Особенности существования, годовые циклы миграций Обского комплекса сиговых рыб. История освоения запасов сиговых рыб северных водоёмов в XX веке. Искусственное воспроизводство сиговых рыб, пастбищное и полноцикловое хозяйства сиговых в Заполярье и Сибири. Проблема подбора объектов искусственного выращивания и функционирования аквакультуры сиговых. Проблема антропогенного воздействия и оценка его последствий на сиговых водоёмах Севера.

Тема 18. Принципы управления запасами лососёвых рыб и формирования продуктивности экосистем лососёвых рек. Аквакультура

Вопрос о режиме эксплуатации локальных стад тихоокеанских лососей в свете проблемы привнесения биогенов морского происхождения в континентальные экосистемы. Необходимость пропуска в реки достаточного количества производителей для поддержания продуктивности речной системы. Пойма как ведущий фактор в формировании численности поколений лососёвых. Проблема «расчистки русла» в свете теории «мозаики меняющихся биотопов», о необходимости сохранения природной структуры речного коридора. Методы воздействия на молодь лососей во время пресноводной фазы жизненного цикла. Обзор проблемы эксплуатации запасов лососёвых в XX веке, проблема сокращения запасов в условиях трансформации речных систем. Причины и ведущие факторы деградации природных популяций лососёвых рыб. Эволюция подходов к поддержанию продуктивности рек и запасов лососёвых рыб. Понятие и определение «пастбищного лососеводства». Успехи и проблемы в свете исторического опыта разведения разных видов лососёвых рыб. Концепция Лососёвого рыбоводного завода. Проблемы искусственной молоди. Угрозы со стороны ЛРЗ природным популяциям. Определение «полноциклового лососёвого хозяйства». История развития и состояние отрасли в XXI веке. Потенциал развития и плановые проблемы. Стратегические задачи развития управляемого лососёвого хозяйства в будущем в свете современных достижений.

Тема 19. Филогения и биология в группе щук. Пример консервативной эволюции на уровне семейства

Происхождение и пути эволюции в семействе щуковых. Консервативная эволюция, стабилизирующий отбор. Универсальность ниши и её валентность на широком географическом пространстве. Обзор видового разнообразия щуковых: щуки Старого и Нового света. Мономорфизм у рыб как альтернатива полиморфизму в водоёмах бореальной зоны. Биология и хозяйственное значение щуковых рыб.

Тема 20. Филогения и биология семейства Окунёвые Старого Света. Формирование жилого и полупроходного образа жизни окунёвых рыб в Понто-Каспийском бассейне

Обзор видового разнообразия и родственных отношений окунёвых рыб в Евразии. Роды и виды окунёвых рыб. Экосистемная роль. Обыкновенный окунь: экологические формы, пластичность онтогенеза, закономерности дифференциации в поколении. Особенности биологии. Обыкновенный ёрш: пластичность вида и экологическое формообразование в условиях трансформации среды обитания. Группа судаков Старого Света: видовое разнообразие и биологические особенности. Обыкновенный судак: внутривидовой полиморфизм. Речные, озёрные, жилые и полупроходные формы. Полупроходной судак нижнего течения крупных равнин-

ных рек Понто-Каспийского бассейна. Пространственная дифференциация. Разнообразие типов миграционной стратегии. Проходной, полупроходной, реодромный и осёдлый судак. Структура популяции в водоёмах разного типа. Репродуктивная стратегия. Популяционная организация судака в условиях антропогенной трансформации среды обитания.

Тема 21. Ихтиофауна озера Байкал. Возникновение и пути формирования разнообразия. Байкальский эндемизм и микроэволюционные процессы в группе байкальских *Cottoidei*

Происхождение и разнообразие фауны рыб озёра Байкал и других озёр Байкальской рифтовой долины. Лимнологическое описание озера, вертикальное и горизонтальное районирование. Грунты и биотопы от озёрной литорали до гипolimниона. Видовой состав и основные биологические особенности байкальских сиговых и хариусовых рыб. Эндемичные рыбы Байкала: *Cottocomphoridae*, *Comphoridae*. Пелагические и придонные виды. Вертикальное распределение, экологические ниши и биологические особенности. Жизненный цикл прибрежных и глубоководных видов. Байкальские голомянки – биология, экосистемная роль. Байкальские эндемики как модельный объект для решения задач фундаментальной биологии. Хозяйственное значение байкальских рыб.

Тема 22. Пространственная структура вида у морских бореальных видов рыб с протяжённым ареалом: сельдёвые

Краткий обзор условий существования морских рыб в бореальной зоне Северной Атлантики и Северной Пацифики. Морские течения, побережье, шельфовая зона, континентальный свал. Обзор родов и видов сельдёвых рыб. Широтная стратификация родов и видов. Представления о мигрантных видах с широким ареалом и немигрантных узкоареальных. Килька, шпрот у берегов Европы: подвиды, биология, хозяйственное значение. Атлантическая сельдь: структура вида у морских пелагических рыб с широким ареалом. Подвиды: океаническая сельдь и салака. Локальные стада океанической сельди: атлантико-скандинавское, исландское, норвежское, банковские сельди Северного моря, сельди Датских проливов, сельдь Западной Атлантики. Биологические особенности сельди разных локальных стад как отражение системы локальных адаптаций. Дифференциация балтийской салаки, происхождение и родственные отношения. Тихоокеанская сельдь: важнейшие биологические особенности, отличия от атлантической. Распространение, внутривидовые подразделения, локальные стада. Сельди Белого моря: дифференциация, биологические особенности форм. Сардины Атлантики и Пацифики: основные биологические особенности и миграционные циклы субтропических форм сельдёвых рыб.

Тема 23. Пространственная структура вида у морских бореальных видов рыб с протяжённым ареалом: тресковые

Обзор видового разнообразия тресковых рыб Атлантического и Тихого океанов. Биология и экологические ниши в бореальных морях и в бассейне Северного Ледовитого океана. Структура вида атлантическая треска: пространственная дифференциация и миграционные циклы. Локальные стада и экологические группировки. Биология трески Лофотено-Баренцевоморского стада. Нерестилища и нерест, расселение личинок. Прибрежная и океаническая треска. Локальные экологические группировки низшего уровня иерархии. Скрэй Северной Норвегии. Треска Белого моря: история изучения дифференциации вида в водоёме арктического типа. Разнообразие форм и современный взгляд. Сайда, люр и пикша. Тихоокеанская треска: биология и отличия от атлантической. Родственные отношения. Минтай Северной Пацифики – биология, внутривидовая дифференциация. История освоения ресурсов и современное хозяйственное значение.

Тема 24. Морские окуни Северной Атлантики: видовой комплекс и внутривидовая структура. Особенности адаптаций массовых мезопелагических рыб в мозаичных условиях существования

Обзор филогении и систематики группы морских окуней семейства Sebastidae в Северной Пацифике и Северной Атлантике. Видовое разнообразие, вертикальное и горизонтальное распределение. Придонные и пелагические виды. Продолжительность жизненного цикла и репродуктивная биология. Яйцекладущие и живородящие виды. Роды и виды морских окуней Северной Атлантики: основные отличия от тихоокеанских видов. Атлантические морские окуни рода *Sebastes* Северной Атлантики: сложный случай систематики близкородственных видов при слабо выраженной морфологической и генетической дивергенции. Различение видов. Жизненный цикл массовых видов мезопелагических морских окуней: клювач и золотистый окунь. Вертикальное и горизонтальное распределение в водах Северной Атлантики: зоны нагула, скрещивания, вымета личинок. Зоны оседания и «нестерильного выноса». Вопросы пространственной и популяционной организации морских окуней. Вопросы межвидовой гибридизации. «Окуни-гиганты» Западной Атлантики и Гренландского моря. Хозяйственное значение.

Тема 25. Особенности ихтиофауны Северного Ледовитого океана. Видовой состав, филогенез, биологические особенности

Общая характеристика строения Центрального бассейна и окраинных морей Северного Ледовитого океана. Гидрологический и термический режим. Структура течений, глубины и условия существования рыб. Черты строения морской ихтиофауны Арктики. История изучения ихтиофауны Арктики. Происхождение арктической ихтиофауны. Черты адаптации и биологический облик арктических рыб. Состав ихтиофауны окраинных морей Арктического бассейна, от Баренцева до Чукотско-

го. Хрящевые рыбы. Костистые рыбы. Видовой состав, распределение, биология, хозяйственное значение. Прибрежные и солоноватоводные рыбы шельфовой зоны и областей континентального стока. Динамика рыбного населения и видового состава рыб в условиях глобального потепления.

**Тема 26. Ихтиофауна морей Южного Океана – Антарктики.
Видовой состав, филогенез, биологические особенности.
Хозяйственное значение**

Общая характеристика морей Южного океана, специфические особенности континентального шельфа и материкового склона приантарктических вод. Условия существования рыб. Состав ихтиофауны. Семейство Нототениевые – эндемичная группа, пути формирования разнообразия, видовой состав. Семейства Щекороговые – Bovichthyidae; Нототениевые – Nothotheniidae; Бородатковые – Harpagiferidae; Антарктические плосконосы – Bathydraconidae; Щуковидные белокровки – Channichthyidae. Основные представители, экология. Хозяйственное значение. Особенности регулирования использования биоресурсов в нейтральных приантарктических водах.

**Тема 27. Экосистемы водохранилищ водопроводного типа.
Конструирование ихтиофауны, пути управления**

Понятие и определение водохранилищ водопроводного типа. История возникновения, особенности, отличия от напорных водохранилищ для ГЭС. Функциональная нагрузка водохранилищ водопроводного типа, качество воды как главная характеристика. Представления о сбалансированной утилизации органического вещества в водохранилищах. Представления о рекреационном рыболовстве как методе регулирования качества воды. История сукцессии ихтиофауны в водохранилищах равнинного типа. Трансформации рыбного населения и биологических характеристик видов. Особенности ихтиофауны водохранилищ в период климакса. Методы воздействия на состав и разнообразие ихтиофауны. Искусственные нерестилища и другие мероприятия по повышению продуктивности водохранилищ. Мониторинг состояния ихтиофауны.

**Тема 28. Рекреационное рыболовство и его перспективы как
компонента системы управления водными биоресурсами**

Современное состояние спортивного и любительского рыболовства в мире и в России. Охват населения, доля в локальной и национальной экономике и оценка величины воздействия на запасы рыб. Сходства и отличия воздействия промысла и любительского рыболовства на водные биоресурсы и экосистемы. Принципы неистощительного использования водных биоресурсов, принцип «поймал – отпусти», его применимость к разным группам рыб и разным природным зонам. Любительское рыболовство как важнейший элемент локального кластера экотуризма. Перспективы управляемого любительского рыболовства как альтернативная и/или дополняющая стратегия использования водных биоресурсов, его роль в развитии региональных экономик.

Рекомендуемая литература

Основная

- Вавилов Н.И. 1967. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости: линнеевский вид как система. Л: Наука. 92 с.
- Майр Э. 1974. Популяции, виды и эволюция. М: Мир. 460 с.
- Никольский Г.В. 1980. Структура вида и закономерности изменчивости рыб. М: Пищевая промышленность. 183 с.
- Васильев В.П. 1985. Эволюционная кариология рыб. М: Наука. 300 с.
- Мина М.В. 1986. Микроэволюция рыб. М: Наука. 208 с.
- Алтухов Ю.П. 1989. Генетические процессы в популяциях. М: Наука. 327 с.
- Hendry A.P., Stearns S.C. 2004. Evolution illuminated. Salmon and their relatives. Oxford, Univ. Press. 510 p.

Дополнительная

- Семёнов-Тян-Шанский А. 1910. Таксономические границы вида и его подразделений. СПб: Импер. АН. 29 с.
- Световидов А.Н. 1948. Трескообразные. Л: АН СССР. 221 с.
- Завадский К.М. 1968. Вид и видообразование. Л: Наука. 404 с.
- Шмальгаузен И.И. 1968. Факторы эволюции. М: Наука. 452 с.
- Уоддингтон К.Х. 1970. Основные биологические концепции. М: Мир. 184 с.
- Филипченко Ю.А. 1977. Эволюционная идея в биологии. М: Наука. 228 с.
- Викторовский Р.М. 1978. Механизмы видообразования у гольцов Кроноцкого озера. М: Наука. 111 с.
- Грант В. 1980. Эволюция организмов. М: Мир. 407 с.
- Коновалов С.М. 1980. Популяционная биология тихоокеанских лососей. Л: Наука. 240 с.
- Пианка Э. 1981. Эволюционная экология М: Мир. 400 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет при применении стандартных поисковых систем Google Scholar:

<http://www.fishbase.com>,
<https://scifinder.cas.org>.

Составитель: профессор, д.б.н. Кузищин Кирилл Васильевич

ПОПУЛЯЦИОННАЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ РЫБ

(курс лекций, обязательный)

Тема 1. Введение в проблему и общие вопросы

Основные понятия, термины и определения, используемые в современной литературе, посвящённой структуре вида и микроэволюционным процессам у рыб. Цель и основные задачи курса. Основные общие проблемы, связанные с популяционной (пространственной) организацией вида у рыб, их роль для решения вопросов фундаментальных проблем современной биологии и прикладных проблем, связанных с разработкой и оптимизацией стратегии рационального использования водных биоресурсов. Развитие концепции вида у рыб и эволюция взглядов критерии вида и его границы в представлениях ихтиологов XX века. Достижения и нерешённые вопросы. Актуальность исследований по структуре вида и процессам формо- и видообразования. Трудности таксономии систематики рыб в свете современных знаний. Основные подходы к выделению внутривидовых единиц, обзор существующих внутривидовых таксонов и группировок. Проблема внутривидового устройства и рыб и биоразнообразия на разных уровнях организации живого. Проблема изменчивости у рыб, представления об индивидуальной паратипической и групповой наследственной изменчивости. Представления о популяции рыб и её особенности, сходство и отличия рыб от других животных. Общие представления о механизмах изоляции внутривидовых единиц у рыб. Толерантность к факторам внешней среды и её взаимосвязь с внутривидовой организацией у рыб. Общие представления о формах и темпе отбора у рыб. Вопросы динамичности и стабильности важнейших биологических параметров у рыб, роль факторов внешней среды в сдвигах вариационных кривых и причинно-следственные связи с климатическими сдвигами и иными формами крупномасштабных изменений внешних факторов. Антропогенная трансформация и её последствия на внутривидовое устройство и микроэволюционные процессы у рыб. Краткий обзор важнейших литературных источников по проблеме.

Тема 2. Пространственная организация вида на ареале

2.1. Общие вопросы

Популяционная структура вида у пресноводных рыб. Понятие «популяция» у пресноводных, полупроходных и проходных рыб. Содержание понятий «локальное стадо», «локальная популяция», «подвид». Представления об изолирующих механизмах и барьерах между популяциями. Поток генов между популяциями, связующие системы. Изоляция пространственных группировок и её роль в микроэволюционных процессах. «Изоляция расстоянием» (isolation-by-distance). Клинальная изменчивость и её предпосылки, формы клин в природе. Дрейф генов в популяции и его результаты. Движущий отбор и его последствия у рыб. Мониторинг и оценка

временных рядов. Аллопатрическое видообразование и роль подвидов. Методология выявления пространственной организации, каталогизация популяций. Значение фундаментальных работ по популяционной структуре в организации стратегии рационального неистощительного хозяйственного использования природных популяций рыб. Подходы к установлению критериев устойчивости и оценке состояния популяций. Опыт организации дифференцированного подхода к сохранению локального разнообразия рыб.

2.2. Популяционная структура вида у пресноводных рыб

Современные представления по популяционной биологии пресноводных рыб: метапопуляция, субпопуляция, локальная адаптация. Принципы оценки размаха изменчивости вида на ареале. Структура ареала. Роль оледенений в расселении и формировании популяций у видов бореальной зоны и высоких широт. Влияние геоморфологии водных систем на распространение и формирование популяционной структуры у видов. Роль биологических инвазий в поддержании и нарушении структуры вида. Квазистационарное состояние границ популяций и представления о динамичном ареале. Реодромные (потамодромные) миграции и их роль в поддержании интегрированности вида как системы. Представления о сукцессии рыбных сообществ в водоёмах. Структура вида у универсалистов-ценофилов и специалистов-ценофобов.

2.3. Популяционная структура у проходных рыб

Биологические особенности проходных рыб, определяющие формирование популяций и их границ. Роль и место морских миграций в поддержании связанности локальных популяций. Филопатрия, хоминг и стрэинг, влияние на поток генов между популяциями и субпопуляциями. Расселение, освоение новых районов, эффект основателя и эволюционные последствия расширения и сокращения границ ареала. Краевые популяции и их роль в эволюционном процессе у видов.

2.4. Популяционная структура у морских рыб

Отличия формирования пространственной организации у морских рыб в безбарьерной среде с континуальными характеристиками абиотических внешних факторов. Причины возникновения пространственной дискретности и существования локальных узкоареальных группировок морских рыб. Взгляды на концепцию подвида у морских рыб. Основные различия в популяционной организации у морских рыб высоких широт, бореальной, субтропической и тропической зоны.

Тема 3. Структура популяции: биологические параметры и модификационная изменчивость

3.1. Общие вопросы

Обзор внутривидового экологического разнообразия рыб. Расы, формы, экотипы: определение, классификация, иерархия. Наследственная и ненаследственная природа экологических группировок. Вопросы универсальности и локальности: симпатричные и аллопатричные группировки. Принципы взаимоотношений, границы группировок. Предпосылки и причины возникновения структурированности

внутри локальных популяций. Полиморфизм: к вопросу об устойчивости во времени и источник для микроэволюционных процессов. Биологические параметры (возраст, рост, соотношение полов и т. д.): нижний уровень иерархии биоразнообразия. Методология выявления локального экологического разнообразия, обзор успехов и трудностей у рыб разных таксономических групп.

3.2. Проходные и жилые группировки

Обзор полиморфных видов, в пределах которых наблюдается сосуществование группировок с разной степенью выраженности миграционного поведения. Жизненная стратегия и тактика: суть явления, определения, признаки. Особенности морфофизиологических преобразований при смене среды обитания. Миграционный полиморфизм: отношение к солёности, протяжённость и длительность миграций. Роль эндогенных и экзогенных факторов в предопределении миграционного поведения. О соотношении жилых и проходных группировок на ареале, причины неоднородности, о выраженности анадромии в краевых популяциях. Влияние геоморфологии водных систем на разнообразие миграционных типов. Взаимоотношения между жилыми и проходными: от изоляции до панмиксии. О применимости и относительности понятия «форма» к жилым и проходным рыбам. Вопросы обратимости миграционного поведения и переходов в онтогенезе. Теория «издержек» («Trade-off») при эволюционном выборе альтернативных жизненных стратегиях. Проходные и жилые группировки в свете проблематики r- и K-стратегии. Методология выявления миграционного полиморфизма у рыб. Инструментальные методы вертикального ретроспективного анализа расшифровки жизненного цикла рыб. Значение явления анадромии и резидентности для решения вопросов сохранения и восстановления локальных популяций в результате антропогенного воздействия.

3.3. Сезонные экотипы у рыб

Обзор существующего опыта по выявлению аллопатрических и симпатрических экотипов, различающихся временем нереста. Вариативность явления, сходство и различия у рыб разных таксономических групп. Биологические отличительные особенности сезонных экотипов. Адаптивное значение симпатричных сезонных экотипов. Вопросы изоляции сезонных экотипов и интегрированности вида в пределах одной области обитания. Сезонные экотипы и их генетическая структура. Изоляция экотипов: механизмы и природные барьеры. Сезонность периода размножения и протекание ранних стадий онтогенеза: темп развития, гетерохронии, адаптации. Роль полиморфизма сезонных экотипов в устойчивости существования вида во времени и в пространстве. Сезонные экотипы и вопросы оптимизации хозяйственного освоения локальных стад. Сезонные экотипы и стратегия развития искусственного воспроизводства хозяйственно-ценных видов рыб (осетровые, лососёвые): прикладные аспекты ведения пастбищной аквакультуры.

3.4. «Букеты форм/видов» у рыб

Суть явления, история научного анализа, встречаемость «букетов» в водоёмах земного шара и у разных таксономических групп рыб. Вопросы филогении, биологических, генетических и экологических параметров компонентов «букетов».

«Букеты» в свете проблемы формо- и видообразования у рыб: симпатрическое или аллопатрическое? Представления о филетических линиях и истории расселения у бореальных видов в послеледниковый период. Соотношение фенетической и генетической изменчивости компонентов букетов. Разнообразие компонентов «букетов»: определяющие факторы, влияние абиотических и биотических факторов. Устойчивость «букетов» во времени в свете проблемы рыбных сообществ в водоёмах. Вопросы изоляции и дивергенции. Субъективизм выделения «букетов» во всём многообразии: источники ошибок и недооценки. Криптические симпатрические формы/виды. Темпы отбора и обратимость формообразования. Методологические подходы к оценке разнообразия форм в водных системах: объективная необходимость комплексного предосторожного подхода при анализе сложных случаев многообразия форм у рыб. Прикладные аспекты: сохранение биоразнообразия, рациональное освоение водных биоресурсов, аквакультура.

Тема 4. Формо- и видообразование у рыб

4.1. Аллопатрическое видообразование у рыб

Географическая изменчивость на марко-, мезо- и микроуровне. Мозаика среды обитания вида на ареале. Предпосылки формирования изолятов на ареале. Геологическая история и современное распространение подвидов. Границы водосборных бассейнов и внутриречные барьеры как основа для возникновения изолятов. Роль узколокальных вариететов в формировании системы изолятов. Особенности взглядов на ранг «подвид» применительно к морским и пресноводным видам. Узкоареальные подвиды у морских и пресноводных рыб. Проблема подвидов у морских глубоководных рыб. Ситуация вторичного контакта подвидов: место в сообществах, механизмы изоляции, эволюционная судьба группировок. Расселение и адаптивная радиация под влиянием макромасштабных климатических сдвигов.

4.2. Симпатрическое видообразование у рыб

Проблематика взглядов ихтиологов на вероятность симпатрического формо- и видообразования у морских и пресноводных рыб. Экологическая пластичность и полиморфизм как широкая основа для локальной дивергенции у бореальных пресноводных рыб. Обзор типов отбора: дизруптивный, движущий, стабилизирующий как механизмы формообразования. Этапы процесса формо- и видообразования у рыб. Теория сложнокомплексного вида. Обратимость формо- и видообразования. Вертикальные реконструкции формо- и видообразования. Эволюционный стазис и микроэволюционные процессы у рыб. Дискретные адаптивные нормы и их роль в мирозволюционном процессе. Методология анализа природных ситуаций формо- и видообразования, проблематика поиска доказательств объективности симпатрического формо- и видообразования. Вопросы конвергенции алло- и симпатрического формо- и видообразования в рамках одного видового комплекса. Прикладное значение исследований для рационального использования водных биоресурсов.

4.3. Ретикулярное видообразование и гибридизация рыб в природных условиях

Общие вопросы и опыт выявления продуктов ретикулярного видообразования в природе, термины и определения применительно к рыбам. Интрогрессия генов у рыб и её последствия, сопоставление интрогрессии и завершённого процесса видообразования. Молекулярные механизмы гибридизации. Гибридизация у рыб в природной среде: причины, масштабы, частота встречаемости. Межвидовая изоляция – основные механизмы и причины её нарушения в природных условиях. Прегиготическая и постгиготическая изоляция. Представления о природной гибридной зоне, её основные типы и модели функционирования. Этапы ретикулярного видообразования. Проблема завершения ретикулярного видообразования: место в сообществах и экологическая ниша гибридов. Искусственные гибриды в аквакультуре и в природной среде: достижения и проблемы.

Тема 5. Структура вида, популяции и микроэволюционные процессы в условиях антропогенной трансформации водоёмов и деградации водной среды.

5.1. Процессы ответной адаптации к целевому избирательному промыслу рыб

Опыт эксплуатации водных биологических ресурсов во внутренних водоёмах и в море. Воздействие промысла как фактора внешней среды в системе ответных реакций рыб на популяционном уровне организации. Теория эффективного размера популяции. Опыт анализа деградации и восстановления популяций хозяйственно ценных рыб. Концепция предосторожного подхода к использованию водных биоресурсов. Инструменты популяционного анализа и прикладные аспекты организации промысла – параметры запаса, ОДУ. Популяционный подход при определении промысловых нагрузок. Перелов и его воздействие на устойчивость, фенетическое и генетическое разнообразие популяций. Пути восстановления природного разнообразия.

5.2. Антропогенная трансформация водоёмов и её последствия для рыб

Фрагментация среды обитания и пространственная организация рыб. Искусственные физические барьеры как факторы микроэволюционного процесса. Водохранилища на внутренних водоёмах как фактор революционных изменений на ареале рыб: перестройки сообществ, возникновение новых изолятов и группировок популяционного уровня организации, вектора отбора в новых условиях существования. Изменение водного режима внутренних водоёмов как фактор коренных перестроек в рыбных сообществах; влияние на формирование быстрых адаптаций и ускорение микроэволюционных процессов. Дрейф генов и движущий отбор в антропогенной среде. Популяционная структура и продуктивность локальных стад рыб в изменённых водоёмах. Подходы к управлению популяциями в изменённой среде обитания.

5.3. Сохранение биоразнообразия и эволюционного потенциала рыб в современных условиях

Рыбы как объект историко-культурного наследия народов Земли. Принципы и способы выявления и поддержания природного разнообразия рыб. Значимость всего размаха изменчивости для сохранения рыб. Эволюционно значимые единицы разнообразия, единицы сохранения биоразнообразия и другие внутривидовые подразделения, играющие особую роль в устойчивом существовании видов на ареале. Принципы неистощительного использования водных биоресурсов. Альтернативы промыслу. Экосистемный подход к сохранению природного разнообразия рыб.

Рекомендуемая литература

- Мина М.В. 1986. Микроэволюция рыб. М: Наука, 247 с.
- Hendry A.P., Stearns S.C. 2004. Evolution illuminated. Oxford university press, 510 p.
- Майр Э. 1974. Популяции, виды и эволюция. М.: 460 с.
- Солбриг О., Солбриг Д. 1982. Популяционная биология и эволюция. М: Мир, 488 с.
- Мониторинг биоразнообразия. 1997. М: РАН, 356 с.
- Северцов А.С. 2008. Эволюционный стазис и микроэволюция. М: КМК, 176 с.
- Концепции вида и симпатрическое видообразование. 1983. М: МГУ, 192 с.
- Hanski I., Ovaskainen O. 2003. Metapopulation theory for fragmented landscapes // Theoretical population biology. Т. 64. №. 1. С. 119–127.
- Hanski I. 2004. Metapopulation theory, its use and misuse // Basic and Applied Ecology. Т. 5. №. 3. С. 225–229.
- Павлов Д.С., Савваитова К.А., Кузищин К.В. и др. 2009. Состояние и мониторинг биоразнообразия лососёвых рыб и среды их обитания на Камчатке. М: КМК, 156 с.
- Павлов Д.С., Кириллов П.И., Кириллова Е.А. и др., 2016. Состояние и мониторинг биоразнообразия рыб, рыбообразных и среды их обитания в бассейне р. Утхолок. М: КМК, 198 с.
- Тяптиргенов М.М. 2016. Изменение рыбного населения пресноводных водоёмов Якутии в условиях антропогенного загрязнения. М: Полиграф-Плюс, 308 с.
- Шунтов В.П., Темных О.С. 2011. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Владивосток, изд-во ТИНРО, 474 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет при применении стандартных поисковых систем Google Scholar:
<http://www.fishbase.com>,
<https://scifinder.cas.org>.

Составители: профессор, д.б.н. Кузищин Кирилл Васильевич, старший научный сотрудник, к.б.н. Груздева Марина Александровна

КОММУНИКАЦИИ РЫБ

(курс лекций, по выбору)

Введение

Коммуникация животных, общие положения, терминология. Распространение внутри- и межвидовой коммуникации у животных. Сенсорные каналы получения информационных сигналов. Взаимосвязь между экологическим разнообразием и формами и способами коммуникации у рыб. Типы стимулов, обеспечивающих коммуникацию у рыб. Схема получения животными информационных сигналов и реализации поведенческого ответа (рецепторы и эффекторы, нервные пути и мозговые центры).

Тема 1. Хемокоммуникация рыб (хемосигнализация)

Представление об эволюционной древности хеморецепции и передачи организмами информации с помощью химических сигналов. Хемосенсорные системы рыб, их различие по структуре, функции и роли в поведении рыб, история вопроса.

Тема 2. Обонятельная коммуникация

Обонятельная система рыб. Расположение и морфология органа обоняния и других структур обонятельной системы. Количество и разнообразие обонятельных рецепторных клеток (сенсорных нейронов). Функциональные свойства обонятельной системы. Распространение запахов в водной среде, структура обонятельного шлейфа. Способы ориентации рыб на запахи, обонятельный тропо- и клинотаксис. Дистантность обонятельной системы. Типы обонятельных сигналов животных – семио-, инфо- и аллохемики, феромоны, кайромоны, алломоны, сигналы-релизеры и сигналы-праймеры и др. Источники и пути поступления запаховых веществ в воду, запаховые железы у рыб. Общее представление о природе химических сигналов рыб, проблемы идентификации.

Общее представление о распространении запаховой коммуникации среди рыб и обонятельной регуляции поведения. Запаховая коммуникация в репродуктивном поведении, распространение феромональной регуляции полового поведения у рыб. Продуцирование половых феромонов особями разного пола. Межвидовая эффективность половых феромонов. Комплекс половых феромонов, последовательность вовлечения разных половых феромонов в регуляцию репродуктивного поведения. Природа половых феромонов. Поведение рыб, вызываемое половыми феромонами (осетровые, разные группы костистых рыб и др.). Эффективность обонятельного поиска половых партнёров (на примере мезопелагических рыб). Хемокоммуникация родителей и потомства у цихлидовых рыб.

Химические сигналы опасности. История обнаружения феромона тревоги, его распространение среди рыб, особенности вызываемого им оборонительного поведения, экологические стереотипы реагирования, межвидовая эффективность,

врождённая реакция, праймерное действие феромона тревоги и другие свойства. Кайромоны тревоги, распространение, релизерное и праймерное действие, «фактор звериной шкуры». Феромоны стресса. Алломоны тревоги. Миграционное поведение, феромональная гипотеза хоминга лососевых. Запахи и территориальное поведение у рыб. Формирование хемокоммуникаций в онтогенезе рыб. Уязвимость хемокоммуникаций рыб к химическому загрязнению воды. Представление об эволюции хемокоммуникаций. Природа естественных химических сигналов, проблемы и перспективы их идентификации, история выяснения природы феромона тревоги карповых рыб.

Тема 3. Общее химическое чувство и коммуникации

Основные представления о структуре и функции общего химического чувства у рыб. Специализированная система одиночных хемосенсорных клеток. Примеры хемокоммуникаций рыб, обеспечиваемых общим химическим чувством. Распространение химической защиты от рыб среди водных организмов. Свойства природных пищевых химических детеррентов, их межвидовая эффективность, химическая природа.

Тема 4. Акустическая коммуникация рыб (биоакустика)

Слуховая система. Анатомия и морфология внутреннего уха (лабиринт), отолитовые органы и отолиты. Принципы слуховой рецепции у рыб. Разнообразие и основные типы аксессуарных слуховых структур, основные параметры слуховой чувствительности рыб, слуховые специалисты и слуховые генералисты. Звукогенерация у рыб: распространение, способы звукогенерации и звукогенераторные органы, классификации звуков, корреляция соно- и аудиограмм у рыб.

История биоакустики рыб. Звуковая сигнализация у рыб в репродуктивный период: горбылёвые (Sciaenidae), рыбы-жабы (Batrachoididae), тресковые (Gadidae), бычковые (Gobiidae), помацентровые (Pomacentridae), каменные окуни (Serranidae). Звуковая сигнализация при территориально-агрессивных и иерархических взаимодействиях (керчаковые Cottidae, желтокрылковые Cottocomphoridae, рыбы-бабочки Chaetodontidae, тресковые Gadidae и др.). Звуковая сигнализация при конкурентном питании (морские петухи Triglidae). Звуковая сигнализация при социальных контактах (карапусы Carapidae). Сезонная и суточная ритмики эмиссии звуков. Дистантность звуковой коммуникации у рыб. Формирование звуковой коммуникации в онтогенезе рыб. Пассивная гидроакустика: история, достижения, проблемы, перспективы. Антропогенное шумовое загрязнение водоёмов и звуковая коммуникация рыб.

Тема 5. Сейсмосенсорная коммуникация

Боковая линия как сейсмосенсорная система. Невромаст и его структура, принцип работы. Канальные и поверхностные невромасты, их морфологические особенности, численность и топография, функциональные особенности. Источники низкочастотных колебаний – адекватных стимулов для рецепторов боковой линии

рыб. Темпоральные параметры гидродинамического следа рыб. Роль боковой линии в коммуникациях рыб при нересте, при взаимодействиях родителей и потомства, в обнаружении хищников и при питании. Боковая линия и стайное поведение.

Тема 6. Электрокоммуникация

Типы электрорецепторов, их строение, расположение, распространение среди рыб, сравнительная характеристика основных функциональных параметров. Принципы пассивной и активной электролокации и электроориентации. Электрические органы, их устройство и принцип работы, распространение среди рыб, сильно-, слабо- и неэлектрические рыбы. Эволюционная последовательность возникновения электрорецепции, электрогенерации и электрокоммуникации. Разнообразие формы, длительности и частоты электрических разрядов у слабоэлектрических рыб. Видовое соответствие частоты электрических разрядов и функциональных характеристик электрорецепторов. Электрические разряды при агрессивных взаимодействиях. Электрокоммуникация в нерестовом поведении слабоэлектрических рыб: ритуал спаривания и электрогенерация у клариевых сомов (*Clariidae*), электрокоммуникация в нерестовом поведении скатов.

Тема 7. Зрительная коммуникация

Строение глаза у рыб. Особенности зрения рыб: цветовое зрение, восприятие поляризованного света и УФ-света, дальность видения, сумеречное зрение. Монокулярное и бинокулярное зрительные поля, их размеры. Проникновение солнечного света в воду, изменение спектральных характеристик от глубины. Поглощение и рассеивание света в воде. Зависимость зрения от внешних условий (суточные и сезонные колебания освещённости, влияние метеоусловий, мутности). Зрительные сигналы, используемые для коммуникации: цвет и окраска тела, плавников, глаз, размеры, форма, число и расположение полос и пятен, двигательные акты и позы (демонстрации), биолюминесценция, флуоресценция. Половой диморфизм в окраске. Возрастные изменения в окраске. Скорость изменения окраски рыбами.

Зрительные сигналы рыб при агрессивных взаимоотношениях в связи с охраной территории, внутригрупповыми конфликтами, репродуктивной конкуренцией. Зрительные сигналы подчинения. Агонистические и пищевые демонстрации у пелагических акул. Агрессивные зрительные демонстрации и ритуалы у трёхиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus*. Зрительная сигнализация у рыб в репродуктивном поведении и при проявлении заботы о потомстве. Зрительная сигнализация в стайном поведении рыб, расположение рыб в стае, распространение волны возбуждения, стайное маневрирование и смена динамично-стабильных состояний стаи. Стайная окраска, её возрастные изменения. Зрительная сигнализация рыб при питании. Зрительная мимикрия у рыб. Использование биолюминесценции и флуоресценции для сигнализации. Светящиеся рыбы. УФ-зрение и сигнализация. Использование зрительных моделей в исследованиях коммуникации рыб. Полимодальная сигнализация рыб.

Рекомендуемая литература

- Касумян А.О. 2003. Боковая линия рыб. Учебное пособие. М.: Издательство Московского университета. 93 с.
- Касумян А.О. 2005. Структура и функция слуховой системы рыб. Учебное пособие. М.: Издательство Московского университета. 109 с.
- Касумян А.О. 2008. Звуки и звукопроизводство у рыб. Учебное пособие. М.: Изд-во Московского университета. 117 с.
- Касумян А.О. 2009. Звуковая сигнализация у рыб. Учебное пособие. М.: Изд-во Московского университета. 157 с.
- Касумян А.О. 2026. Хемокоммуникация рыб: общение с помощью дистантных химических сигналов. Пособие для студентов. Белгород: КОНСТАНТА. 144 с.
- Касумян А.О., Павлов Д.С. 2018. Стайное поведение рыб. М.: Товарищество научных изданий КМК. 273 с.
- Протасов В.Р. 1978. Поведение рыб. М.: Пищевая промышленность. 296 с.
- Протасов В.Р. 1965. Биоакустика рыб. М.: Наука. 206 с.
- Никольский И.Д., Протасов В.Р., Романенко Е.В., Шишкова Е.В. 1968. Звуки рыб. Атлас. М.: Наука. 94 с.
- Протасов В.Р., Никольский И.Д. 1969. Голоса в мире безмолвия. М.: Пищевая промышленность. 143 с.
- Таволга У.Н. 1969. Морская биоакустика. Ленинград: Изд-во «Судостроение». 424 с.
- Малюкина Г.А., Протасов В.Р. 1960. «Слух», «голос» и реакция рыб на звуки // Успехи соврем. биол. Т. 50. Вып. 2. № 5. С. 229–242.
- Зоограф Н. 1890. Музыка природы (естественно-исторические очерки). Очерк второй. Музыка водных обитателей // Русское обозрение. Т. III. С. 765–781.
- Павлов Д.С. 1989. Хемочувствительность и хемокоммуникации рыб. М., Наука. 196 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические и другие базы данных, доступные через Интернет:

<https://dosits.org/science/sound/what-is-sound/>

<http://www.chem.msu.ru/rus/library/licenced.html>

<http://fishbase.org>

Составитель: заведующий кафедрой, профессор, д.б.н. Касумян Александр Ованесович

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИХТИОЛОГИИ (курс лекций, по выбору)

Тема 1. Основные методы исследований популяционной структуры рыб с использованием методов молекулярно-генетического анализа

Основные принципы сбора проб и фиксации материала для генетического анализа. Исследование генетического полиморфизма в популяциях рыб с помощью биохимических маркеров. Исследование популяционно-генетической структуры с помощью маркеров ядерной и митохондриальной ДНК.

Тема 2. Генетические методы исследования количественных признаков

QTL-локусы. Environmental DNA-методы изучения биоразнообразия с помощью ДНК из окружающей среды.

Тема 3. Экспериментальные методы в исследованиях сенсорных систем

Электрофизиологические методы, поведенческие тесты, метод условных рефлексов, методы сенсорной депривации, индивидуальное и групповое мечение. Методы исследования обоняния рыб: регистрация ЭОГ и ЭЭГ, одно- и многоканальные поведенческие установки, лабиринты с встречными, параллельными, точечными потоками воды, использование окрашенных растворов для контроля распределения запаховых веществ. Методы регистрации поведенческого ответа, фото- и видеофиксация, видеотрекинг. Способы оценки интенсивности ответной реакции рыб. Проведение экспериментов в природных водоёмах. Методы временной, хронической и необратимой аносмии. Методы количественного выражения концентрации натуральных запаховых стимулов. Лиофилизация как способ накопления и сохранения источников природных запаховых стимулов. Электрофизиологические методы исследования вкусовой системы рыб. Методы исследования вкусовых предпочтений рыб. Использование рентгеновской техники для исследования процесса внутриротовой сепарации пищевых объектов рыбами-бентофагами. Использование микровидеокамер и световодов для изучения процессов сепарации пищевых объектов в ротовой полости рыб. Экспериментальные методы исследования слуха у рыб. Применение микрохирургических методов для экстирпации отделов лабиринта. Методы исследования сейсмочувствительной системы рыб. Методы выявления гидродинамического следа рыб. Методы регистрации электрогенерации, электрорецепции и электрокоммуникации.

Тема 4. Экспериментальные методы в исследованиях поведения рыб

Использование методов группового и индивидуального мечения для изучения ориентации и миграционных траекторий рыб. Типы меток – радиометки, PIT-метки, цветные метки и др. Реакция на отражение в зеркале как способ изучения социального поведения. Применение метода «рыб-актёров» и «рыб-зрителей» для изучения имитационного поведения и передачи индивидуального опыта. Методы оценки зрительных предпочтений и различения количественных и размерных признаков. Методы изучения реореакции и оптомоторной реакции рыб. Тест «открытое поле». Методы оценки ритмов в проявлении двигательной активности рыбами. Термопреферендум. Использование биороботов и оптической симуляции. Подводные методы исследований поведения рыб.

Тема 5. Отображение популяций гидробионтов в современных моделях, используемых в решении задач управления промыслом

Пространственные характеристики популяций рыб, их связь с абиотическим и биотическим окружением. Способы отображения пространственно-временной динамики популяций рыб в моделях, включающих переменные пространства. Непосредственные измерения распределения плотности вида на ареале или его части. Методы и результаты измерений положения популяций в пространстве. Анализ эмпирических данных с использованием картографических методов. Основные сведения о способах и приёмах картографического анализа. Информационная основа картографического анализа. Математико-картографическое моделирование. ГИС-технологии. Методы геостатистического анализа дискретно распределённых данных: интерполяция, экстраполяция, аппроксимация, классификация и др. Примеры использования математико-картографического моделирования для решения задач, связанных с охраной морских видов гидробионтов, и анализом пространственно-временной динамики промысловых видов рыб.

Тема 6. Экспериментальные методы морфогенетических преобразований у рыб в эмбрионально-личиночный период

Методы организации лабораторных работ в полевых условиях и в условиях стационара. Представления о теоретических основах организации работ, подбор модельных объектов. Особенности добывания модельных объектов в живой природе и/или из рыбоводных хозяйств. Методы получения зрелых фертильных половых продуктов у производителей рыб разных таксономических групп и внутривидовых группировок. Методы стимуляции полового созревания. Методы работы с живой икрой, организация процесса инкубации, перевозки живой икры и личинок на короткие и длинные расстояния. Методы отбора проб и фиксации материала для анализа формирования внутренних органов и скелета рыб. Гистологические красители и методы дифференцированного окрашивания. Методы работы с микрообъектами по изучению морфологии первичных окостенений. Холодноводная культура икры, личинок и молоди рыб.

Рекомендуемая литература

- Алтухов, Ю. П. 1974. Популяционная генетика рыб. М.: Пищевая промышленность. 247 с.
- Банникова А. А. 2004. Молекулярные маркеры и современная филогенетика млекопитающих. // Журнал общей биологии, 65(4), С. 278–305.
- Животовский Л. А. 1991. Популяционная биометрия. М.: Наука. 270 с.
- Павлинов И. 2018. Введение в современную филогенетику. М.: Товарищество научных изданий КМК. 389 с.
- Хлесткина Е. К. 2015. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции. //Вавиловский журнал генетики и селекции, 17(4/2), С. 1044–1054.
- Холодова М. В. 2009. Сравнительная филогеография: молекулярные методы, экологическое осмысление. // Молекулярная биология, 43(5), С. 910–917.
- Allendorf, F. W. 2017. Genetics and the conservation of natural populations: allozymes to genomes. *Molecular Ecology*, 26(2), P. 420–430.
- Miles, C. M., & Wayne, M. 2008. Quantitative trait locus (QTL) analysis // *Nature Education* 1(1):208.
- Ruppert, K. M., Kline, R. J., & Rahman, M. S. 2019. Past, present, and future perspectives of environmental DNA (eDNA) metabarcoding: A systematic review in methods, monitoring, and applications of global eDNA // *Global Ecology and Conservation*. V. 17, article e00547.
- Kasumyan A. Døving K.B. 2003. Taste preferences in fish // *Fish and Fisheries*. V. 4. № 4. P. 289–347.
- Голованов В.К. 2013. Температурные критерии жизнедеятельности пресноводных рыб. Москва: Полиграф-Плюс, 300 с.
- Касумян А.О. 2002. Обонятельная система рыб. Учебное пособие. М.: Издательство Московского университета. 87 с.
- Касумян А.О. 2005. Структура и функция слуховой системы рыб. Учебное пособие. М.: Издательство Московского университета. 109 с.
- Павлов Д.С. 1979. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. М.: Наука. 319 с.
- Павлов Д.С., Лупандин А.И., Костин В.В. 2007. Механизмы покатной миграции молоди речных рыб. М.: Наука, 213 с.

- Протасов В.Р. 1978. Поведение рыб. М.: Пищевая промышленность. 296 с.
- Берлянт А.М. 2002. Картография. Аспект Пресс, Москва, 336 с., УДК: 528, ISBN: 5-7567-0142-7
- Новиков Г.Г. 2000. Рост и энергетика развития костистых рыб в раннем онтогенезе. М: Эдиториал УРСС, 295 с.
- Павлов Д.А. 2007. Морфологическая изменчивость в раннем онтогенезе костистых рыб. М: ГЕОС, 264 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

Составители: заведующий кафедрой, профессор, д.б.н. Касумян Александр Ованесович, профессор, член-корр. РАН, д.б.н. Криксунов Евгений Аркадьевич, профессор, д.б.н. Кузицин Кирилл Васильевич, доцент, к.б.н. Семенова Анна Викторовна

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ (курс лекций, по выбору)

Введение

Биологические инвазии чужеродных видов – одно из глобальных явлений живой природы, оказывающее существенное влияние на формирование зонального и локального биоразнообразия. Масштабы инвазионного процесса в настоящее время. Инвазионная биология – как одно из относительно новых направлений биологической науки.

Тема 1. Основные биологические понятия и термины, используемые в «инвазионной биологии»

В лекции приводятся основные понятия, связанные с изучением инвазий. Рассматриваются современные представления об ареале живых организмов. Объясняются понятия: естественный (исторический) ареал; инвазионный (новоприобретённый, вторичный) ареал; физико-географические и экологические границы ареала. Приводятся основные типы ареалов и терминология в этой области, связанная с инвазиями чужеродных видов, в частности определяются понятия: регион-донор и регион-реципиент.

Большая часть первых двух вводных лекций посвящена основным понятиям экологии, которые связаны с проблемой инвазий. Определяются и характеризуются уровни организации экосистем: организм, популяция, сообщество, экосистема. Обсуждается подход в рамках терминологии пищевых сетей. Рассматриваются вопросы, связанные с экологическими аспектами вселения чужеродных видов.

Аутэкологические (экологическая физиология) аспекты: – адаптации видов-вселенцев к новым условиям (изменчивость стратегий жизненных циклов); – адаптации аборигенных видов, испытывающих воздействие чужеродных видов.

Демэкологические аспекты: – особенности динамики численности видов-вселенцев; – о минимальной численности популяции вселенца (эффект Олли).

Синэкологические аспекты: – конкуренция; – детерминизм и нейтрализм; – пищевые сети; – взаимодействия «хищник – жертва»; – симбиоз (включая паразитизм); – не прямые взаимодействия; – ключевые виды; – каскадный эффект; – устойчивость экосистем.

Определяются и характеризуются основные генетические понятия, связанные с проблемой биологических инвазий чужеродных видов. Рассматриваются основные генетические и эволюционные аспекты инвазий: – генетическая структура популяции; – принцип основателя; – гибридизация.

Биологические инвазии чужеродных видов как удобная модель для проверки и развития основных экологических и эволюционных концепций.

Тема 2. Феноменология инвазионного процесса (история и масштабы явления, основные векторы)

Хронологические типы инвазий: палеоинвазии, расселение организмов за пределы исторического ареала после неолита.

История исследований инвазий. Основополагающий труд Ч. Элтона. Работы Л.А. Зенкевича, А.Ф. Карпевич, Е.В. Бурмакина, А.А. Насимовича, В.Г. Гептнера, М. Уильямсона, Д. Симберлоффа, Дж. Карлтона.

Примеры крупных инвазий последних столетий: – распространение холеры; – расселение растений в Европе и Америке; – инвазия ондатры; – вселение гидробионтов в Великие озёра Северной Америки; – инвазионный процесс в Средиземноморье; – вселение гидробионтов в бассейны больших рек России; – расширение ареалов мелких млекопитающих Палеарктики.

Факторы, определяющие возможность вселения чужеродного вида: – наличие транзитных путей («инвазионных коридоров»); – векторы распространения; – адаптивные возможности вида-вселенца; – величина пресса рекрутов; – симбиоз; – уязвимость аборигенных экосистем.

Характеристика основных водных и сухопутных инвазионных коридоров и векторов (способов) инвазий (саморасселение и факторы, ему способствующие); преднамеренная интродукция; случайная интродукция (транспортные перевозки); «хулиганская интродукция» (выпуск аквариумных гидробионтов, видов, используемых в пищу человеком и наживок для ловли рыб). Глобализация инвазионного процесса. Первостепенное значение антропогенного фактора в интенсификации инвазионного процесса.

Тема 3. Особенности хода инвазионного процесса (типы инвазий, основные этапы (фазы) инвазионного процесса)

Типы инвазий (диффузная и скачкообразная); факторы, их определяющие, способы и уравнения их описания. Понятие инвазионного обвала (сопряжённой инвазии). О лаг-фазе инвазионного процесса. Особенности динамики численности инвазионной популяции вида-вселенца. Факторы, определяющие уязвимость аборигенной экосистемы. Биоразнообразие и уязвимость экосистемы-реципиента. Являются ли островные экосистемы более уязвимыми к инвазиям? Уязвимость экосистемы-реципиента к инвазиям. Факторы, стимулирующие инвазии (влияние климатических изменений).

Тема 4. Экологические аспекты инвазий чужеродных видов

Подробно, на конкретных примерах инвазий в водные и наземные экосистемы рассматриваются вопросы, связанные с экологическими аспектами вселения чужеродных видов, обозначенных в Теме 1.

Тема 5. Генетические и эволюционные аспекты инвазий чужеродных видов

Рассматриваются: – изменение генетической структуры популяции вселенца; – принцип основателя; – генетические преадаптации; – гибридизация; – формообразование. Приводятся конкретные исследованные случаи генетического анализа инвазий.

Тема 6. Воздействие видов-вселенцев на аборигенные виды и экосистемы

Рассмотрены основные виды влияния чужеродных видов на аборигенные организмы и сообщества: – виды-вселенцы могут существенно изменять местообитания аборигенных видов (особенно когда новые виды являются видами-эдификаторами (ключевыми видами) сообщества); – виды-вселенцы могут становиться конкурентами аборигенных видов и вытеснять их; – виды-вселенцы могут стать хищниками по отношению к аборигенным видам и также вытеснять их; – виды-вселенцы могут быть паразитами, возбудителями, резервуарами и переносчиками болезней аборигенных видов. Приводится общая схема воздействий чужеродных видов на аборигенные виды и экосистемы. Определяются понятия прямого и непрямого воздействия.

Все положения темы иллюстрируются конкретными, хорошо изученными случаями сильного воздействия видов-вселенцев на аборигенную биоту: растений; растительноядных насекомых; гидробионтов: гребневика мнемнопсиса, рапаны, нильского окуня, дрейссенид, корюшки, тюльки, ротана, алозы, бобра.

Тема 7. Прогнозирование и управление инвазионным процессом

Описывается процедура анализа рисков инвазий чужеродных видов. Дается определение понятий, связанных с оценкой риска. Определяется информация, необходимая для установления рисков инвазий и их характеристик. Определяются важные для прогнозирования особенности биологии успешных вселенцев. Приводится схема управления инвазионным процессом в соответствии с каждой стадией инвазионного процесса: основная политика и выбор мер, основные рекомендации. Основные шаги по управлению инвазионным процессом. Определяются меры по предотвращению инвазий.

Приводятся виды инициатив, доступных и принятых для попыток предотвратить вселение нежелательных чужеродных видов.

Описаны превентивные меры, включающие законодательные акты и предписания по ограничению интродукции вредных чужеродных видов, анализ риска, а также пограничный и карантинный контроль.

Приводится схема выявления самых ранних стадий инвазий включающая: – необходимые усилия по идентификации чужеродных популяций и восприимчивых к инвазии сред обитания; – методы (включая генетические) определения успешно вселяющихся популяций; – необходимые усилия по уничтожению инвазивного

вида; – необходимые усилия по предотвращению последующего распространения чужеродного вида; – конкретные меры контроля гидробионтов-вселенцев; – оценку преимуществ и недостатков биологического контроля видов-вселенцев; – характеристику среды обитания (показано, что определённые условия окружающей среды имеют тенденцию облегчать инвазии новых видов, особенно при увеличении пищевого ресурса; в случае водных экосистем одна из главных мер борьбы с инвазиями – снижение эвтрофирования).

Приводятся примеры применения новых технологий для уничтожения вредных вселенцев (например, вакуумной помпы для отсасывания биомассы красных чужеродных водорослей без вреда для других организмов с колоний кораллов). Рассматриваются способы обработки балластных вод. Управление инвазионным процессом с помощью направленной эволюции.

Законодательное регулирование трансграничных перевозок уже вселившихся и новых видов-вселенцев. Контроль балластных вод.

О необходимости и важности использования исчерпывающих и доступных баз данных (БД). Проблемы, риски и подводные камни борьбы с инвазиями. Общие подходы в решении задач контроля видов-вселенцев. Специфика России в отношении инвазий чужеродных видов. Перспективы исследований биологических инвазий чужеродных видов.

Рекомендуемая литература

- Элтон Ч. 1960. Экология нашествий животных и растений. М. Изд-во Иностранная литература. 230 с.
- Матишов Г.Г. 2000. Виды-вселенцы в европейские моря России. Апатиты. Кольский НЦ РАН 312 с.
- Воловик С.П. 2000. Гребневик *Mnemiopsis leidyi* (A. AGASSIZ) в Азовском и Чёрном морях: биология и последствия вселения. Ростов-на-Дону: БКИ. 500 с.
- Дгебуадзе Ю.Ю., Ижевского С.С., Кревер О.Н. 2002. Экологическая безопасность и инвазии чужеродных организмов. М. МСОП. 118 с.
- Leppäkoski E., Olenin S., Gollasch S. 2002. Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 583 p.
- Павлов Д.С. 2003. Инвазии чужеродных видов в Голарктике. Борок. 2003: 571 с.
- Алимова А.Ф., Богуцкой Н.Г. 2004. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М.-С.-Петербург. Товарищество научных изданий КМК. 436 с.
- Aquatic Invasions in the Black, Caspian, and Mediterranean Seas. 2004. Dumont H.J., T.A.Shiganova, U.Niermann (eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherland. 314 p.

- Gherardi F. 2007. Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats Springer: 733 p.
- Lockwood J.L., Hoopes M., Marchetti M.P. 2007. Invasion ecology. Blackwell Publishing. 304 p.
- Rabitsch W., F. Essl F., & Kingenstein F. 2008. Biological invasions – from Ecology to Conservation. NEOBIOTA. V. 7. Berlin. 277 p.
- Davis M.A. 2009. Invasion biology. Oxford Univ. Press. 298 p.
- Keller R P., Lodge D.M., Lewis M.A., Shogren J.F. 2009. Bioeconomics of invasive species. Oxford Univ. Press. 244 p.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. 2010. Чёрная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС, 512 с.
- Perrings Ch., Mooney H., Williamson M. 2010. Bioinvasions and Globalization. Ecology, Economics, MANAGEMENT, AND policy. Oxford Univ. Press. 267 p.
- Pimentel D. 2011. Biological invasions: economic and environmental costs of alien plant, animal, and microbe species. CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group. 449 p.
- Дгебуадзе Ю.Ю., Петросян В.Г., Хляп Л.А. 2018. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) М.: Т-во научных изданий КМК, 688 с.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Костина М.В. 2022. Клён ясенелистный (*Acer Negundo* L.): морфология, биология и оценка инвазивности. М. Тов-во научн. изд-ний КМК, 219 с.
- Petrosyan V., Dgebuadze Y., Khlyap L., Vinogradova Y., et al. 2000. Global Register of Introduced and Invasive Species – Russian Federation. Version 2.7. Invasive Species Specialist Group ISSG. Checklist dataset, doi: 10.15468/f6joyb/
- Petrosyan V., Osipov F., Feniova I., Dergunova N., Warshavsky A., Khlyap L., Dzialowski A. 2023. The TOP-100 most dangerous invasive alien species in Northern Eurasia: invasion trends and species distribution modeling // NeoBiota. V. 82. P. 23-56. <https://doi.org/10.3897/neobiota.82.96282>
- Дгебуадзе Ю.Ю. 2023. Биологические инвазии чужеродных видов – глобальный вызов последних десятилетий // Вестник Российской академии наук. Т. 93, № 9, С. 814–823. DOI: 10.31857/S0869587323090050, EDN: XMYMQO

Отечественные периодические научные издания

Российский журнал биологических инвазий (<http://www.sevin.ru/invasjour/>)

Зоологический журнал

Ботанический журнал

Botanica Pacifica

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

Biological invasions (<https://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/10530>)

NEOBIOTA (<https://neobiota.pensoft.net/>)

Базы данных по России

<http://www.sevin.ru>

Всемирные базы данных, включающие данные по России

GBIF <https://www.gbif.org/dataset/089ede6e-6496-4638-915e-f28f016c2f89>

GRIIS <http://www.griis.org/>

Nobanis www.nobanis.org

Составитель: профессор, академик РАН, д.б.н. Дгебуадзе Юрий Юлианович

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ИХТИОЛОГИИ (курс лекций, по выбору)

Тема 1. Актуальные проблемы хеморецепции рыб – обонятельная и вкусовая системы и общее химическое чувство

Лекция знакомит студентов с актуальными и дискуссионными проблемами в области хеморецепции и хемокоммуникаций рыб. Обсуждаются современные представления о наличии сенсорной специализации у обонятельных сенсорных нейронов разного морфологического типа, присутствующих в обонятельном эпителии рыб, противоречивость взглядов о принципах обонятельной ориентации рыб, существующие объективные сложности в изучении химической природы обонятельных сигналов рыб и других гидробионтов. В лекции рассматриваются современные взгляды на морфо-функциональную организацию вкусовых почек и наличие сенсорной специализации у рецепторных клеток во вкусовых почках рыб и других позвоночных животных. Анализируются нерешённые вопросы в области исследования вкусовых предпочтений рыб – насколько различаются вкусовые предпочтения у родственных видов или у видов со сходным типом питания, насколько развита у рыб способность различать вкусовые качества веществ, близких по химической структуре, насколько универсальна эффективность действия на рыб натуральных детеррентов и может ли общее химическое чувство быть сенсорной основой аверсивной реакции рыб на этот тип химических стимулов.

Тема 2. Фактор пространства в отображении и анализе популяционных процессов

Отображение популяций гидробионтов в современных моделях, используемых в решении задач управления промыслом, обычно сводится к точечному представлению, когда моделируемые объекты описываются небольшим числом переменными, а их положение и перемещения в пространстве игнорируются. Такое редуцированное представление оставляет за рамками рассмотрения и анализа пространственные характеристики популяций, которыми во многом определяются их связи с абиотическим и биотическим окружением. В специальных исследованиях пространственно-временная динамика популяций может отображаться различными способами. Например, с помощью простых аналитических моделей, включающих переменные пространства. Другой подход связан с непосредственными измерениями распределения плотности вида на ареале или его части и последующим анализом данных с использованием математико-картографических методов.

Математико-картографическое моделирование, анализируя положение популяции на исследуемой территории, значительно расширяет знания о свойствах популяционных объектов, их месте и роли в системе биотических взаимоотношений.

Для геостатистического анализа дискретно распределённых данных используются различные методы. В их основе лежит интерполяция, экстраполяция, аппроксимация данных, их классификация и различные способы картографического отображения. Информационной основой картографического анализа служат результаты съёмок (траловых, акустических и т. д.), выполняемых в рамках специальных или прикладных исследований.

Рассмотрены примеры использования математико-картографического моделирования для решения задач, связанных с охраной морских видов гидробионтов, для анализа пространственно-временной динамики промысловых видов рыб Псковско-Чудского озера.

Тема 3. Эра геномных исследований: молекулярные основы адаптаций и видообразования

В лекции даётся краткое описание методов секвенирования нуклеотидных последовательностей от метода Сангера до полногеномного секвенирования второго и третьего поколений, их достоинства и недостатки, проблемы сборки геномов. Анализ огромного массива нуклеотидных данных из разных участков генома открывает огромные возможности для анализа молекулярных основ адаптаций и видообразования, поиска «островков дивергенции» и барьерных генов, находящихся под действием отбора. Приводятся основные подходы и методы для выявления локусов, вовлечённых в локальные адаптации. На примере таких видов, как атлантический лосось, атлантическая треска, американский угорь, микижа и трёхиглая колюшка, показаны возможности современных методов по выявлению и анализу молекулярных основ адаптации. Подчёркивается, что полученные в результате таких исследований данные имеют важное теоретическое и практическое значение.

Тема 4. Неинвазивные методы оценки функционального состояния развивающихся биосистем

Одной из основных проблем биологии является установление взаимосвязей организма со средой. В настоящее время исследованию фундаментальных механизмов биологии развития посвящены многочисленные работы, поскольку изменения, происходящие от момента оплодотворения яйцеклетки до взрослого многоклеточного организма, ставят многочисленные вопросы, связанные с формированием сложнейшей многоуровневой постоянно усложняющейся системы. В динамике она проходит ряд стадий: появление многоклеточности в процессе дробления, сложные клеточные перемещения, дифференцировку и взаимодействие разных типов клеток с межклеточными структурами и между собой, что приводит к созданию отдельных органов, объединённых в разные функциональные системы организма. Эмбрион постоянно взаимодействует с окружающей средой через оболочки как на физическом, так и на химическом уровне. В связи с этим прижизненные неинвазивные методы оценки функционального состояния развивающейся биосистемы приобретают особо важное значение.

В настоящее время среди немногочисленных прижизненных неинвазивных методов оценки функционального состояния развивающихся биосистем наиболее перспективными являются четыре современных метода, позволяющих оценивать не только состояние самой биосистемы, но и окружающей его среды: ультразвуковая диагностика, акустооптическая видеоспектрометрия; измерение окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) внешней среды, окружающей развивающуюся биосистему; регистрация с помощью фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) сверхслабого излучения биологического объекта. Каждый из этих методов имеет свои определённые преимущества и недостатки. В лекции подробно рассматриваются особенности каждого из этих методов и возможность их использования для оценки функционального состояния зародышей рыб во время эмбрионального развития.

Тема 5. Зачем отолиты?

Почему костистые рыбы имеют отолиты, в то время как примитивные рыбы, хрящевые рыбы и все тетраподы (включая морских млекопитающих) – отоконии? Этот вопрос пока не решён. Современные данные позволяют проследить формирование отоконий и отолитов в онтогенезе. По расположению и строению отолиты большинства костистых рыб отличаются от отолитов группы открытопузырных (карповых, сомовых и харациновых). Морфология отолитов рыб широко используется в палеонтологии: многие вымершие виды описаны исключительно по отолитам. Несмотря на многочисленные работы, часто не удаётся связать морфологию отолитов с экологией рыб и их звуковой чувствительностью. Форма отолитов широко используется для дифференциации видов и популяций рыб. Многие методы анализа формы отолитов появились лишь в последнее время. Часть из них требуют чрезвычайно сложного математического аппарата, включая нейронные сети. Разрабатываются методы трёхмерного анализа формы отолитов.

Тема 6. Роль эколого-генетических исследований в изучении процессов формирования биоразнообразия у морских рыб

Рассматривается перспективность применения методов эколого-генетического анализа при исследованиях процессов формообразования у хозяйственно ценных рыб из северных акваторий Атлантического и Тихого океанов, прибрежных морей бассейна Северного Ледовитого океана с точки зрения современных глобальных климатических процессов.

Тема 7. Новые данные о существовании микроорганизмов наноструктурного уровня в эпителиальных покровах рыб

При изучении морфологии сенсорных структур в эпителиальной ткани рыб было обнаружено, что в клетках эпителия рыб живут микроорганизмы, которые являются наноформой актинобактерий колониального типа. Колонии этих микроорганизмов имеют сложную морфологически строго организованную системную ор-

ганизацию. В каждой эпидермальной клетке колония образует правозакрученную спираль из фракталов, заполненных цепочками строго ориентированных бактерий. Колония актинобактерий может сохранять жизнедеятельность эпителиальной клетки, поддерживая её функции, форму и размер. Жизненный цикл колонии состоит из нескольких этапов, различающихся по степени организованности и структурированности её элементов. Длительность жизни колонии совпадает с временем жизни эпителиальных клеток. Присутствие внутриклеточных колоний актинобактерий не приносит вреда физиологическому состоянию организма рыбы. Природные факторы не регулируют рассматриваемую систему, поэтому рыба, также как и отдельные нанобактерии и их колония в целом, вынуждены адаптироваться к имеющимся условиям. Механизмы сосуществования бактерий и рыбы обеспечивают взаимную функциональную поддержку и не соответствуют паразитизму, поэтому могут быть отнесены к категории симбиоза.

Тема 8. Спорные вопросы систематики, структура вида и проблемы рационального использования биоресурсов

Вопросы систематики рыб имеют важное прикладное значение. Точное определение видов на разных стадиях их онтогенетического развития, выявление структуры видов, в том числе сложнокомплексных, является основой для определения единиц запаса и создания системы устойчивого (неистощительного) использования водных биоресурсов. Небрежение в определении единиц биоразнообразия на разных уровнях организации может привести к подрыву и исчезновению ценнейших видов рыб. В лекции рассматриваются теоретические подходы и конкретные примеры имплементации систематических вопросов в повседневную практику промысла, рекреационного рыболовства и аквакультуры.

Тема 9. Радиационное воздействие на воспроизводительную систему костистых рыб как глобальное антропогенное влияние (на примере последствий Чернобыльской катастрофы)

Актуальность проблемы. Историческая справка по экспериментальным данным о влиянии радиационного фактора на отдельные периоды онтогенеза ряда видов рыб и о воздействии этого фактора на репродуктивную систему рыб в естественных водоёмах.

Задачи исследования, районы, методы сбора и исследования материала.

Оценка влияния интенсивного радиационного воздействия на репродуктивную систему и воспроизводительную способность двух видов толстолобиков из пруда-охладителя ЧАЭС. Подробно у родительского стада – P белого толстолобика и его первого поколения F_1 3-х генераций: F_{1-89} ; F_{1-90} ; F_{1-91} .

Физиолого-биохимическая оценка состояния белого толстолобика P и F_1 .

Состояние воспроизводительной системы ряда видов костистых рыб из водоёмов разного типа, загрязнённых в различной степени радионуклидами при Черно-

быльской аварии. А) Щука. Б) Окунь. В) Линь. Г) Серебряный карась. Д) Другие виды карповых рыб – густера, плотва, лещ, краснопёрка, золотой карась.

Анализ состояния репродуктивной системы ряда видов костистых рыб из водоёмов Чернобыльского следа позволил отметить видовую специфичность реакции этой системы на радиационный фактор. По степени устойчивости репродуктивной системы к радиационным нагрузкам изученные виды рыб располагаются в следующем порядке (от меньшей к большей): щука, лещ, краснопёрка, золотой карась, серебряный карась (двуполая, диплоидная форма), белый толстолобик, плотва, густера, серебряный карась (однополая, триплоидная форма), линь, окунь.

Динамика числа и степени аномалий половых клеток и желёз ряда видов костистых рыб из загрязнённых водоёмов в период исследований. Для большинства видов рыб – плотвы, густеры, леща, серебряного карася, линя, окуня и щуки – в пруду-охладителе ЧАЭС, оз.Кожановское, р.Тетерев и Киевском вдхр. прослеживается тенденция увеличения числа аномалий репродуктивной системы этих видов во времени – 1992–2009 гг. Показано, что широта спектра и частота встречаемости аномалий репродуктивной системы костистых рыб в целом положительно связаны как с уровнями удельной активности радионуклидов в их теле, так и, с определяющей их степенью загрязнения водоёмов.

Оценка числа и степени аномалий половых желёз рыб из загрязнённых радионуклидами водоёмов в ряду поколений. У всех изученных видов костистых рыб из загрязнённых радионуклидами водоёмов отмечено увеличение числа и степени морфофункциональных аномалий гонад в ряду поколений рыб после аварии. Наибольшая доля особей с такими нарушениями присутствовала в поколениях $F_2 - F_5$. У всех видов рыб Киевского вдхр. и р. Тетерев (относительно слабо загрязнённых водоёмов) аномалии воспроизводительной системы особей поставарийных поколений $F_2 - F_5$ не являются следствием прямого воздействия радиации.

Тема 10. Трофология рыб: летальные и нелетальные взаимодействия в системе «хищник – жертва»

Трофология – наука о питании и пищевых отношениях – предполагает два главных типа отношений: летальные (хищник поедает жертв) и нелетальные (модификации пищевого поведения, вызванные присутствием хищника). Основные понятия и закономерности трофологии, заложенные В.С. Ивлевым, А.А. Шорыгиным и Н.С. Гаевской, опираются на исследования бинарных систем «хищник – жертва». На них основаны понятия рациона, функционального ответа (зависимость рациона от концентрации корма), избирательности питания, влияние агрегатности корма на интенсивность и избирательность питания. Но даже в простых экспериментальных системах эти закономерности нарушаются, если появляются конкуренты или хищники более высокого трофического уровня, меняющие поведение основного потребителя. Модификации питания при внутривидовой и межвидовой конкуренции (косвенные пищевые отношения) всесторонне изучены в экспериментах В.С. Ивлева и натурных исследованиях А.А. Шорыгина. Б.П. Мантейфель пред-

ложил концепцию «триотрофа», включающую не только летальные (прямые) взаимодействия в паре «хищник – жертва», но и косвенное влияние на поведение, вызванное третьим участником – хищником более высокого трофического уровня. В отличие от бинарной системы «хищник – жертва», взаимодействия в триотрофе гораздо сложнее формализовать в виде уравнений или математических моделей. Исследования триотрофа и более сложных систем опираются в первую очередь на эксперименты (лабораторные и натурные) и наблюдения с отбором проб в природных условиях. Эффекты летальных и нелетальных взаимодействий с участием рыб будут проиллюстрированы экспериментальными данными разного масштаба – от лабораторных аквариумов до мезокосмов и озёр (whole – lake experiments). Будет уделено внимание роли гетерогенности среды и паразитов, модифицирующих пищевое поведение рыб.

Рекомендуемая литература

- Касумян А.О. 2002. Обонятельная система рыб. Учебное пособие. М.: Издательство Московского университета. 87 с.
- The physiology of fishes, 3rd edition. 2006. Ed. by D.H. Evans and J.B. Claiborne. CRS Press. Boca Raton. 601 p.
- Fish chemoreception. 1992. Ed. By Hara T.J. Chapman & Hall. London, 373 p.
- Kasumyan A. Døving K.B. 2003. Taste preferences in fish // Fish and Fisheries. V. 4. № 4. P. 289–347.
- Popper A.N., Ramcharitar J., Campana S.E. 2005. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology//Marine & Freshwater Research. V.56. P. 497–504.
- Мина М.В. 1986. Микроэволюция рыб. М: Наука. 247 с.
- Савваитова К.А. 1989. Арктические гольцы. М: Агропромиздат. 224 с.
- Глубоковский М.К. 1995. Эволюционная биология лососёвых рыб. М: Наука. 340 с.
- Quinn T.P. 2005. The behavior and ecology of Pacific salmon and trout. Seattle:Univ. Of Washington Press. 378 p.
- Павлов Д.С., Савваитова К.А. и др. 2007. Стратегия сохранения камчатской микижи. М: ИПЭЭ РАН. 32 с.
- Павлов Д.С., Савваитова К.А. и др. 2009. Состояние и мониторинг биоразнообразия лососёвых рыб и среды их обитания на Камчатке (на примере территории заказника «Река Коль»). М.: КМК, 156 с.
- Павлов Д.С., Кириллова Е.А., Кириллов П.И. и др. 2016. Состояние биоразнообразия лососёвых рыб и рыбообразных и среды их обитания в бассейне реки Утхолок. Москва, КМК, 197 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<http://fishbase.org>

<https://www.sciencedirect.com>

<http://www.springerlink.com/journals>

<https://onlinelibrary.wiley.com>

<https://www.annualreviews.org>

Составители: заведующий кафедрой, д.б.н. Касумян Александр Ованесович, профессор, член корреспондент РАН, д.б.н. Криксунов Евгений Аркадьевич, профессор, д.б.н. Кузищин Кирилл Васильевич, зав. лабораторией, д.б.н. Строганов Андрей Николаевич, ведущий научный сотрудник, д.б.н. Белова Наталья Васильевна, ведущий научный сотрудник, д.б.н. Бурлаков Александр Борисович, ведущий научный сотрудник, д.б.н. Девicina Галина Владимировна, ведущий научный сотрудник, д.б.н. Осинov Александр Георгиевич, ведущий научный сотрудник, д.б.н. Павлов Дмитрий Александрович

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИХТИОЛОГИИ

(курс лекций, по выбору)

Тема 1. Методы дистантного сканирования для изучения геоморфологии речных систем

Современные спутниковые методы съёмки земной поверхности и возможности разных платформ космического базирования (ICONUS, LANDSAT, LIDAR и др.). Современные интернет-ресурсы изображения Земли (Google Earth, Яндекс-Карты и др.), их возможности и ограничения как основы для изучения строения водных систем, планирования полевых экспедиционных исследований и получения базовой информации по геоморфологии речных систем. Современные методы компьютерной обработки спутниковых снимков и тематической обработки изображений, визуализации и расширенного анализа оптической и радиолокационной съёмки (ArcGIS Geo View, ScanEx Image Processor и др.). Аэрофотосъёмка местности и водных бассейнов: преимущества и недостатки по сравнению с возможностями спутниковых платформ.

Тема 2. Методы наземной верификации и бонитировки речного коридора (ground trouthing)

Представления о необходимости верификации и стандартизации данных спутникового сканирования наземными методами применительно к водоёмам и их участкам. Поперечные контрольные трансекты. Методы оценки уровней и строения речных террас и водоёмов придаточной системы. Пойма. Методы выделения продольных и поперечных элементов строения русла и речной долины. Бонитировка биотопов в речном русле. Методы совмещения результатов наземного обследования и спутниковых изображений. Методы построения графического количественного описания среды обитания в водных системах. Выделение биотопов для рыб. Количественная оценка «ёмкости» среды обитания.

Тема 3. Методы исследования руслового и подруслового потока

Представления об основных элементах строения реки и речного русла, формы речного рельефа, их значение для жизни рыб и реализации их жизненных циклов. Водный поток и его формы в речных системах разного типа. Надрусловой и подрусловой поток. Речные системы аллювиального типа бореальной зоны как среда обитания ценнейших промысловых рыб. Методы изучения надруслового водного потока и инструментарий. Эффект Допплера и приборы анализа потока (ADP Profiler, ADV FlowTracker и др.). Подрусловой поток, анализ участков внедрения и разгрузки, пьезометрические методы анализа взаимодействия потоков. Методы

изучения гидрологического и термического режима водоёмов. Датчики-анализаторы (8-bit Vemco DataLogger и др.). Возможности массового применения дистантных датчиков. Методы интеграции и конвертации многоканальной информации для уточнённых оценок параметров среды обитания рыб.

Тема 4. Методы анализа сообществ молоди рыб, её численности и биомассы

Представления о биотопах, местах обитания и размножения рыб. Онтогенетические изменения требований рыб к биотопам. Представления об «абиотическом портрете» биотопа. Методы контрольных обловов для получения точных оценок плотности, биомассы, соотношения видов на участках. Потенциальные возможности и ограничения расширенной интерпретации результатов обследования на контрольных участках и речной системе в целом. Методы выявления динамики состава сообществ (ассамблей) молоди в разные сезоны года.

Тема 5. Методы ретроспективного анализа жизненного цикла по микрохимическому анализу регистрирующих структур

Современные представления о регистрирующих структурах рыб, их пригодности для решения частных задач. Методы сбора и консервации регистрирующих структур. Методы микрохимического анализа для изучения трансграничных переходов между пресными, солоноватыми и морскими водами. Периодизация жизненного цикла по количественному составу двухвалентных ионов в слоях роста чешуи и отолитов. Рентгенографическая масс-спектрометрия. Методы подготовки и обработки регистрирующих структур. Шлифовка и напыление. Интерпретация результатов. Применимость и ограничения метода для изучения миграций и перемещений рыб в пределах пресноводных водоёмов. Определение материнского происхождения особи. Значение метода для решения вопросов популяционного анализа и разнообразия жизненной стратегии.

Тема 6. Методы анализа потока вещества и энергии в водных и околотоводных экосистемах по данным анализа стабильных изотопов

Представления о пищевых сетях в водоёмах разных типов и природных зон. Методы оценки разнообразия и обилия кормовой базы рыб. Автохтонные и аллохтонные компоненты питания рыб. Методы определения трофической ниши и потока вещества и энергии по содержанию стабильных изотопов ^{15}N , ^{13}C , ^{32}P . Роль прибрежной растительности в функционировании ассамблей молоди рыб. Представления о биогенах морского происхождения (marine derived nutrients – MDN) в экосистемах лососёвых рек. Методы выявления вклада MDN в формирование и поддержание продуктивности континентальных пресноводных экосистем.

Тема 7. Методы оценки численности рыб с помощью гидроакустических методов

Гидроакустические методы исследования биоресурсов, плотности и биомассы рыб. Уравнения эхоинтегрирования, регистрации и суммирования рыбных целей. Оценка биомассы разрежённых рыбных скоплений и стай различной плотности. Вопросы обеспечения необходимой точности оценок, представления об эталонных целях и методы расширенной интерпретации контрольных эхосигналов, «эталонные сферы». Конструкции рыбопоисковых гидроакустических сонарных систем и методы программного анализа эхосигналов. Научные гидроакустические комплексы (DIDSON, ACKOP, HETKOP, PanCore и др.). Вертикальная съёмка речного или морского бассейна, GIS-совместимость данных, представления о «гидроакустических планшетах». Методы горизонтальных гидроакустических створов для оценки мигрирующих рыб. Методы контрольных обловов и верификации результатов гидроакустических съёмок.

Тема 8. Методы учёта численности рыб на нерестилищах и путях миграции методами аэровизуальной съёмки

Экосистема лососёвой реки, локализация, топография и гидрологический режим нерестилищ разных видов лососёвых рыб. Принципы оценки нерестового потенциала реки. Организация учёта подходов, мониторинг заполнения нерестилищ. Методы обработки цифровых и аналоговых изображений. Периодичность съёмок. Применение современных методов аэровизуального учёта численности рыб в прибрежной части моря. Оценка посленерестовой гибели рыб и рассеяния погибших рыб.

Тема 9. Методы мечения рыб пассивными и активными радиометками

Современные представления о мечении рыб для решения фундаментальных и прикладных ихтиологических исследований. Виды меток. Активно излучающие, пассивные индивидуальные транспондеры, метки с возможностями накопления данных. Методы оценки численности с помощью метода повторных поимок меченых рыб (mark-recapture method). Методы оценки миграций рыб по регистрации сигнала активных меток и распознавания эхо-электронного ответа пассивных транспондеров (PIT-меток). Переносимое и стационарное оборудование для работы с разными видами меток. Ограничения в использовании. Методы визуализации данных мечения, GIS-совместимость и принципы интеграции с другими каналами данных.

Рекомендуемая литература

- Павлов Д.С., Лупандин А.И., Костин В.В. 2007. Механизмы покатной миграции молоди речных рыб. М.: Наука, 213 с.
- Павлов Д.С. 1979. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. М. «Наука», 319 с.
- Павлов Д.С., Лупандин А.И., Костин В.В. 1999. Покатная миграция рыб через плотины ГЭС. М.: Наука, 256 с.
- Юданов К.И., Калихман И.Л., Теслер В.Д. 1984. Руководство по проведению гидроакустических съёмок. М.: ВНИРО, 1124 с.
- Borisenko E.S., Degtev A.I., Mochek A.D. et al. 2006. Hydroacoustic Characteristics of Mass Fishes of the Ob–Irtysk Basin are investigated. // Journal of Ichthyology. Vol. 46. Suppl. 2. P. S227–S234.
- Hauer F.R., Lamberti G.A. 2006. Methods in stream ecology. London-San Francisco: Elsevier Academic Press, 877 p.
- Kline T.C., Goering J., Mathisen O.A. et al. 1990. Recycling of elements transported upstream by runs of Pacific Salmon: $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ evidence in Sashin Creek, southeastern Alaska // Can. J. of Fish. and Aquat. Sci. V. 47. P. 136–144.
- Minagawa M., Wada E. 1984. Step-wise enrichment of $\delta^{15}\text{N}$ along food chains further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age // Geochim. Cosmochim Acta. V. 48. P. 1135–1140.
- Peterson B.J., Fry B. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies // Annual review of ecology and systematics. V. 18. P. 293–320.
- Kalish J.M. Otolith microchemistry: Validation of the effects of physiology, age and environment on otolith composition // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1989. V. 132. P. 151–178.
- Kalish J.M. Use of otolith microchemistry to distinguish the progeny of sympatric anadromous and nonanadromous salmonids // Fish Bull US. 1990. V. 88. № 4. P. 657–666.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет при применении стандартных поисковых систем Google Scholar:

<http://www.fishbase.com>,

<https://scifinder.cas.org>.

Составители: профессор, член-корреспондент РАН, д.б.н. Криксунов Евгений Аркадьевич, профессор, д.б.н. Кузищин Кирилл Васильевич, старший преподаватель, к.б.н. Самойлов Константин Юрьевич

ИХТИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

(курс лекций, по выбору)

Тема 1. Основные понятия, термины и определения мониторинга, специфика применительно к рыбам и среде их обитания. Цель и задачи мониторинга рыб

История возникновения и развёртывания работ по мониторингу биоразнообразия в XX веке. Научные основы мониторинга природных процессов и состояния окружающей среды. Цели и задачи мониторинга, степень полноты наблюдений. Виды и экосистемы как целевые объекты мониторинга. Основные подходы мониторинга: композиционный, структурный, функциональный, фоновый, импактный. Биологическое разнообразие и организация водных экосистем. Принципы организации долгосрочного мониторинга. Градации разнообразия видов (фоновые, индикаторные, редкие). Формы проведения мониторинга, ответственные организации и службы. Этапы сохранения биоразнообразия.

Тема 2. Ключевые объекты ихтиологического мониторинга

История возникновения проблемы ихтиологического мониторинга и выбор целевых объектов мониторинга. Проблема истощения запасов промысловых рыб в России и сопредельных странах. Промысел и промысловая статистика как одна из наиболее ранних систем организации слежения за состоянием водных биоресурсов. Роль бассейновых отраслевых научных учреждений как источника биоинформации для ретроспективной оценки состояния экосистем. Приоритетные и второстепенные мониторинговые виды. Стратегия и тактика организации ихтиологического мониторинга в 21 веке. Ареалогический и археологический методы и их место в системе мониторинга рыб и водных экосистем. Рыбы как индикаторы трансформации водных экосистем в современных условиях. Роль высокомигрантных транзитных видов в интегральной оценке состояния.

Тема 3. Критерии и индикаторы состояния стад рыб и среды их обитания

Методология ихтиологического мониторинга. Индексы оценки биоразнообразия. Вопросы выявления чувствительности видов к разным факторам внешнего воздействия, основные угрозы существованию рыб. Организация системы наблюдений за рыбами в ключевых районах мониторинга (на ограниченной площади). Роль внутривидовой структуры у рыб в организации мониторинга. Система наблюдений и ключевые критерии: число видов и внутривидовых форм; численность и биомасса отдельных видов; распределение видов в водоёме и т. д. Изменения популяционных параметров отдельных видов рыб на уровне локальных стад и/или отдельных водных бассейнов. Изменения в генетической структуре популяций видов.

Тема 4. Экологические процессы в водных экосистемах как объекты мониторинга

Изменения в трофической структуре водоёмов. Изменения характера и количественных показателей хищничества и конкуренции. Эвтрофикация. Изменения экологической гетерогенности экосистемы («бетта-разнообразие»). Межвидовая гибридизация и генетическое загрязнение природных популяций рыб, оценка влияния аквакультуры. Биологические инвазии как объект мониторинга. Селективное рыболовство. Изменения характера и путей миграции. Динамика продуктивности. Виды загрязнений и методы слежения их влияния. Инструментарий для организации мониторинговых наблюдений. Биоценотические связи. Сукцессионные процессы. «Экологическая услуга», методы определения и связь оценки с состоянием экосистемы и/или отдельного вида. Периодичность наблюдений. Периодичность сильных нарушений. Роль отдельных видов. Определение скорости изменений биоразнообразия на видовом и экосистемном уровнях организации. Моделирование. Степень допустимого риска. Эффект изоляции экосистем.

Тема 5. Уровни ихтиологического мониторинга

Критерии отбора. Мотивировка выбора: репрезентативность, уникальность, универсальность, надёжность показателей. Полнота изученности. Экосистемный, видовой, популяционный и генетический. Эколого-географический принцип мониторинга рыб. Ландшафтные единицы биоразнообразия. «Низшая выделяемая единица мониторинга». Принципы инвентаризации разнообразия рыб разных типов водоёмов и природных зон. Участки проведения крупномасштабных экспериментов и градиентных исследований. Центры долговременных исследований. Система полевых станций. Участки периодических наблюдений. Участки для частных дистанционных обследований (remote sensing).

Тема 6. Критерии успеха мониторинга и прогностическое значение

Экспертные оценки. Экспресс-методы оценки состояния. Интегральные упрощённые оценки. Индекс неблагополучного состояния. Районирование и зонирование (зона экологического кризиса, зона экологического бедствия, зона относительного экологического благополучия и т. д.). Метод фазовых портретов. Мониторинг состояния видов и среды их обитания и методология выделения и градации угроз. Банки данных и их роль в сохранении биоразнообразия.

Тема 7. Место ихтиологического мониторинга в общей системе слежения за состоянием экосистем Земли

Многомерные методы мониторинга структуры сообществ. Методы множественных корреляционных связей разных объектов, теория и методы графов. Ранжирование объектов в многоуровневых системах. Рыбы как целевой объект верификации данных спутниковых данных. Глобальная система наземных наблюдений (GTOS).

Тема 8. Принципы организации мониторинга состояния промысловых видов рыб

Государственная система мониторинга водных ресурсов. ОДУ. Доминантные виды. Многолетняя динамика. Технологии учёта биоразнообразия на уровне хозяйственно ценных видов рыб. Получение исходной информации. Обработка и интерпретация материала. Межгосударственные договоры и их роль в сохранении биоразнообразия. Основные недостатки системы наблюдений за промысловыми стадами.

Тема 9. Принципы организации мониторинга биоразнообразия на ООПТ

Международные и национальные конвенции и законодательные документы по созданию системы мониторинга. Понятия об эталонных участках. Летопись природы. Мониторинг биоразнообразия на ООПТ как фактор выявления устойчивости природных экосистем и видов к долгопериодным колебаниям климата. Оценка соответствия заповедной территории целям сохранения видового разнообразия на всём ареале вида(ов). Оптимизация режима охраны и принципов управления биоразнообразием. ООПТ как полигоны моделирования и прогнозирования состояния биоразнообразия. Роль ООПТ в сохранении глобального и регионального биоразнообразия. Мировая сеть биосферных заповедников (MAB/UNESCO).

Рекомендуемая литература

Мониторинг биоразнообразия. 1997.. М: РАН, 356 с.

Павлов Д.С., Савваитова К.А., Кузищин К.В. и др. 2009. Состояние и мониторинг биоразнообразия лососёвых рыб и среды их обитания на Камчатке. М: КМК, 156 с.

Павлов Д.С., Кириллов П.И., Кириллова Е.А. и др., 2016. Состояние и мониторинг биоразнообразия рыб, рыбообразных и среды их обитания в бассейне р. Утхолок. М: КМК, 198 с.

Тяптиргенов М.М. 2016. Изменение рыбного населения пресноводных водоёмов Якутии в условиях антропогенного загрязнения. М: Полиграф-Плюс, 308 с.

Шунтов В.П., Темных О.С. 2011. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Владивосток, изд-во ТИНРО, 474 с.

Шуст К.В. 1998. Рыбы и рыбные ресурсы Антарктики. М: ВНИРО, 162 с.

Интернет-ресурсы

Зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет при применении стандартных поисковых систем Google Scholar:

<http://www.fishbase.com>,

<https://scifinder.cas.org>.

Составители: профессор, академик РАН, д.б.н. Павлов Дмитрий Сергеевич,
профессор, д.б.н. Кузищин Кирилл Васильевич

ПОЛЕВЫЕ ПРАКТИКИ СТУДЕНТОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА (ИХТИОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ)

ПРАКТИЧЕСКИЙ КУРС ИХТИОЛОГИИ (летняя полевая практика студентов биологического факультета после 1 года обучения, ЗБС МГУ)

Практический курс ихтиологии на ЗБС проводится преподавателями и научными сотрудниками кафедры ихтиологии МГУ и включает в себя трёхдневный цикл занятий. Основная задача данного курса – знакомство студентов с экологией и ихтиофауной водоёмов бассейна р. Москвы, с методами первичной обработки ихтиологического материала, его описания и анализа. Ихтиофауна бассейна р. Москвы в районе ЗБС относительно постоянна и в настоящее время насчитывает около 25 видов, каждый из которых доступен для знакомства и изучения.

Занятия состоят из вводного лекционного курса, двух-трёх экскурсий, практических лабораторных занятий по определению и изучению материала. В течение лекционного курса студенты знакомятся с объектами и методами ихтиологических исследований, им читаются лекции об экологии и истории формирования бассейна р. Москвы, а также лекции о формировании современной ихтиофауны бассейна.

Для знакомства с экологией рыб бассейна р. Москвы проводятся экскурсии к различным биотопам р. Москвы и её притоков в районе ЗБС. Во время экскурсий студентам на практике демонстрируется разнообразие экологических условий бассейна и различия в видовом составе различных биотопов. В течение практических занятий на водоёме студенты знакомятся с методами сбора материала, включая способы постановки сетей, неводов и различных ловушек, приобретают навыки работ по постановке различных орудий лова с лодки, самостоятельно проводят сбор и первичный анализ собранного материала.

Во время лабораторных занятий проводятся обработка и анализ собранного ихтиологического материала. Во время работ по определению видов студенты приобретают навыки работы с определителями и получают опыт сравнительного описания

видов различных экологических групп. При определении изучаемых рыб проводится выполнение научного рисунка объекта с его научным названием на русском и латинском языках. По окончании занятий студенты сдают дифференцированный зачёт, на котором оценивается успешность усвоения курса. Основными критериями при сдаче зачёта является определение изученных видов рыб без определителя, знание их основных систематических и морфологических признаков, краткое описание экологии и физиологии. Также учитывается правильное и аккуратное выполнение научных рисунков, внимательность и активность студента во время сбора материала на экскурсиях, лабораторных занятиях.

В зоологическом цикле практик для более глубокого изучения экологии и ихтиофауны водоёмов бассейна р. Москвы студентам предлагается ряд самостоятельных работ, представляющих собой полноценные самостоятельные научные исследования на базе знаний, полученных на обязательных занятиях по ихтиологии. Вместе с руководителем самостоятельной работы студенты формируют цели и задачи работы, основную методологию, самостоятельно собирают и обрабатывают материал. По окончании самостоятельных работ проводится их защита вместе с другими студенческими работами зоологического цикла. Результаты исследований могут быть опубликованы в тезисах конференций или трудов ЗБС, послужить основой для полноценной научной публикации.

Составитель: доцент, к.б.н. Павлов Сергей Дмитриевич

ПРАКТИЧЕСКИЙ КУРС ИХТИОЛОГИИ

(летняя полевая практика студентов биологического факультета после 2 года обучения, ББС МГУ)

Цели практики

Приобретение теоретических знаний и практических навыков исследования рыб.

Задачи практики:

- освоение основных орудий лова и методических приёмов, используемых при сборе ихтиологических объектов в Белом море;
- обучение работе с плавсредствами и орудиями лова на примере различных типов орудий лова;
- отработка навыков глубинных постановки и съёма орудий лова в полевых (морских) условиях;
- анализ уловов с применением технологий биоанализа, морфометрии, генетического анализа;
- создание баз данных и их обработка для последующего анализа особенностей роста и популяционной структурированности ихтиологических объектов.

Место и период проведения практики

Период проведения практики – июль.

Место проведения практики – Беломорская биологическая станция МГУ.

Структура и содержание практики

Общая продолжительность практики составляет четыре недели. Общая трудоёмкость практики составляет шесть зачётных единиц, 216 академических часов.

Все виды учебной деятельности во время выездной практики проводятся в форме контактной работы и самостоятельной работы, проводимой обучающимся под руководством преподавателя (контактной работы).

Тема 1. Предмет и задачи курса

«Практический курс ихтиологии на ББС для студентов 2-го курса биологического факультета МГУ».

Тема 2. Структура вод Белого моря

Состав и современная морфоструктура Белого моря. Структура вод и особенности гидрологии отдельных районов. История возникновения бассейна Белого моря и закономерности изменения климато-океанологических характеристик в голоцене.

Тема 3. Ихтиофауна Белого моря

Обзор ихтиофауны бассейна Белого моря (морские, солоноватоводные, пресноводные, проходные виды). Особенности биологии, морфологии, онтогенеза отдельных представителей ихтиофауны. Молекулярно-генетические методы в исследованиях макро- и микроэволюционных процессов у рыб.

Тема 4. Способы лова рыб

Способы лова рыбы в пресных и морских водоёмах. Типы орудий лова, их конструктивные особенности. Правила техники безопасности при проведении ихтиологических работ. В рамках темы полевые работы – выполнение лова рыб стандартными орудиями различных типов.

Тема 5. Обработка ихтиологического материала

Принципы и методы первичной обработки ихтиологического материала. Определение видовой принадлежности рыб. Биоанализ и морфометрия. Определения возраста и роста рыб. Изучение репродуктивных циклов у рыб. Приготовление препаратов для генетических исследований.

Рекомендуемая литература

Основная

- Алтухов К.А., Михайловская А.А., Мухомедияров Ф.Б. и др. 1958. Рыбы Белого моря. Петрозаводск: ГИЗ Карельской АССР, 162 с.
- Андрияшев А.П. 1954. Рыбы северных морей СССР. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 566 с.
- Микулин А.Е. 2003. Зоогеография рыб. М.: Изд-во ВНИРО, 436 с.
- Наумов А.Д., Федяков В.В. 1991. Формирование Белого моря и заселение его морскими организмами. // Океанографические условия и биологическая продуктивность Белого моря. Мурманск: Изд-во ПИНРО, С.18.–21.

- Никольский Г.В. 1963. Экология рыб. М.: Высшая школа. 368 с.
- Никольский Г.В. 1971. Частная ихтиология. М.: Высшая школа. 472 с.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. промышленность. 376 с.
- Строганов А.Н., Жукова К.А. 2020. Репродуктивная система рыб Белого моря: учебное пособие по практическому курсу ихтиологии. М.: Товарищество научных изданий КМК. 38 с.

Дополнительная

- Атлас океанов. Термины, понятия, справочные таблицы. 1980. Ред. Горшков С.Г. М.: ГУНК МО СССР. 160 с.
- Варейчук Н.С., Ермолов А.А., Игнатов Е.И., Чистов С.В. 2012. Очерки геоморфологии берегов и дна Белого моря. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 428 с.
- Касумян А.О. 2004. Вестибулярная система и чувство равновесия рыб. Учебное пособие. М.: Издательство Московского университета. 99 с.
- Касумян А.О. 2005. Структура и функция слуховой системы рыб. Учебное пособие. М.: Издательство Московского университета. 109 с.
- Касумян А.О. 2009. Звуковая сигнализация у рыб. Учебное пособие. М.: Издательство Московского университета. 157 с.
- Касумян А.О. 2011. Тактильная рецепция и поведение рыб. Учебное пособие. М.: Издательство МАКС-ПРЕСС. 162 с.
- Клиге Р.К., Данилов И.Д., Конищев В.Н. 1998. История гидросферы. М.: Научный мир, 368 с.
- Кузнецов В. В. 1960. Белое море и биологические особенности его флоры и фауны. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 320 с.
- Марти Ю.Ю. 1980. Миграции морских рыб. М.: Пищевая пром-ть, 248 с.
- Константинов К.Г. 1977а. Промысловые биологические ресурсы Северной Атлантики и прилегающих морей Северного Ледовитого океана. Мурманск: Изд-во ПИНРО. Ч. 1. 349 с.
- Константинов К.Г. 1977б. Промысловые биологические ресурсы Северной Атлантики и прилегающих морей Северного Ледовитого океана. Мурманск: Изд-во ПИНРО. Ч. 2. 191 с.
- Расс Т.С. 1971. Жизнь животных (Рыбы). М.: Изд. Просвещение, Т. 4. Часть.1. 655 с.
- Строганов А.Н. 2020. Треска от плиоцена до современности: генезис и специфика процессов формообразования (К 270-летию Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова). М.: Товарищество научных изданий КМК. 230 с.

Интернет-ресурсы

Российские и зарубежные журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет:

<http://dspace.vniro.ru/>

<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>

<http://www.fishbase.us/>

<http://www.fao.org/home/ru/>

Составители: зав. лабораторией, д.б.н. Строганов Андрей Николаевич, научный сотрудник, к.б.н. Малютина Анна Михайловна, научный сотрудник, к.б.н. Пономарева Екатерина Валериановна

ПРОГРАММЫ СПЕЦКУРСОВ КАФЕДРЫ ИХТИОЛОГИИ

Кафедра ихтиологии
Биологический факультет
Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова
<https://ichthyology.msu.ru>

Заведующий кафедрой
профессор А.О. Касумян
(495) 939-27-25
alex_kasumyan@mail.ru

Учебный секретарь
доцент В.В. Зданович
(495) 939-25-38
zdanovich@mail.ru

Секретарь кафедры
Т.В. Гришина
(495) 939-37-92
ichthyology@mail.ru

Подписано в печать 01.06.2026.
Заказ 26-01872

Издатель ООО «КОНСТАНТА»
308519, Белгородская обл., Белгородский р-н, пос. Северный,
ул. Березовая, 1/12
Тел./факс (4722) 300-720, www.konstanta-print.ru

