

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

ЛЕКЦИЯ 1

ВВЕДЕНИЕ В ЭКОЛОГИЮ

1. История развития экологии
2. Предмет и задачи экологии. Взаимосвязь с другими биологическими науками
3. Уровни организации живых систем. Принцип эмерджентности
4. Основные разделы экологии
5. Методы экологических исследований
6. Математические методы и моделирование. Системный подход к изучению экологии
7. Экология как теоритическая основа охраны природы. Классификация природных ресурсов
8. Экология и здоровье человека
9. Экология как элемент мировоззрения. Экология и политика
10. Экология как теоретическая основа сельского хозяйства

1. История развития экологии

Экология как биологическая дисциплина возникла в середине XIX века, а в самостоятельную науку она превратилась только в первой половине XX века. Однако появлению экологии предшествовала длительная предыстория. Накопление экологических сведений началось с момента появления человека на Земле. Всю историю развития экологии можно разделить на пять этапов:

I. Этап накопления экологических сведений о взаимодействии растений и животных со средой в рамках ботаники и зоологии. Этот этап продолжался с глубокой древности до конца XVIII века.

II. Этап формирования экологических направлений в рамках ботанической и зоологической географии. Он продолжался с конца XVIII века до середины XIX века.

III. Этап формирования экологии растений и экологии животных как наук об адаптациях организмов к среде обитания. Данный этап продолжался с середины XIX века до 20-х годов XX века.

IV. Этап становления экологии как общебиологической науки, являющейся теоретической базой охраны природы. Продолжался этот этап с 20-х по 60-е годы XX века.

V. Этап развития глобальной экологии с выделением в ее рамках антропоэкологии (экологии человека). Начался данный этап с 60-х годов XX века и продолжается в настоящее время.

Сейчас более подробно рассмотрим основные моменты развития экологии на каждом этапе.

1. Первый этап самый длительный в истории экологии, поэтому его подразделяют на 3 периода:

1. *Период древнегреческих философов.* В этом периоде накопленные экологические сведения нашли свое отражение в трудах древнегреческих философов. Аристотель описал поведение свыше 500 видов животных и классифицировал их по образу жизни и характеру потребностей. В его трудах имеются сведения о перелетах птиц, миграции и спячке рыб, строительной деятельности животных. Известный древнегреческий врач Гиппократ в своих трудах описывал влияние факторов среды на здоровье человека.

2. *Период средневекового застоя.* В этом периоде накопления экологических сведений не происходило, поскольку в науке доминирующей была теологическая теория происхождения жизни и виды считались неизменными, влияние среды вообще отрицалось.

3. *Период эпохи Возрождения.* В эпоху Возрождения великие географические открытия послужили толчком дальнейшему развитию естественных наук и экологии в том числе. Благодаря накопленному научному материалу о растительном и животном мире различных материков земного шара стала формироваться наука биогеография, появление которой считается началом II этапа истории экологии.

II. На втором этапе быстрыми темпами развивалась наука биогеография, которая состояла из двух разделов: ботаническая география и зоологическая география, в рамках которых экологические сведения анализировались и на основании этого формировались экологические направления. Ж.Б.Ламарк считал, что влияние внешних условий - одна из главных причин эволюции растений и животных («Философия зоологии», 1809 г.).

III. Третий этап начинается с момента выхода в свет книги Ч. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» в 1859 году. Эволюционное учение Ч. Дарвина явилось мощным толчком для развития экологии на качественно новой основе. Додарвиновский период развития экологии считается ее предысторией. Вслед за выходом книги Ч. Дарвина Э.Геккель впервые употребил термин экология в своем труде «Всеобщая морфология организмов», который вышел в 1866 году; а в 1868 году в книге «Натуралистическая теория мироздания» он дал определение сущности новой науки. Однако этот термин прижился только к концу XIX века. Появились новые научные труды Ч. Адамса, В.Шелфорда, С.А.Зернова и др. В 1913-20 г. были созданы научные экологические общества, основаны экологические журналы, экологию начали преподавать в университетах.

IV. Четвертый этап знаменателен тем, что темпы развития экологии существенно ускорились и она сформировалась как общебиологическая наука. Этому способствовало появление и развитие новых научных направлений. В 1923-27 г. В.И. Вернадский создал учение о биосфере как глобальной биологической системе планеты Земля. В 30—40-е годы как самостоятельное направление обособилась экология популяций - *демэкология*.

V. Начиная с 60-х годов экология начала развиваться такими мощными темпами, что начала проникать во все сферы человеческого знания, и на границе экологии и других наук начали возникать пограничные науки, такие, как экологическая

биохимия, экологическая физиология, математическая экология и др. Кроме этого, экология стала проникать и во все сферы человеческой деятельности. Так появились промышленная экология, сельскохозяйственная экология, медицинская экология, инженерная экология, экономическая экология, социальная экология, правовая экология и др.

2. Предмет и задачи экологии. Взаимосвязь с другими биологическими науками

Термин «экология» впервые был введен в 1866 году немецким ученым Эрнстом Геккелем в его книге «Всеобщая морфология организмов». Он состоит из двух латинских слов: «oikos» - дом, местообитание, жилище, и «logos» - наука. В дословном переводе - это наука об организмах у себя дома. Э. Геккель рассматривал экологию как науку, изучающую взаимодействие организмов со средой их обитания. В тот период организм считался самым сложным уровнем организации жизни. В ходе развития экологии выяснилось, что жизнь существует и в виде надорганизменных уровней организации. В этой связи представление об экологии как науке в настоящее время существенно расширилось. Чтобы ответить на вопрос, что является предметом экологии, необходимо рассмотреть уровни организации живой материи. С точки зрения современной биологии жизнь на планете Земля представлена следующими уровнями организации живой материи: ген - клетка - ткань - орган - организм - популяция - биоценоз (сообщество) - биогеоценоз (экосистема) - биом - биосфера. В этом жизненном спектре предметом экологии являются биологические системы от организма до биосферы. Исходя из этого, можно дать современное определение экологии как науки.

Экология - наука, изучающая отношения организмов между собой и окружающей средой, а также организацию и функционирование надорганизменных систем различного уровня: популяций, сообществ и экосистем, природных комплексов и биосферы.

Экология - это биологическая наука, изучающая формирование, структуру и функционирование биологических систем всех уровней от организма до биосферы и их взаимодействие с окружающей средой.

Экология как наука должна решать следующие задачи:

1. Изучить законы и закономерности взаимодействия организмов со средой их обитания;
2. Изучить формирование, структуру и функционирование надорганизменных биологических систем (популяция, биоценоз (сообщество), биогеоценоз (экосистема), биом, биосфера).
3. Изучить законы и закономерности взаимодействия надорганизменных биологических систем (популяция, биоценоз (сообщество), биогеоценоз (экосистема), биом, биосфера) с окружающей средой.

Решение задач, стоящих перед экологией, позволит достичь поставленных перед ней целей. Цели экологии можно сформулировать следующим образом.

1. Разработка оптимальных путей взаимодействия общества и природы с учетом законов существования природы;

2. Прогнозирование последствий воздействия общества на природу с целью предотвращения негативных результатов.

Определений Э. в современной научной литературе множество. И почти все они концентрируют внимание на взаимоотношениях между живыми организмами и средой их окружения. С одной стороны признается, что Э. - это наука, а с другой - подчеркивается, что это совокупность научных дисциплин.

Обращаясь к истокам возникновения Э., заметим, что по своему зарождению и особенно дальнейшему развитию она весьма отличается от других наук, большинство из которых (например, биологию) можно представить в виде ствола дерева, от которого отходят многочисленные ветви - цитология, гистология, физиология и т.п. Э. же представляет собой как бы массу корней, которые, сливаясь воедино, образуют общий ствол.

В основании находятся классические естественные дисциплины - ботаника и зоология. Затем следуют почвоведение и физическая география, геология, климатология, биохимия и микробиология, высшая математика (для построения моделей), социология, география населенности, психология, теория культуры, экономика.

Экология неразрывно связана с географическими науками: разные участки земной поверхности и глубин нашей планеты различным образом заселены и освоены жизнью. Экосистемы тропической, умеренной и полярной зон совершенно не похожи друг на друга, заселены различными организмами, относящимся к совершенно разным жизненным формам. Восприимчивость экосистем различных географических зон к антропогенным воздействиям неодинакова. Это необходимо учитывать при организации природопользования.

Экология связана также с медициной, т.к. ухудшение качества окружающей среды в результате тех или иных природных процессов или из-за антропогенных преобразований природы в общем случае означает отклонение конкретных условий от физиологических требований организма.

3. Уровни организации живых систем. Принцип эмерджентности

Живые организмы, населяющие Землю, не разбросаны хаотично по ее поверхности, а организованы в определенные развивающиеся группы. Такие группы, начиная с отдельных индивидов, составляют уровни организации живого, или структурные уровни. Жизнь предстает перед нами как сложная иерархическая система, в которой элементы низшего уровня организации служат составными частями для структур более высокого уровня.

Вопрос об уровнях организации живых систем в настоящее время до конца еще не решен, поскольку разные авторы называют неодинаковое число уровней.

Чаще всего выделяют до десяти уровней организации живой материи: **молекулярно-генетический, органоидный, клеточный, тканевый, органный, организменный, популяционно-видовой, биоценотический, экосистемный (биогеоценотический) и биосферный.**

Отличительная особенность организации живого на Земле состоит в том, что все функциональные единицы структурных уровней находятся в иерархическом соподчинении. Это означает, что меньшие подсистемы

составляют большие системы, а сами в то же время являются подсистемами более крупных систем. Например, клетка является составной частью **живой** ткани, последняя включается в систему органа, из органов состоит организм (особь), организмы же одного вида составляют популяцию и т.д. По мере усложнения уровня организации подсистем, системы их включающие усложняются и увеличиваются. Причем в одних случаях системы и их подсистемы оказываются относительно независимыми образованиями (например, особь в популяциях), в других же случаях эта самостоятельность намного меньше (орган, клетка в живой ткани). Следует отметить, что экология в качестве поля деятельности для своих исследований охватывает несколько уровней организации жизни: организменный и надорганизменные - от популяционно-видового до биосферного. Несомненно, такие исследования нельзя проводить в отрыве от факторов окружающей среды.

Не все трактуют систему форм организации живого единообразно. К.М. Завадский, например, отмечает четыре формы организации живого: организменный, популяционно-видовой, биоценотический и биосферный. Н.П. Наумов рассматривает три уровня организации органического мира: видовой (популяционный), ассоциации видов (сообщества) и биосферу в целом. М.А. Голубец все разнообразие живых систем сводит к трем уровням: организменному, популяционному и экосистемному, что фактически очень напоминает схему К.М. Завадского; различие состоит только в объединении последним биоценотического и биосферного уровней в один - экосистемный. Обоснованность выделения этих трех уровней подтверждается тем, что в системах организменного, популяционного и экосистемного уровней организации происходят все биохимические, физиологические, биогеоценотические, биофизические и биогеохимические процессы, обеспечивающие существование и эволюцию биосферы.

Изучая взаимосвязи живого с окружающей абиотической средой, экология решает разные задачи на каждом системном уровне организации жизни.

На *организменном* уровне рассматриваются проблемы адаптации организмов, механизмы, обеспечивающие устойчивость их функционирования.

На *популяционном* уровне - это исследование форм взаимоотношений между организмами, обеспечивающих существование популяции как целостной саморегулирующейся системы. Основное здесь - определение тех свойств популяции, которые предоставляют возможность ее неограниченно длительного существования в постоянно изменяющихся условиях среды. Следует отметить, что популяционный уровень наиболее важен из-за возможности управления популяциями со стороны человека. Воздействие на отдельный организм никакого эффекта не дает, поскольку организм смертен и его отдельно взятые индивидуальные свойства во взаимоотношениях между особями и средой в целом ничего не изменяют. Но если воздействию подвергается вся популяция, то в случае ее гибели возможно ограничение (или уничтожение) какого-то природного ресурса, важного для человека.

На *экосистемном* (биогеоценологическом) уровне основной задачей является исследование закономерностей функционирования и продукционных процессов многовидовых биоценозов вместе с их неорганическим окружением.

На *биосферном* (глобальном) уровне выявляются причины и механизмы изменения элементов биосферы в результате воздействия человеческой деятельности. Двойное положение человека в биосфере (с одной стороны, это гетеротрофный живой организм, а с другой - высокоразвитое живое существо, наделенное разумом и вооруженное достижениями научно-технической революции) диктует необходимость предельной осторожности и взвешенности решений при любой его попытке вмешательства в исторически сложившиеся взаимосвязи и процессы живой природы.

Универсальное свойство экосистем - их **эмерджентность** (англ. эмердженс - возникновение, появление нового), заключающееся в том, что свойства системы как целого не являются простой суммой свойств слагающих ее частей или элементов. Например, одно дерево, как и редкий древостой, не составляет леса, поскольку не создает определенной среды (почвенной, гидрологической, метеорологической и т. д.) и свойственных лесу взаимосвязей различных звеньев, обуславливающих новое качество. Недоучет эмерджентности может приводить к крупным просчетам при вмешательстве человека в жизнь экосистем или при конструировании систем для выполнения определенных целей. Например, сельскохозяйственные поля (агроценозы) имеют низкий коэффициент эмерджентности и поэтому характеризуются крайне низкой способностью саморегулирования и устойчивости. В них, вследствие бедности видового состава организмов, крайне незначительны взаимосвязи, велика вероятность интенсивного размножения отдельных нежелательных видов (сорняков, вредителей).

4. Основные разделы экологии

В зависимости от типа изучаемой биологической системы в экологии выделяют следующие разделы: факториальная экология (аутэкология), учение о популяциях (демэкология), учение о сообществах (синэкология), учение об экосистемах (биогеоценология) и учение о биосфере (глобальная экология).

Экологию можно подразделить на два большие раздела (отрасли): на общую и частную (специальную).

Общая экология (биоэкология) изучает популяции, взаимоотношения между организмами, организмом и средой, экологию сообществ (биогеоценозов), природные комплексы и биосферу.

Аутэкология - раздел экологии, в задачу которого входит установление пределов существования особи (организма) и тех пределов физико-химических факторов, в диапазоне которых она может существовать. Следовательно, аутэкология изучает взаимоотношения организма с внешней средой, в основе которых лежат его морфофизиологические реакции на воздействие среды. С изучения этих реакций начинается любое экологическое исследование. Причем основное внимание уделяется биохимическим реакциям, интенсивности газового

и водяного обменов, а также другим физиологическим процессам, которые определяют состояние организма.

Демэкология изучает естественные группировки особей одного вида, т.е. популяции. Важнейшая задача демэкологии - выяснение условий формирования популяций, а также внутривидовых группировок и их взаимоотношений, структуры, динамики, численности.

Эйдэкология, или экология видов - наименее разработанный раздел современной экологии. Вид как уровень организации живой природы, как надорганизменная биологическая микросистема только начинает становиться объектом экологических исследований.

Синэкология, или экология сообществ (*биоценология*), изучает ассоциации популяции различных видов растений, животных и микроорганизмов, образующих биоценозы, их формирование и развитие, структуру, динамику, взаимодействие с физико-химическими факторами среды, энергетику, продуктивность, а также другие особенности.

Таблица 1

Структура «Общей экологии»

Разделы экологии	Их содержание
Факториальная экология	Учение о факторах среды и закономерностях их действия на организмы
Экология организмов, или аутэкология	Взаимодействие между отдельными организмами и факторами среды или средами жизни
Популяционная экология, или демэкология	Взаимоотношение между организмами одного вида (в пределах популяций) и средой обитания. Экологические закономерности существования популяций
Учение об экосистемах (биогеоценозах), или синэкология	Взаимоотношения организмов разных видов (в пределах биоценозов) и среды их обитания как единого целого. Экологические закономерности функционирования экосистем
Учение о биосфере (глобальная экология)	Роль живых организмов (живого вещества) и продуктов их жизнедеятельности в создании земной оболочки (атмосферы, гидросферы, литосферы), ее функционировании

Частная, или специальная экология занимается изучением экологических аспектов конкретных организмов (экология различных видов растений, животных, экология человека и т.д.) или сообществ (экология

сельскохозяйственных экосистем - агроэкология, растительных сообществ - фитоценология и т.д.).

Взаимодействуя с природой на всех этапах своего развития, человечество столкнулось с проблемой безопасности жизнедеятельности. Развитие промышленности, сельскохозяйственного производства привело к возникновению негативных факторов, одинаково влияющих как на окружающую человека природу, так и на самого человека. В недрах специальной экологии сформировался еще один раздел - прикладная экология. Такие науки, как промышленная (инженерная), сельскохозяйственная, промысловая экология, изучают возможность использования природных ресурсов и среды жизни, допустимые нагрузки на них, формы управления и хозяйствования. Они исследуют воздействие промышленности, транспорта, сельского хозяйства на природу и, наоборот, влияние естественной природной среды на функционирование промышленных предприятий и сельскохозяйственных комплексов.

В настоящее время существуют более детальные классификации научных направлений, основывающиеся на общем фундаменте экологии. Например, в зависимости от объекта изучения, выделяют такие направления экологии, как *экологию микроорганизмов, грибов, растений, животных*.

Различные типы экосистем изучают такие направления, как *экология тундр и арктических пустынь, лесная экология, экология степей и лугостепей, экология пустынь, гор, океанов*.

Различные факторы и среды жизни изучают: *экология атмосферы, гидросферы, почв, литосферы, радиационная, химическая, ландшафтная*.

5. Методы экологических исследований

Для решения задач, стоящих перед экологией, она использует как свои собственные методы, так и методы других наук. Собственные методы экологии можно разделить на три группы.

1. Полевые методы - это методы, позволяющие изучить влияние комплекса факторов естественной среды на естественные биологические системы и установить общую картину существования и развития системы.

2. Лабораторные методы - это методы, позволяющие изучить влияние комплекса факторов моделированной в лабораторных условиях среды на естественные или моделированные биологические системы. Эти методы дают возможность получить приблизительные результаты, которые требуют дальнейшего подтверждения в полевых условиях.

3. Экспериментальные методы - это методы, позволяющие изучить влияние отдельных факторов естественной или моделированной среды на естественные или моделированные биологические системы. Они применяются в сочетании как с полевыми, так и с лабораторными методами.

Кроме собственных методов экология широко использует методы таких наук, как биохимия, физиология, микробиология, генетика, цитология, гистология, физика, химия, математика и др.

Вследствие того, что экология охватывает столь широкий спектр вопросов, она неразрывно связана с другими областями знания. В экологии очень широко применяются математические методы и методы статистики, особенно при изучении динамики численности популяций и материальных потоков в биоценозе.

При изучении влияния экологических факторов на живые организмы и вопросов загрязнения окружающей среды применяются химические и физические методы исследований.

6. Математические методы и моделирование. Системный подход к изучению экологии

При экологическом исследовании, которое обычно проводится на определенном количестве особей, изучаются природные явления во всем их многообразии: общие закономерности, присущие макросистеме, ее реакции на изменения условий существования и др. Но каждая особь, индивидуум неодинаковы, отличны друг от друга. Кроме того, выбор особи из всей популяции носит случайный характер. И лишь применение методов математической статистики дает возможность по случайному набору различных вариантов определить достоверность тех или иных результатов (степень отклонения их от нормы, случайны отклонения или закономерны) и получить объективное представление о всей популяции.

Однако как только было установлено, что все биологические системы, в том числе и надорганизменные макросистемы, обладают способностью к саморегуляции, ограничиваться методами математической статистики стало невозможно. Поэтому в современной экологии широко применяются методы теории информации и кибернетики, тесно связанные с такими областями математики, как теория вероятности, математическая логика, дифференциальные и интегральные исчисления, теория чисел, матричная алгебра.

Моделирование – это изучение экологических закономерностей с помощью лабораторных, натуральных или математических моделей. Под моделью понимается имитация того или иного явления реального мира, позволяющая делать прогнозы.

В последнее время широкое распространение получило моделирование биологических явлений, т. е. воспроизведение в искусственных системах различных процессов, свойственных живой природе. Так, в «модельных условиях» были осуществлены многие реакции, протекающие в растении при фотосинтезе. Примером биологических моделей может служить и аппарат искусственного кровообращения, искусственная почка, искусственные легкие, протезы, управляемые биотоками мышц, и др.

В различных областях биологии широко применяются так называемые живые модели. Несмотря на то что различные организмы отличаются друг от друга сложностью структуры и функции, многие биологические процессы у них протекают практически одинаково. Поэтому изучать их удобно на более простых существах. Они то и становятся живыми моделями. В качестве примера можно

привести зоохлореллу, которая служит моделью для изучения обмена веществ; моделью для исследования внутриклеточных процессов являются гигантские растительные и животные клетки и т. д.

Основной задачей биологического моделирования является экспериментальная проверка гипотез относительно структуры и функции биологических систем. Сущность этого метода заключается в том, что вместе с оригиналом, т. е. с какой-то реальной системой, изучается его искусственно созданное подобие — модель. В сравнении с оригиналом модель обычно упрощена, но свойства их сходны. В противном случае полученные результаты могут оказаться недостоверными, не свойственными оригиналу. Т. Г. Гильманов (1980) указывает: «Одно из достоинств метода моделирования состоит в возможности построения моделей с «удобной реализацией», ибо удачный выбор реализации делает исследование модели несравненно более легким, чем исследование оригинала, и в то же время позволяет сохранить существенные черты его состава, структуры и функционирования».

Реальные (натурные, аналоговые) модели, если таковые удастся создать, отражают самые существенные черты оригинала. Например, аквариум может служить моделью естественного водоема. Однако создание реальных моделей сопряжено с большими техническими трудностями, так как пока еще не удается достичь точного воспроизведения оригинала.

Знаковая модель представляет собой условное отображение оригинала с помощью математических выражений или подробного описания.

Наибольшее распространение в современных экологических исследованиях получили концептуальные и математические модели.

В современных условиях моделирование занимает основное место в работах по экологическому прогнозированию.

В настоящее время модели чаще всего используются для решения конкретных сегодняшних задач: применять или не применять пестициды, какую природную среду требуется контролировать в первую очередь, какие антропогенные нагрузки допустимы и т. д. Хотя все эти сегодняшние проблемы невозможно решать без обоснованного прогноза на далекую перспективу.

Системный анализ – это направление научного познания и социальной практики, в основе которого лежит исследование объекта как системы.

7. Экология как теоритическая основа охраны природы. Классификация природных ресурсов

Экологию трактуют прежде всего, как науку об охране и рациональном использовании природы. Автоматически все, что касается природного окружения, стали называть «экологией», в том числе и охрану природы и охрану окружающей человека среды.

Охрана природы нацелена на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей средой с целью его сохранения и восстановления природных ресурсов и предупреждения вредного влияния результатов хозяйственной деятельности на природу и здоровье человека.

Охрана окружающей среды концентрирует свое внимание прежде всего на потребностях самого человека. Это комплекс самых различных мероприятий

(административно-хозяйственных, технологических, юридических, общественных и пр.), направленных на обеспечение функционирования природных систем, необходимых для сохранения здоровья и благосостояния человека.

Природопользование нацелено на удовлетворение различных потребностей человека путем рационального использования природных ресурсов и природных условий.

Таким образом смешений понятий «экология», «охрана природы», «охрана окружающей среды» и «природопользование» совершенно неправомерно, поскольку экология как фундаментальная наука о взаимоотношениях живых организмов и среды обитания значительно шире учения лишь об охране и защите этой природной среды. Экология является фундаментом, базисом, на основании ее развиваются указанные прикладные науки.

Деятельность человека на планете, как впервые утверждал еще в начале XX века В.И. Вернадский, становится силой геологического масштаба. Тем самым резко увеличился риск нарушения биосферного равновесия, что затрагивает судьбу самого человечества и эволюцию жизни. На Земле множатся локальные катастрофы, вызываемые способами хозяйствования: эрозия и падение плодородия почв, уменьшение площади лесов, разрастание пустынь, накопление отходов, нехватка пресной воды, кислые дожди, середины XX века Организация Объединенных Наций (ООН) начала разработку международных программ, углубляющих научные основы понимания и прогнозирования биосферных процессов. Первая Всемирная межправительственная конференция 1977 года в Тбилиси поставила перед миром задачи всеобщего экологического образования.

Единственной альтернативой стихийного развития общества, приведшего мир на грань глобальной экологической катастрофы, становится сознательная переориентация экономики и образа жизни на путь, не противоречащий, а согласующийся с законами живой природы. Человечество осознает, наконец, что оно — ее часть и должно быть встроено в общую природную систему таким образом, что не только не подрывать своего будущего, но и иметь возможность длительного устойчивого развития. Для этого необходимо, прежде всего, знать и глубоко понимать те связи и закономерности, которым подчиняется жизнь на нашей планете. Именно связи, объединяющие все живое на Земле и поддерживающие тесное единство с окружающей неживой природой, являются предметом науки экологии. Знание ее основ необходимо для каждого грамотного человека, поскольку экология представляет научный фундамент рационального, не истощающего природопользования. Она, с одной стороны, заставляет понимать необходимость целого ряда запретов и ограничений в сферах хозяйственной деятельности, а с другой — открывает новые возможности и горизонты для развития общества. Влияние человечества на биосферу складывается из миллиардов мелких и крупных действий, от дел конкретных людей до политики государств и международных сообществ. Всеобщее и непрерывное экологическое образование становится необходимым условием

современности. Начиная со школьной скамьи, оно должно сопровождать человека всю жизнь во всех сферах его деятельности.

Связь экологических, социальных и экономических проблем регулярно обсуждается мировым сообществом в рамках ООН и ЮНЕСКО — организации по вопросам образования, науки и культуры, а также ЮНЕП — программы ООН по окружающей среде. Крупные международные форумы по этим проблемам состоялись в 1972 г. в Стокгольме, в 1992 г. — в Рио-де-Жанейро и в 2002 г. — в Йоханнесбурге. На них была сформирована концепция «устойчивого развития» и выработаны рекомендации правительствам всех стран по реализации тех мер, которые направлены на улучшение качества среды жизни на планете и предотвращение экологических катастроф. Эти меры не допускают отсрочки, так как деградация природы происходит ускоряющимися темпами и на исправление положения загрязнение среды токсичными и радиоактивными веществами, вымирание диких видов, взрывы численности вредителей и многие другие.

Классификация природных ресурсов

В основу классификации природных ресурсов положено три признака: по источникам происхождения ресурсов, по использованию ресурсов в производстве и по степени истощаемости ресурсов (Протасов, 1985). ***По источникам происхождения*** ресурсы подразделяются на биологические, минеральные и энергетические. ***Биологические ресурсы*** — это все живые средообразующие компоненты биосферы. ***Минеральные ресурсы*** — это все пригодные для употребления вещественные составляющие литосферы, используемые в хозяйстве как минеральное сырье или источники энергии. ***Энергетическими ресурсами*** называют совокупность энергии Солнца и Космоса, атомно-энергетических, топливно-энергетических, термальных и других источников энергии. Второй признак, по которому классифицируют ресурсы, — по использованию их в производстве. Сюда относятся следующие ресурсы:

- ***земельный фонд***
- ***лесной фонд***
- ***водные ресурсы***
- ***гидроэнергетические ресурсы***
- ***ресурсы фауны***
- ***полезные ископаемые***

С природоохранной точки зрения важное значение имеет классификация ресурсов по третьему признаку — ***по степени истощаемости***.

Неисчерпаемые ресурсы — непосредственно солнечная энергия и вызванные ею природные силы, — например, ветер и приливы существуют вечно и в неограниченных количествах.

Исчерпаемые ресурсы имеют количественные ограничения. Эти ресурсы конечны и не возобновляются.



Рис. Классификация природных ресурсов по экологическому признаку их истощаемости

8. Экология и здоровье человека

Как и все консументы экосистемы, человек практически незащищен от действия ее лимитирующих факторов. Первобытный человек был подвержен тем же факторам регуляции и саморегуляции экосистемы, что и весь животный мир. Главными из ограничивающих факторов были гипердинамия и недоедание. Среди причин смертности на первом месте стояли патогенные (вызывающие болезни) воздействия природного характера. Особое значение среди них имели инфекционные болезни, отличающиеся, как правило, природной очаговостью.

Природная среда сейчас сохранилась лишь там, где она не была доступна людям для ее преобразования. Урбанизированная или городская среда-это искусственный мир, созданный человеком, не имеющий аналогов в природе и способный существовать только при постоянном обновлении.

С медико-биологических позиций наибольшее влияние экологические факторы городской среды оказывают на следующие тенденции:

- 1) процесс акселерации;
- 2) нарушение биоритмов;
- 3) аллергизация населения;
- 4) рост онкологической заболеваемости и смертности;
- 5) рост доли лиц с избыточным весом;
- 6) отставание физиологического возраста от календарного;
- 7) «омоложение» многих форм патологии;
- 8) абиологическая тенденция в организации жизни и др.

Экология человека изучает проблемы взаимоотношения людей с окружающей средой и сохранения их физического и душевного (психического) здоровья в загрязненной окружающей среде.

Специалисты считают, что продолжительность жизни определяется:

- на 20-25% генетическими факторами;
- на 50-55% - образом жизни;
- на 20-25% - окружающей средой;
- на 10-15% - медициной.

Отсюда следует:

- грамотное сбалансированное питание прибавит вам 15-20 лет жизни;
- применение сорбентов, очищающих желудочно-кишечный тракт, и антиоксидантов, сжигающих свободные радикалы, добавит еще 5-7 лет;
- индивидуальная, качественно подобранная витаминотерапия, особенно после 40 лет, продлит радость жизни еще на 3-5 лет;
- давно уже доказано, что люди с высшим образованием, высоким уровнем интеллекта и культуры живут дольше.

Таким образом, если даже посчитать по минимуму, вы сами можете продлить свою жизнь на 30 лет.

Экологически здоровый образ жизни человека определяется: химическими факторами внешней среды – наличием удовлетворяющих гигиеническим требованиям воздуха, воды, продуктов питания; физическими факторами – электромагнитным полем, радиоактивным излучением и акустическим шумом, разумными физическими и стрессовыми нагрузками; социальными факторами – разумным потреблением спиртных напитков, отказом от курения и употребления наркотиков.

Самое серьезное последствие загрязнения биосферы заключается в генетических нарушениях. В результате повышения радиоактивности, химического загрязнения среды увеличивается число патологий внутриутробного развития, злокачественных опухолей, психических нарушений и т. д.

9. Экология как элемент мировоззрения. Экология и политика

Экологический кризис, в состоянии которого находится сейчас наша планета, является следствием не только роста населения, но и кризиса сознания. Так, если в XVIII—XIX вв. и ранее в сознании человечества преобладало понятие долга, нравственного, семейного, государственного, религиозного, то в XIX—XX вв. большое распространение получили идеалы потребления, комфортабельной, приятной жизни. Человечество на этом пути не достигло счастья, однако потеряло возможность жить в ладу с природой и с самим собой.

В результате к концу XX в. термин «экология» перешагнул границы университетских аудиторий и превратился в политический лозунг и в обозначение определенного типа мировоззрения.

Для специалиста, занимающегося экологией, неприемлем термин «окружающая среда», поскольку предметом экологии является природа, а также взаимодействия и взаимоотношения организмов в ней, но никак не среда, окружающая и обслуживающая человека.

Если большая часть XX в. прошла под флагом эйфории от технологических успехов, то теперь человек понял, что он дитя природы, а не ее хозяин и властелин; сама возможность жизни человека на планете обеспечивается сложившейся в биосфере за тысячелетия скоординированной жизнедеятельностью всех биологических видов. Такое мировоззрение может быть названо биоцентрическим, в отличие от антропоцентрического, в котором в центре природы и мироздания стоит человек, и от социоцентрического, в

котором центром и целью жизни самого человека является тоталитарная социальная или производственная система.

Экологическая политика — заявление организации о своих намерениях и принципах, связанных с ее общей экологической эффективностью. Она определяет целевой показатель требуемого от организации уровня ответственности за состояние ОС и экологической эффективности, по которому будут оцениваться все последующие действия.

Эта политика должна непременно отражать обязательство высшего руководства организации соблюдать требования природоохранного законодательства, принятых регламентов и иных действующих нормативно-технических документов, с которыми организация согласилась, а также постоянно улучшать систему управления охраной ОС.

Внутренняя экологическая [политика](#) заключается в принятии законов, направленных на сохранение и реабилитацию (восстановление) природных ресурсов, которые истощаются в результате человеческой деятельности; создании государственных программ в природоохранной и смежных областях; выделении средств на поддержание окружающей среды различным институтам общества, и т. д. На международном уровне эта деятельность необходима потому, что природа не знает искусственных, в частности, политических, государственных границ - она едина для всех людей Земли. Ее [интернациональный](#) характер требует согласованных действий от субъектов этого вида деятельности. В современном мире экологические проблемы можно превратить в содержательную основу для интернационализации, глобализации политики в целом, поскольку они превратились в актуальные глобальные проблемами. К ним относят, например, сохранность газовой оболочки Земли, включая озоновый слой; сохранение и восстановление растительного и животного мира; рационализацию использования ресурсов, применяемых в хозяйственных и иных целях; предотвращения загрязнения и вредного воздействия последствий военной, космической и иных форм деятельности. В то же время эти проблемы трудноразрешимы в ситуации государственной конфронтации. Национально-государственный [суверенитет](#), зачастую, приходит в [противоречие](#) с глобальными интересами, которые отстаивают ООН, [ЮНЕСКО](#), ЮНЕП, МАГАТЭ и другие международные организации. Страны с неудовлетворительной социально-экономической ситуацией не в состоянии выделять [ресурсы](#) на экологическую политику, что наносит вред всему мировому сообществу, а не только жителям и природе этих государств. В то же время мировая практика не идет дальше различных штрафных санкций в отношении стран, наносящих вред экологии. Поскольку [экономика](#) и финансы этих государств и так расстроены, ситуация только ухудшается. [Мировое сообщество](#) еще не имеет надежных средств для спасения экологии и повышения эффективности политики в этой сфере.

10. Экология как теоретическая основа сельского хозяйства

Сельское хозяйство создаёт большее воздействие на природную среду, чем любая другая отрасль народного хозяйства. Причина этого в том, что сельское хозяйство требует огромных площадей. В результате меняются ландшафты

целых континентов. На Великой Китайской равнине рос субтропический лес, переходя на севере в уссурийскую тайгу, а на юге в джунгли Индокитая. В Европе агроландшафт вытеснил широколиственные леса, на Украине поля заменили степи.

Сельскохозяйственные ландшафты оказались неустойчивы, что привело к ряду локальных и региональных экологических катастроф. Так неправильная мелиорация стала причиной засоления почв и потери большей части возделываемых земель Междуречья, глубокая распашка привела к пыльным бурям в Казахстане и Америке, перевыпас скота и земледелие к опустыниванию в зоне Сахель в Африке. Сильнее всего на природную среду воздействует земледелие.

Его факторы воздействия таковы: сведение природной растительности на сельхозугодия, распашка земель; обработка (рыхление) почвы, особенно с применением отвального плуга; применение минеральных удобрений и ядохимикатов; мелиорация земель.

И сильнее всего воздействие на сами почвы: разрушение почвенных экосистем; потеря гумуса; разрушение структуры и уплотнение почвы; водяная и ветровая эрозия почв.

Существуют определённые способы и технологии ведения сельского хозяйства, которые смягчают или полностью устраняют негативные факторы, например, технологии точного земледелия.

Животноводство влияет на природу меньше. Его факторы воздействия таковы: перевыпас - то есть выпас скота в количествах превышающих способности пастбищ к восстановлению; переработанные отходы животноводческих комплексов.

К общим нарушениям, вызываемым сельскохозяйственной деятельностью можно отнести: загрязнение поверхностных вод (рек, озёр, морей) и деградация водных экосистем при эвтрофикации; загрязнение грунтовых вод; сведение лесов и деградация лесных экосистем (обезлесивание); нарушение водного режима на значительных территориях (при осушении или орошении); опустынивание в результате комплексного нарушения почв и растительного покрова; уничтожение природных мест обитаний многих видов живых организмов и как следствие вымирание и исчезновение редких и прочих видов.

Во второй половине XX века стала актуальна ещё одна проблема: уменьшение в продукции растениеводства содержания витаминов и микроэлементов и накопление в продукции как растениеводства, так и животноводства вредных веществ (нитратов, пестицидов, гормонов, антибиотиков и т. п.). Причина – деградация почв, что ведёт к снижению уровня микроэлементов и интенсификация производства, особенно в животноводстве.

По своему воздействию на глобальное потепление многие животные превосходят даже транспорт. Такой сенсационный вывод сделала недавно Продовольственная организация ООН. Оказывается, для того, чтобы получить 225 гр. гамбургера, нужно выбросить в атмосферный воздух столько парниковых газов, как при езде на машине на расстояние 16 км.

Литература

1. Никишин, Д.Л. Экология рыб»: учебно-методический комплекс / Д.Л. Никишин. – М.: МГУТУ, 2012. – 133 с.
2. Усов, М. М. Экология рыб: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2023. – 138 с.
3. Усов, М. М., Ихтиология: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2020. – 168 с.
4. Тылик, К. В. Общая ихтиология: учебник. – Калининград: Изд-во ООО «Аксиос», 2015. – 394 с.

ЛЕКЦИЯ 2

ОСНОВЫ И ЗАКОНЫ АУТЭКОЛОГИИ

1. Понятия о аутэкологии и синэкологии. Основные законы аутэкологии.
2. Приспособления рыб к абиотическим факторам среды
3. Биотические взаимоотношения у рыб (*Внутривидовые связи у рыб, межвидовые связи у рыб*)

Аутэкология.

Эта область экологических исследований изучает взаимоотношения представителей одного и того же вида живых организмов с окружающей средой. Цели изучения включают два основных аспекта:

- 1) изучение предела устойчивости и предпочтения по отношению к экологическим факторам.
- 2) изучение воздействия окружающей среды на морфологию, физиологию и этологию организма.

К экологическим факторам относятся абиотические (воздействие неживой природы) и биотические (воздействие живой природы) факторы.

Задачей аутэкологии (от греч. *autos* – сам) является установление пределов существования особи (организма) и тех пределов физико-химических факторов, которые организм выбирает из всего диапазона их значений. Изучение реакций организмов на воздействия факторов среды позволяет выявить не только эти пределы, но и физические, а также морфологические изменения, характерные для данных особей.

Программа аутэкологического изучения рыб может охватывать следующие вопросы:

1. Местообитания и распределение по территории.
2. Наличие временных убежищ
3. Питание.
4. Размножение.
5. Паразиты, болезни, враги и конкуренты.
7. Миграции
8. Значение для человека.

Законы аутэкологии

Синдром общей адаптации - подвергание организма низким уровням стресса может привести к увеличению жизнестойкости организма, а длительное подвергание может в конечном счете привести к тому, что организм становится более восприимчивым к дополнительным стрессовым воздействиям.

У рыб так же как других организмов есть врожденная способность приспособиться к экологическим изменениям, в зависимости от различных факторов (например, изменения среды обитания). В начальных период такого изменения рыбы повышено расходуют энергию, затем происходит медленное восстановление всех систем организма, или приспособление, т.е.

акклиматизация. Однако в этот период рыба находится в напряжении (или стрессе), и значительно более подвержена к дополнительным экологическим изменениям.

Закон компенсации факторов Рюбеля / Закон незаменимости факторов Вильямса

Закон компенсации факторов Э. Рюбеля - закон, согласно которому Отсутствие или недостаток некоторых экологических факторов может быть компенсирован каким-либо другим близким (аналогичным) фактором. Так, некоторые моллюски (мидии) при отсутствии (или значительном дефиците) кальция могут построить свои раковины при достаточном количестве в морской воде стронция. Однако, такая компенсация факторов, относительна и касается второстепенных факторов. Фундаментальные факторы для рыб как свет, вода, CO₂, азот многие микроэлементы и др. в принципе незаменимы, что нашло отражение в законе незаменимости фундаментальных факторов Вильямса.

Закон минимума Либиха

Закон минимума Либиха - концепция, согласно которой существование и выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей. Согласно закону минимума, жизненные возможности организмов определяют те экологические факторы, количество и качество которых близки к необходимому для организма минимуму.

Любому живому организму необходимы не только определенная температура, наличие кислорода, определенные минеральные и органические вещества или какие-нибудь другие факторы, а их строго определенное количество (например, концентрация). Каждый из этих факторов должен быть доступен для организмов в количестве, определенном природой, а его уменьшение приводит к тому, что именно этот фактор становится определяющим. Например, если у организма в аквариуме достаточно пищи, но нет кислорода в воде, то лимитирующим для его жизнедеятельности фактором будет именно наличие кислорода. И наоборот.

При этом Либих рисовал бочку с дырками, показывая, что именно самая нижняя дырка в бочке определяет уровень жидкости в ней. Закон минимума справедлив для всех живых организмов (рыб, беспозвоночных, млекопитающих, растений и др.).

Закон толерантности Шелфорда

Закон толерантности Шелфорда - закон, согласно которому существование вида определяется лимитирующими факторами, находящимися не только в минимуме, но и в максимуме. Закон толерантности расширяет закон минимума Либиха.

Например, для аквариума, это может быть высокая концентрация нитратов или органического вещества, что губительно влияет на жизнедеятельность кораллов и других беспозвоночных.

Из закона Шелфорда прямо вытекает следующий закон, определяющий возможность существования организма в пределах и невозможности существования за пределами диапазона толерантности.

Закон оптимума

Закон оптимума - закон, согласно которому любой экологический фактор имеет определенные пределы положительного влияния на живые организмы, за пределами которых наступает угнетение жизнедеятельности организма.

Например, кораллы плохо переносят и слишком теплую воду, и слишком холодную, оптимальными для них являются средние температуры, около 25-27° С - так называемая зона оптимума. Чем сильнее отклонения от оптимума, тем в большей степени данный экологический фактор угнетает жизнедеятельность организма. Эта зона носит название зоны пессимума. В ней имеются критические точки - "максимальное значение фактора" и "минимальное значение фактора", за их пределами наступает гибель организмов. Расстояние между минимальным и максимальным значениями фактора называют экологической валентностью или толерантностью организма. (рисунок 1)

По характеру толерантности выделяют следующие виды:

1. эврибионтные (eury - широкий, лат.) - имеющие широкую экологическую валентность по отношению к абиотическим факторам среды;

делятся на **эвритермные** (выносящие значительные колебания температур), **эврибатные** (выносящие широкий диапазон показателей давления), **эвригалинные** (выносящие разную степень засоленности среды). К эвригалинным организмам относится морская звезда *Asterias rubens*, обитающая в северных морях. Соленость воды в местобитаниях этих морских звезд может изменяться от 10 до 30 промилле за несколько часов. Данные колебания солености характерны для приливно-отливных процессов, например, Белого моря.

2. стенобионтные (stenos - узкий, лат.) - неспособные переносить значительные колебания фактора (например, стенотермными являются глубоководные рыбы, обитающие при низком температурном режиме).

По отношению к одному фактору вид может быть стенобионтом, по отношению к другому – эврибионтом.

В зависимости от этого выделяют прямо противоположные пары видов: стенотермный – эвритермный (по отношению к теплу), стеногидрический – эвригидрический (к влаге), стеногалинный – эвригалинный (к солености), стено- – эврифотный (к свету) и др.

Законы Одум

Законы Одум - законы, согласно которым:

1) организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного экологического фактора и низкий в отношении другого.

Изменение одних факторов окружающей среды действует на организмы сильнее, чем изменение других факторов. Соответственно и организмы могут сопротивляться таким факторам по-разному. Например, кораллы в широких пределах переносят изменение длины светового дня и относительно легко к этому адаптируются, в отличие от перепадов температуры - повышение окружающей воды на 1-2° С может привести к их гибели. Пределы толерантности не являются одинаковыми и для представителей одного и того же вида. Индивидуальная потребность в тех или иных факторах среды зависит от

многих факторов, таких как возраст, степень развития и даже иерархическое положение в социальной группе. Для взрослого организма пределы толерантности всегда шире, чем для молодого. Если перебои с пищей могут доставить взрослой и здоровой рыбе лишь небольшие неприятности, то для мальков это может оказаться фатальным. Кроме того, пределы толерантности для представителей одного и того же вида зависят и от индивидуальных физиологических особенностей.

2) если условия по какому-либо экологическому фактору неоптимальны, то диапазон толерантности может сузиться и в отношении других факторов.

Организм, который борется за выживание в неблагоприятных условиях (даже если неблагоприятным является один фактор окружающей среды из великого множества), тратит большое количество сил и энергии. Это, рано или поздно, приведет к его ослаблению, уменьшению сопротивляемости, и даже к тому, что условия среды, которые ранее были нормальными для его жизни, станут неблагоприятными. Например, нехватка какого-то элемента питания или микроэлемента для рыб и растений может отразиться на сокращении пределов толерантности к низким или высоким температурам. 3) многие факторы среды могут стать лимитирующими в критические периоды жизни организмов. Болезни, изменения физиологии в периоды размножения, роста или старения также могут ослабить организм и снизить его устойчивость к воздействию окружающей среды, по одному или многим факторам.

Закон соответствия условий среды генетической предопределенности организма. Закон соответствия условий среды генетической предопределенности организма - согласно которому вид организмов может существовать до тех пор и постольку, поскольку окружающая его природная среда соответствует генетическим возможностям приспособления этого вида к ее колебаниям.

Каждому организму, будь то животное и растение, необходимо создавать те условия обитания, к которому оно приспособлено генетически и физиологически. Благоприятные условия для одного вида животных совсем не обязательно будут благоприятными для другого вида животных или растений. Например, африканские цихлиды очень положительно относятся к жесткой воде, богатой солями кальция и магния. В их природных местообитаниях (озера Малави и Танганьика) жесткость воды достигает 15-20°dKH. В тоже время, рыбы и растения региона Амазонки требуют мягкую воду, с малым содержанием солей и большим содержанием гуминовых и фолиевых кислот. Например, жесткость воды в реке Рио-Негро всего 0.1°dKH, а в Амазонке - 0.6-1.2. И те, и другие организмы, возможно, смогут существовать в несвойственной для их физиологии воде, но это будет существование в зонах пессимума, с непредсказуемым риском заболеваний и гибели. Именно поэтому многие аквариумисты создают биотопные аквариумы (т.е. аквариумы, в которых моделируется окружающая среда какого-то конкретного региона планеты с узким диапазоном параметров среды).

Закон неравномерности развития биологических систем

Закон неравномерности развития биологических систем - закон, согласно которому системы одного уровня (иерархии) обычно развиваются не строго синхронно: в то время как одни достигли более высокого уровня развития, другие остаются в менее развитом состоянии.

В нашем случае, данная закономерность подразумевает, что при изначально равных условиях развитие и рост организмов происходит неоднородно. Так и в индустриальных условиях, при повышенной плотности, одни животные показывают быстрый рост и отменное здоровье, другие, наоборот, замедленные рост и развитие (в том числе половое).

9. Принцип исключения Гаузе

Принцип конкурентного исключения Гаузе - закон, согласно которому два вида не могут существовать в одной и той же местности, если они занимают одну и ту же экологическую нишу. В связи с этим принципом, при ограниченности возможностей пространственно-временного разобщения один из видов вырабатывает новую экологическую нишу или исчезает.

1) если два вида занимают одну и ту же экологическую нишу, то почти наверняка один из них превосходит другой в этой нише и в конце концов вытеснит менее приспособленный вид. Или, в более краткой форме, «сосуществование между полными конкурентами невозможно». Второе положение вытекает из первого;

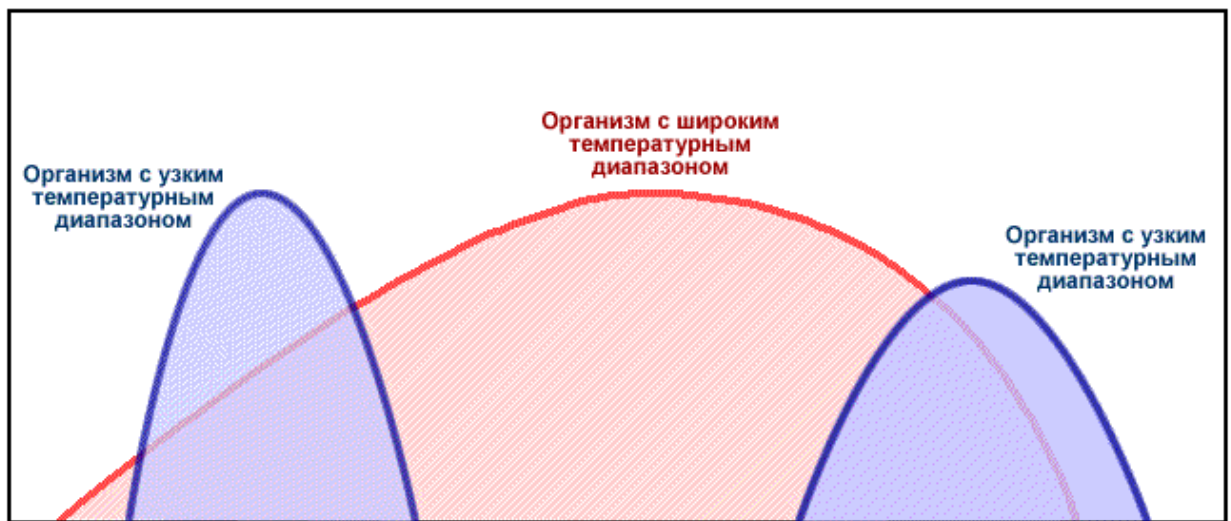
2) если два вида сосуществуют в состоянии устойчивого равновесия, то они должны быть экологически дифференцированы, с тем чтобы они могли занимать различные ниши.

Синэкология.

Изучает отношения между особями, относящимся к различным видам биоценоза, а также между ними и окружающей средой.

Прежде всего, синэкология занимается разграничением и классификацией биоценозов и экосистем, изучает динамику биоценозов, перемещения вещества и переноса энергии в экосистемах, продуктивность систем. Синэкология изучает, как статистические аспекты существования биоценозов, так и динамические с помощью таких понятий, как пищевая цепь, пирамида чисел, биомасса, энергия, продуктивность, производительность.

Пределы выносливости вида (экологическая толерантность)



Кривые толерантности стенотермных (а и в) и эвритермных (б) организмов. По оси абсцисс — температура среды обитания, по оси ординат — активность (рост) организмов.



Литература

1. Никишин, Д.Л. Экология рыб»: учебно-методический комплекс / Д.Л. Никишин. – М.: МГУТУ, 2012. – 133 с.
2. Усов, М. М. Экология рыб: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2023. – 138 с.
3. Усов, М. М., Ихтиология: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2020. – 168 с.
4. Тылик, К. В. Общая ихтиология: учебник. – Калининград: Изд-во ООО «Аксиос», 2015. – 394 с.

ЛЕКЦИЯ №3

АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЫБ

1. Плотность воды и движение рыб.
2. Термический режим водоёма.
3. Растворенные в воде газы.
4. Значение рН.
5. Солевой состав воды.
6. Свет, звук, электропроводность, запах.
7. Грунт и взвешенные в воде частицы.

Абиотические факторы (факторы неживой природы) и их влияние на рыб.

Рыбы - первичноводные животные, всю жизнь проводящие в воде, поэтому свойства воды оказывают сильнейшее влияние на жизнедеятельность и в конечном счете на состав ихтиофауны водоема.

1. Плотность воды и движение рыб. Огромное значение для рыб имеют приспособления, обеспечивающие существование в толще воды, удержание тела в определённом положении и облегчения плавания. Высокая плотность и малая вязкость воды играют большую роль в жизни рыб.

Плотность тела рыб только немного выше этих показателей воды, а у хороших пловцов - равна им. Благодаря этому плавучесть (отношение плотности тела рыбы к плотности воды) становится нулевой или нейтральной (осетр, судак, карп). Таким образом, рыбы в воде относительно невесомы. У придонных и донных рыб отмечена незначительная отрицательная плавучесть (камбала, бычок) - это способствует удержанию их у дна.

Выравнивание плотности тела рыбы и воды происходит у хрящевых и некоторых костистых рыб за счет накопления жира. Костистые рыбы имеют специальный гидростатический аппарат - плавательный пузырь - мешкообразный орган, наполненный газами. Изменение объёма плавательного пузыря позволяет рыбе регулировать плавучесть. Специальные гидростатические приспособления имеют рыбы и в эмбриональном периоде: оводнение желтка, наличие в желтке жировых капель, увеличение перивителлинового пространства в икринках и др.

Быстроплавающие рыбы имеют обтекаемую форму, небольшие плавники и их внутренние органы компактны, многие не имеют плавательного пузыря, игол и колючек. Плохие пловцы часто имеют сплюснутое тело, большую голову и плавники, различные выросты.

2. Термический режим водоёма. Основную массу тепловых лучей из атмосферы поглощают верхние слои воды. Количество лучей, проникающих вглубь, постепенно убывает, поэтому возникает температурная стратификация (температура воды на разных глубинах неодинакова). Зимой в малых водоемах наблюдается обратная стратификация - от 0°C под ледовым покровом к 4°C на глубинах.

Рыбы относятся к пойкилотермным животным, т. е. к животным с переменной температурой тела.

У карпа, линя, карася, находящихся в покое, температура тела соответствует температуре окружающей воды, а при плавании превышает ее на 0,2-0,3°C. Температура тела угря, у которого откладывается большое количество жира под кожей, может быть на 2,7°C выше окружающей. Наибольшее превышение температуры тела над температурой воды 11°C зарегистрировано у тунца.

Рыбы осваивают водоемы с самыми различными температурными режимами. В горячих источниках Калифорнии ($t = 52^{\circ}\text{C}$) живет *лукания*. Угри были обнаружены при температуре 45°C ; наряду с этим дальия обитает в промерзающих водоемах Крайнего Севера Азии (Чукотка) и Америки (Аляска). В нашей фауне исключительной холодостойкостью отличается карась - он способен, вмерзая зимой в лёд, оставаться живым (если только не промерзают полостные жидкости).

В зависимости от пределов температуры, в которых происходит наиболее интенсивная нормальная жизнедеятельность, рыб разделяют на теплолюбивых и холодолюбивых.

Теплолюбивые рыбы нашей фауны, такие, как сазан, карп, карась, линь, плотва, растительноядные, осетровые и др., питаются наиболее интенсивно при температуре $17-28^{\circ}\text{C}$, при пониженной температуре пищевая активность ослабевает, а у ряда рыб на зиму прекращается, и они проводят зиму в малоподвижном состоянии в глубоких местах водоема; размножаются в теплое время года - весной и летом. Таким образом, обмен веществ у них наиболее эффективен при относительно высокой температуре.

Для холодолюбивых рыб оптимальные температуры относительно низкие - $8-16^{\circ}\text{C}$; зимой они продолжают питаться; нерест происходит осенью и зимой (большинство лососевых - сига, белорыбица, лосось, ручьевая форель и др.). При высоких температурах ($\text{более } 20^{\circ}\text{C}$) их активность падает, т. е. у этих рыб наиболее интенсивный обмен приспособлен к относительно низким температурам.

Молодь рыб оказывается более устойчивой к колебаниям температуры, чем взрослые.

По способности переносить колебания температуры рыб разделяют на эвритермных (могут жить в широком диапазоне температур) и stenотермных (диапазон возможных температур узок).

К stenотермным относят рыб, эволюция которых проходила в более или менее стабильных условиях, - обитателей тропической и полярной зон, а также больших глубин, где температура меняется мало.

Температура, при которой жизнь рыбы становится невозможной, называется пороговой. В рыбоводстве температура, при которой выращивают рыб, определяет быстроту развития, интенсивность питания и дыхания рыб, затраты кормов на прирост, направленность пластического обмена, скорость созревания, устойчивость потомства к колебаниям температуры.

3. Растворенные в воде газы. Растворимость разных газов в воде не одинакова. Быстрее других растворяется двуокись углерода, далее - кислород, медленнее всех - азот. Кислород из атмосферы диффундирует в воду медленно, поэтому содержание его убывает от поверхности к глубине. Подавляющее большинство рыб дышит растворенным в воде кислородом, поэтому содержание его в окружающей среде имеет для них первостепенное значение.

Разные виды рыб нуждаются для нормального дыхания в разном количестве кислорода. Наиболее требовательным, обитателям холодных, проточных водоемов (например, лососевым) необходима концентрация $4,4-7,0$ мг/л, окунь *Perca fluviatilis* и ёрш *Acerina cernua* могут жить при содержании кислорода $2,5$ мг, а наиболее выносливые рыбы нашей фауны караси не испытывают угнетения при концентрации $0,3$ мг/л.

Большое значение для нормальной жизнедеятельности рыб имеет содержание в воде двуокиси углерода. При повышенном содержании ее в воде падает способность крови поглощать из воды кислород, дыхание учащается, но

газообмен становится менее интенсивным.

Способность противостоять повышению концентрации CO_2 у разных видов рыб неодинакова. Так, форель более чувствительна, чем карп, карась или линь.

Критическими уровнями CO_2 в 1 л являются: для форели 120-140 мг, для толстолобика - 200 (молодь) - 300 (взрослая рыба), для карпа - 200, для линя - больше 400 мг.

4. Значение рН, обусловленное концентрацией водородных ионов, является одним из важнейших абиотических факторов внешней среды, определяющим видовой состав и численность гидробионтов водоема. Наиболее благоприятно для дыхания большинства рыб значение рН, близкое к нейтральному. При сильных сдвигах рН в кислую и щелочную стороны (т. е. при увеличении или уменьшении концентрации водородных ионов) затрудняется дыхание, возрастает кислородный порог, ослабляется интенсивность питания.

По отношению к колебаниям рН среды рыб делят на стено- и эврионных. В воле морей рН изменяется мало (7,5-8,5), морские рыбы относятся к стеноионным. Пресные воды в отличие от морских характеризуются неустойчивостью рН.

Однако возможные границы рН, в которых могут жить пресноводные рыбы, неодинаковы и при прочих равных условиях зависят прежде всего от вида. Из объектов рыборазведения наиболее выносливы карась и карп; щука переносит колебания рН в пределах 4,0-8,0, ручьевая форель - 4,5-9,5, карп - 4,3-10,8, карась выдерживает снижение рН до 4,5.

5. Солевой состав воды. Воздействие на рыб растворенных в воде солей заключается прежде всего в том, что от их количества зависит уровень осмотического давления, а, следовательно, и жизнедеятельность рыб.

Осмотическое давление у рыб поддерживается почками, при этом следует отметить, что жабры и почки морских и пресноводных костистых рыб выполняют прямопротивоположную работу. В то время как у морских рыб жабры удаляют избыток солей из тела, а мочеотделение происходит в малом количестве, у пресноводных рыб высокое содержание солей в крови поддерживается поступлением их через жабры, а через почки выделяется моча весьма бедная солями.

В организм рыб соли проникают через ротовую полость, жабры и кожу, причем проникновение солей через кожу зависит от плотности чешуйного покрова. Попадая в организм, соли включаются в обмен веществ. Так, при увеличении концентрации солей фосфора в воде до 10 мг/л резко ускорялся рост молоди осетровых.

6. Свет, звук, электропроводность, запах. Свет в воде поглощается довольно быстро, причем лучи разной части спектра проникают на разную глубину: красные и желтые лучи не проникают глубже 10 м, синие и фиолетовые проходят глубже других - до 100 м.

Прозрачность пресноводных водоемов значительно меньше, чем морских, и колеблется сильнее. К особенностям освещения приспособлены строение органов зрения рыб, степень развития других органов чувств, окраска покровов, наличие (или отсутствие) органов свечения и т. д. У видов, обитающих в поверхностных слоях, вырабатывается положительный фототаксис, а у придонных и сумеречных - отрицательный. С освещенностью связаны активность рыб, ход обменных процессов, половое созревание.

Звук распространяется в воде в 4,5 раза быстрее, чем в воздухе, а поглощается в тысячу раз медленнее, т. е. слышен на десятки километров. Поэтому в воде его улавливать легче, чем в воздухе. По звукопроводимости ткани тела рыб близки к воде. В связи с этим даже относительно слабо развитый орган слуха рыб

(внутреннее ухо) обеспечивает восприятие значительной информации из окружающей среды. Кроме того, в восприятии звуков принимают участие также органы боковой линии и плавательный пузырь (служащий резонатором).

Электропроводность воды обусловлена тем, что большинство солей находится в ней в диссоциированном состоянии, в виде ионов. Многие рыбы воспринимают изменения электрического поля в воде, используют слабые электрические разряды для ориентировки, сигнализации, нападения.

Запахи сохраняются в воде дольше и более стойко, чем в воздухе. Они являются источником разнообразной информации (в пищевом, нерестовом, оборонительном, стайном поведении и др.) Рыбы воспринимают широкий спектр запахов, различают химические соединения различных классов (спирты, кетоны, эфиры, кислоты и др.). Рыбы с хорошо развитой обонятельной чувствительностью (сом, налим, угорь, линь) сильно реагируют на запахи пищи, рыб своего и других видов и т. д.

7. Грунт и взвешенные в воде частицы, взвешенные в воде частицы определяют в значительной мере прозрачность воды и тем самым влияют на освещенность толщи воды и дна.

Большая часть рыб в той или иной мере связана с дном водоема, т. е. с фунтом. Приспособления к жизни на дне развиваются в разных направлениях. Общеизвестна способность рыб менять окраску, внешние покровы донных рыб повторяют тон и рисунок дна, Закапывающиеся виды осваивают мягкие иловые участки, а живущие на каменистых грунтах обладают присосками и т. д.

Среди пресноводных рыб при высыхании могут зарываться в ил водоема вьюн *Misgurnus fossilis* и карась *Carassius carassius*. Перекапывают ил в поисках пищевых организмов многие лососевые перед нерестом разбрасывают хвостом гальку, устраивая "гнезда" (ямки) для икры.

Защитными приспособлениями от избытка взвеси в воде у обитателей мутных вод являются уменьшение глаз (т. е. сокращение наиболее уязвимых участков поверхности тела) и усиленное выделение слизи, которая, осаждающая муть, обеспечивает чистоту воды вокруг тела рыбы и таким образом улучшает условия дыхания.

Литература

1. Никишин, Д.Л. Экология рыб»: учебно-методический комплекс / Д.Л. Никишин. – М.: МГУТУ, 2012. – 133 с.
2. Усов, М. М. Экология рыб: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2023. – 138 с.
3. Усов, М. М., Ихтиология: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2020. – 168 с.
4. Тылик, К. В. Общая ихтиология: учебник. – Калининград: Изд-во ООО «Аксиос», 2015. – 394 с.

ЛЕКЦИЯ №3

БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЫБ.

1. **Внутривидовые взаимоотношения.**
2. **Межвидовые взаимоотношения у рыб.**
3. **Взаимоотношения рыб с другими организмами.**

Биотические факторы (связанные с деятельностью живых организмов) и их влияние на рыб.

Среди биотических взаимоотношений у рыб следует выделить внутривидовые, межвидовые взаимоотношения, а также взаимоотношения рыб с другими гидробионтами.

1. Внутривидовые взаимоотношения. Формы внутривидовых взаимоотношений у рыб весьма разнообразны: популяции, элементарные популяции, стаи, скопления, колонии, пищевые и другие взаимоотношения.

Популяция (стадо) - это одновидовая разновозрастная самовоспроизводящаяся группировка рыб, приуроченная к определенному месту обитания и характеризующаяся определенными биологическими показателями (размерно-возрастной состав, темп роста, сроки нереста и т.д.).

Элементарная популяция - группировка, состоящая в основном из рыб одного возраста, близких по физиологическому состоянию и сохраняющаяся пожизненно.

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

Скопление - это временное объединение ряда стай или элементарных популяций. Различают след. Типы скоплений:

1. нерестовые
2. миграционные
3. нагульные
4. зимовальные

Колония - временная группировка рыб, состоящая из особей как правило одного пола, образующаяся в местах размножения или защиты кладок икры.

У некоторых видов рыб наблюдается внутривидовой паразитизм. Так, у глубоководных удильщиков карликовые самцы прирастают к телу самки и питаются через ее кровеносную систему.

Большое значение в жизни рыб имеют пищевые взаимоотношения. Обеспечение популяции пищей достигается за счет того, что у ряда видов имеется несколько поколений молоди в течение года (порционный нерест), которые расходятся в составе пищи на разных этапах развития.

Рыбы воздействуют друг на друга, изменяя абиотические условия. Так, некоторые виды движением плавников создают токи воды у охраняемых ими икринок (судак, бычки и др.).

У мирных видов рыб в группе отмечается уменьшение потребления кислорода по сравнению с одиночными особями. Повышение плотности рыб также снижает воздействие на них отравляющих веществ.

2. Межвидовые взаимоотношения у рыб. Межвидовые взаимоотношения у рыб проявляются в форме пищевой конкуренции, хищник - жертва, мирного и паразитического сожительства.

Взаимоотношения хищник - жертва привели к выработке у рыб ряда

особенностей:

1) у рыб-хищников - сильные зубы, хорошее зрение и обоняние, быстрое передвижение и т.д.;

2) у рыб-жертв - шипы, колючки, панцирь, ядовитые железы и т.д. Формы взаимоотношений у рыб включают:

1) паразитизм (на рыбах паразитируют глубоководные угри, ванделлиевые сомики, миноги, миксины и др.);

2) комменсализм - взаимодействие, полезное для одной стороны и безразличное для другой (взаимоотношения акул с рыбой-прилипалой, которая прикрепляется к акуле, путешествует с ней и отделяется, чтобы съесть остатки пищи);

3) мутуализм - обоюдное сожительство, (наблюдается у рыб-«чистильщиков», которые избавляют рыб-«клиентов» от паразитов, грибковых и бактериальных заболеваний (губановые рыбы, рыбы-бабочки и др.).

3. Взаимоотношения рыб с другими организмами. У рыб существуют сложные взаимоотношения с другими организмами (животные, растения, бактерии, вирусы).

Большое число заболеваний у рыб вызывают вирусы, некоторые грибы. Бактерии служат также пищей для рыб. Некоторые глубоководные рыбы имеют в светящихся органах особые бактерии, которые светятся.

Водоросли и высшие растения являются объектами питания растительноядных рыб (белый толстолобик, белый амур, красноперка). Некоторые растения питаются личинками рыб (пузырчатка).

Периодическое бурное развитие некоторых водорослей вызывают в морях заморные явления, что может приводить к гибели рыб.

Кишечнополостные животные, черви, насекомые, их личинки и ракообразные имеют важное значение в питании рыб, некоторые виды кишечнополостных являются убежищем для рыб (кораллы).

Многие черви являются паразитами и практически все рыбы в определенной степени ими заражены.

Моллюски играют важную роль в питании многих видов рыб (плотва, вобла, бычки, камбалы и др.). В мантийную полость двустворчатых моллюсков некоторые рыбы откладывают икру (горчак).

Литература

1. Никишин, Д.Л. Экология рыб»: учебно-методический комплекс / Д.Л. Никишин. – М.: МГУТУ, 2012. – 133 с.
2. Усов, М. М. Экология рыб: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2023. – 138 с.
3. Усов, М. М., Ихтиология: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2020. – 168 с.
4. Тылик, К. В. Общая ихтиология: учебник. – Калининград: Изд-во ООО «Аксиос», 2015. – 394 с.

ЛЕКЦИЯ №5

ЭКОЛОГИЯ ПИТАНИЯ РЫБ.

1. Эндогенное и экзогенное питание рыб.
2. Классификация рыб соответственно их питанию.
3. Возрастные особенности питания рыб.
4. Суточные, сезонные и в зависимости от мест обитания особенности питания.

1. Эндогенное и экзогенное питание рыб.

Значение питания в жизнедеятельности организма очень велико. Пища, поступающая в организм, обеспечивает на всех этапах его развития энергетические процессы, связанные с движением, ростом, созреванием, размножением. Так через потребление пищи осуществляется одна из важнейших связей организма с окружающей средой. На протяжении индивидуального развития у рыб имеют место два типа питания – эндогенное (за счет внутренних ресурсов организма) и экзогенное (за счет внешней пищи).

Большинство рыб большую часть жизни питаются экзогенно. Однако у всех рыб питание в начальный период жизни – развитие в икринке и сразу после вылупления эмбриона – происходит за счёт запасов желтка и жира в желточном мешке (эндогенное питание). У взрослых рыб также бывают периоды эндогенного питания, например, у рыб, которые не питаются зимой или живут в пересыхающих водоемах, а также у проходных рыб во время нерестовых миграций. В это время поступление пищи извне прекращается.

Эндогенное питание поддерживает обмен веществ у рыб во время зимовки, а у мигрирующих – покрывает огромную трату энергии при их длительных передвижениях от мест нагула к местам нереста (осетровые, лососи, некоторые сельди, угри) и созревание в это время половых продуктов, т. е. в организме происходит преобразование накопленных в предыдущий период энергетических ресурсов (в первую очередь жира).

У дальневосточных лососей и угрей этот процесс является необратимым: организм настолько истощается, что после нереста рыба погибает.

2. Классификация рыб соответственно их питанию.

По разнообразию пищи среди рыб различают монофагов (потребляющих пищу одного вида), стенофагов (набор пищевых объектов невелик) и эврифагов (пища разнокачественная).

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

Мирные рыбы могут питаться беспозвоночными, растительностью, детритом. Сюда относятся мирные животоядные: планктонофаги (синец, укляя, сельдь, некоторые сиги и т.д.) и бентософаги (лещ, стерлядь, некоторые сиги и др.); фитофаги (красноперка, растительоядные дальневосточные карповые - толстолобик, белый амур, амурский лещ и др.); детритофаги - *совокупность*

мелких (от нескольких мкм до нескольких см) неразложившихся частиц растительных и животных организмов или их выделений, взвешенных в воде или осевших на дно водоёма. (закаспийская храмуля и др.).

Хищники питаются рыбой, а при случае даже другими позвоночными.

Однако это деление весьма относительно: многие рыбы всеядны (сазан, карп), иногда бентософаги могут переходить на питание планктоном, а мирные животоядные при отсутствии обычной пищи становятся хищниками. Изменение характера питания обусловлено рядом биотических и абиотических факторов: возрастом, полом, степенью зрелости, состоянием здоровья, сезоном года и т. д.

По месту питания рыб разделяют на:

1) пелагических: снеток, ряпушка, некоторые сиги, укляя, судак и др. Эта группа рыб питается в открытой части водоема. Многие из них питаются планктическими организмами;

2) донных и придонных: осетровые рыбы, лещ, карп, вобла, сазан, бычки, чудской сиг и др. Эта группа рыб питается организмами, живущими в грунте, на поверхности грунта или придонных слоях воды (черви, моллюски, хирономиды, разные ракообразные);

3) береговых: карась, линь, окунь, форель, щука и др. Эта группа питается как смешанной пищей (карась, линь), так и только животной преимущественно рыбой (щука, окунь, форель).

Разделение рыб по характеру питания, по видам кормовых объектов, по месту питания и на другие возможные деления отражает существующие закономерности в весьма приблизительно. Молодь всех рыб питается мелкими организмами и прежде всего планктическими ракообразными, а по мере роста многие рыбы переходят на другие виды корма.

Взрослые рыбы питаются разной пищей, однако каждый вид имеет свой набор объектов. Например, вобла — типичный моллюскоед *беззубки, перловицы, прудовики* (82,7%), лещ в основном питается разными ракообразными (53,5%), а моллюсками мало (14,5%). Если взять осетровых рыб, то стерлядь питается преимущественно хирономидами *Комары-звонцы, или комары-дергуны, или хирономиды* (лат. *Chironomidae*) — *семейство из отряда двукрылых*. (95,7%), севрюга — ракообразными (45,9%) и рыбой (45,2%). Такой хищник, как судак, питается преимущественно рыбой (90%), причем бычковые рыбы в его пищевом рационе составляют 56,5%.

3. Возрастные особенности питания рыб.

Экзогенное питание рыб начинается не сразу после выхода из икринки, а после некоторого периода желточного питания, но до того, как желток будет полностью израсходован (у карповых, окуневых и других — через несколько дней после выклева, у лососей — через несколько недель). Промежуток времени, когда молодь питается отчасти внешней пищей, а отчасти остатками желтка, называется периодом *смешанного питания*. Так как молодь в это время ещё очень мала, то ей доступны лишь самые мелкие формы планктона, однако уже через 1–2 дня она может захватывать и крупных его представителей. Таким

образом, молодь всех рыб вначале питается зоопланктоном. Затем, по мере роста, пищевые потребности разных видов расходятся. Одни остаются планктоноядными на всю жизнь (верховка, чехонь, многие сиги, в частности пелядь), другие начинают поедать растения (фитопланктон – толстолобик, высшие растения – краснопёрка, белый амур), становятся бентосоядными (сазан, линь, карп и т. д.) или рыбаоядными (щука, окунь, судак); набор пищевых объектов по мере роста рыб расширяется.

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

4. Суточные, сезонные и в зависимости от мест обитания особенности питания.

Сезонные изменения в питании. Интенсивность питания рыбы в значительной степени зависит от температуры. Каждый вид наиболее активно питается в определенном промежутке температур: форель при 14-16° С, сазан 23-25 °С, щука 16-20 °С. Выше и ниже определенной температуры рыбы вообще прекращают питаться. Холодолобивая ручьевая форель начинает питаться после повышения температуры выше 2° С, а прекращает питаться при 24-25° С. Теплолюбивый карп начинает питаться при температуре воды 7-8° С. Повышение температуры вызывает ускорение переваривания пищи рыбой. В связи с этим повышается интенсивность приема пищи у рыб при более высоких температурах. Поэтому теплолюбивые рыбы - вобла, судак, сазан и др. - наиболее интенсивно питаются летом. К осени интенсивность питания снижается, а зимой питание почти совсем прекращается, однако не у всех рыб. Многие тресковые усиленно питаются при низких: температурах воды.

У некоторых рыб при понижении температуры наступает своеобразное оцепенение, или зимняя спячка. Судак, сом, лещ и сазан в Каспийском бассейне залегают на зиму в глубоких местах дельты Волги. Во время спячки рыбы не питаются.

Холодолобивый налим не питается и впадает в оцепенение-спячку в связи с высокой температурой.

Некоторые рыбы прекращают питаться в период хода на нерест и во время самого нереста. Нерестовое голодание ведет к истощению, зато после нереста у рыбы наступает период усиленного питания.

Нерестовое голодание свойственно не всем рыбам. Некоторые рыбы, особенно морские, продолжают усиленно питаться в течение всего нерестового периода (например, каспийские кильки, хамса).

Избирательная способность в питании. Условно пищу по отношению к ней рыбы можно разделить на излюбленную, заменяющую и вынужденную. При благоприятных условиях рыба выбирает излюбленную пищу, которая составляет основное содержимое кишечника. При недостатке или отсутствии излюбленной

пищи рыба переходит на питание заменяющей. В случае нехватки последней она питается вынужденной пищей.

Для определения избирательности рыбы к тому или иному объекту питания вычисляют индекс избирательной способности рыбы путем деления процента объекта питания в пищеварительном тракте рыбы на процент этого же объекта в природном сообществе.

Для бентосоядных рыб процент объектов питания в природном сообществе устанавливают при помощи анализа проб, взятых со дна дночерпателем, для планкто-ноядных - планктонной сетью, для хищных - тралом.

Если индекс избирательной способности более единицы, то, очевидно, рыба выбирает кормовой объект среди других, если менее, то избегает его.

Для бентосоядных рыб большое значение имеет возможность доставать пищевые организмы с разной глубины. Эта способность перерывать грунт неодинакова у разных видов, а у рыб одного вида сильно зависит от характера дна.

Физиологическое состояние рыбы отражается на интенсивности питания очень сильно. Истощенная рыба питается более активно, чем упитанная. Имеет значение также видовая принадлежность рыбы. Молодь осетра ест больше, чем молодь севрюги. Суточные рационы тесно связаны с особенностями поведения рыб. В одиночку и в группе рыбы питаются неодинаково, при этом планктонофаги интенсивнее питаются в стае, бентософаги и хищники успешнее выслеживают добычу и овладевают ею поодиночке. Интенсивность питания рыб колеблется по сезонам: весной и осенью при одинаковой температуре она различна.

Литература

1. Никишин, Д.Л. Экология рыб»: учебно-методический комплекс / Д.Л. Никишин. – М.: МГУТУ, 2012. – 133 с.
2. Усов, М. М. Экология рыб: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2023. – 138 с.
3. Усов, М. М., Ихтиология: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2020. – 168 с.
4. Тылик, К. В. Общая ихтиология: учебник. – Калининград: Изд-во ООО «Аксиос», 2015. – 394 с.

ЛЕКЦИЯ № 6

ЭКОЛОГИЯ РАЗМНОЖЕНИЯ И РАЗВИТИЯ РЫБ

План:

1. Специфические особенности размножения рыб
2. Плодовитость рыб
3. Наступление половой зрелости
4. Половой диморфизм

1. Специфические особенности размножения рыб. Рыбам свойственно половое размножение, хотя у многих видов сельдей, осетровых, лососевых, карповых и некоторых других зрелые половые клетки, попав в воду, начинают развиваться партеногенетически, т. е. без оплодотворения. При этом, как правило, развитие доходит только до стадии дробления и лишь в исключительных случаях были получены жизнеспособные личинки, прожившие до полного рассасывания желточного мешка (салака, сахалинская сельдь, налим, чебачок, окунь).

Некоторым видам рыб (серебряный карась *Carassius auratus gibelio*, молинизия *Molinitia formosa*) свойствен совершенно необычный способ размножения – гиногенез. У этих видов во многих районах ареала популяции состоят только из самок (самцы отсутствуют или единичны и неполноценны в половом отношении). В таких однополых популяциях нерест самок проходит при участии самцов других видов. При этом виде размножения проникновение спермия в яйцеклетку является необходимым условием развития. Однако слияния ядер спермия и яйцеклетки не происходит и ядро яйцеклетки становится ядром зиготы (ядро спермия генетически инактивируется). В результате в потомстве появляются только самки без внешних признаков тех самцов, которые принимали участие в нересте. Цитогенетической основой этого процесса является триплоидия самок из однополых популяций.

Размножение и развитие рыб отличаются рядом специфических особенностей, обусловленных водным образом жизни.

У большинства рыб осеменение наружное. В отличие от наземных животных зрелые половые клетки рыб выводятся в воду, здесь происходит оплодотворение икры и дальнейшее ее развитие. Осеменение, оплодотворение и инкубация икры в воде, вне материнского организма, влечет за собой большую гибель потомства на ранних стадиях развития. Для обеспечения сохранения вида в процессе эволюции у рыб выработалась или большая плодовитость, или забота о потомстве.

2. Плодовитость рыб (2 сл.) это возможная репродуктивная способность организма или популяции, измеряемая числом гамет. Плодовитость рыб много выше, чем у наземных позвоночных. Это приспособительное свойство вида к условиям существования. Плодовитость начинает формироваться с момента дифференциации пола и образования фонда первичных половых клеток, которые

по мере развития и роста превращаются в оогонии и составляют так называемую потенциальную плодовитость. Количество икры, откладываемой разными видами, очень сильно варьирует – от нескольких штук у полярной акулы до 200 млн. у морской щуки и 300 млн. у луны-рыбы. Наиболее плодовиты рыбы, откладывающие плавающую пелагическую икру; затем следуют рыбы, икра которых развивается приклеенной к растениям. У рыб, прячущих или охраняющих свою икру, плодовитость невелика.

Наблюдается обратная зависимость между индивидуальной плодовитостью и размерами икринок: у рыб с крупной икрой она ниже, с мелкой – выше (у кеты диаметр икринок 7–8 мм, плодовитость 2–4 тыс. шт., у трески диаметр икринок 1,1–1,7 мм, плодовитость до 10 млн. шт.). Наряду с количественными показателями плодовитости рыб большое значение имеет качество икры, т. к. оно влияет в дальнейшем на выживаемость потомства. Плодовитость рыб характеризуется видоспецифичностью и закреплена наследственно, тем не менее, она может изменяться в определённых пределах в зависимости от биологических особенностей самок (массы, размеров, возраста), их физиологического состояния, а также от условий среды.

Сильнейшее влияние на плодовитость оказывает обеспеченность рыб пищей. У рыб одного размера плодовитость значительно выше в благоприятных условиях питания. Кроме того, у одного и того же вида плодовитость зависит от размера и возраста рыбы. У одной и той же особи плодовитость – при прочих равных условиях – по мере роста сначала увеличивается, затем к старости уменьшается.

На воспроизводительную способность рыб сильное влияние оказывает их возраст, так как качество половых продуктов на протяжении жизни различно. У большинства видов наиболее высококачественное потомство получается от рыб среднего возраста. Молодые и очень старые особи дают менее жизнестойкое потомство. У рыб длительность инкубационного периода колеблется от нескольких часов (дания) до 22 месяцев (колючая акула). Для инкубации икры требуется определенное количество тепла, выражаемое в градусоднях. Эта величина меняется в зависимости от температуры воды. Различают плодовитость *индивидуальную, относительную и рабочую*. Индивидуальная, или абсолютная, или общая, плодовитость – это общее количество икры, выметываемое самкой за один нерестовый период при благоприятных условиях. Например, у 6-летнего карпа она составляет в среднем около 900 тыс. шт. Относительная плодовитость – количество икры, приходящееся на единицу массы тела самки; у карпа 180 тыс. шт./кг массы тела; этот показатель особенно удобен для сравнения, он четко показывает, как изменяется количество икры с ростом рыбы: до определённого возраста оно возрастает, потом снижается. Рабочая плодовитость – количество икры, получаемое от одной самки при проведении искусственного осеменения в рыбоводной практике. Для определения плодовитости берут пробу икры в стадии ее наибольшего развития, т. е. незадолго до нереста.

3. Наступление половрй зрелости. (3 сл.) — процесс изменений в организме, вследствие которых он становится взрослым и способным к продолжению рода. Время наступления половой зрелости у разных рыб различается и варьирует в зависимости от условий. Обычно рыбы с большей продолжительностью жизни созревают позже, рыбы с коротким жизненным циклом рано. Время наступления половозрелости у разных рыб подвержено значительным колебаниям, варьирует у разных популяций одного вида, и даже в пределах одной популяции. Обычно время наступления половозрелости связано с достижением особью определенного размера. *Так лещ созревает в среднем при длине тела 27 см, язь – 18 см, щука – 40 см и т.д.*, следовательно, чем медленнее растет рыба, тем позднее наступает половозрелость и наоборот. Время полового созревания связано и с обеспеченностью пищей. У большинства видов рыб половозрелость в высоких широтах наступает позже, чем в низких. *Так, плотва в водоемах Финляндии созревает в возрасте 5-6 лет, в средней полосе – 4-5 лет, на юге Европы – в 3 года.* Половозрелость у разных рыб наступает в разном возрасте: от 1-2 мес. (*некоторые карпозубые*) до 15-30 лет (*многие осетровые*). Приспособительным свойством, направленным на успешное воспроизводство, является соотношение полов в популяции. У большинства видов оно близко к 1 : 1, но в зависимости от размера особей и др. факторов может меняться. Размерно-половые соотношения у рыб, т. е. процент самок и самцов в размерной группе может быть трех типов:

1. Размеры самцов и самок равны, созревание происходит одновременно и соотношение полов 1 : 1 во всех возрастных группах (*сельди*).
2. Самки крупнее самцов. Самцы созревают раньше и продолжительность их жизни меньше. Доля самок у рыб этого типа возрастает с возрастом, достигая 100% в старших возрастных группах (*окунь, плотва, ряпушка и др.*)
3. Самцы крупнее самок и среди старших особей доля самок уменьшается (*колюшки, бычки*).

(4 сл.) Для оценки степени зрелости рыб применяются шкалы зрелости, среди которых для рыб с единовременным нерестом наиболее употребима шестибальная шкала *Киселевича*. По ней можно определить степень зрелости гонад с использованием макроскопических признаков:

I стадия – ювенальная. Это неполовозрелые особи, пол которых визуально не различим, а гонады представлены в виде тонких тяжей.

II стадия – подготовительная (или стадия покоя для отнерестившихся рыб). Икринки очень мелкие и видны только под увеличением. Яичники прозрачны и бесцветны, семенники увеличиваются и теряют прозрачность.

III стадия – созревание. В икринках идет накопление желтка, они заметны невооруженным глазом, но все еще прозрачны. Яичники и семенники сильно увеличиваются в размерах и упругие на ощупь.

IV стадия – зрелости. Рост икринок закончился, они упругие, округлые и слабо прозрачные. Семенники мягкие, молочно-белого цвета. При надавливании выделяется капля густой спермы.

У стадия – текучести. Гонады занимают всю полость тела. При легком надавливании на брюшко икра и молоки вытекают без усилия. Икра полупрозрачная.

УІ стадия –выбой. Икра выметана, молоки вытекли, в полости тела наблюдаются только остатки невыметанной спермы и икры. Цвет яичников – багрово-красный, семенников – розовый или буроватый.

У рыб с порционным икрометанием стадии зрелости определяются состоянием той порции, которая лучше развита и будет раньше выметана. После вымета первой порции икры яичники переходят не в УІ стадию, как у рыб с единовременным икрометанием, а в ІУ, или даже в ІІІ и эти стадии обозначаются как УІ-ІУ и УІ-ІІІ. После завершения всего нерестового периода состояние яичников оценивается как находящееся в УІ, а затем во ІІ стадии.

Продолжительность стадий зрелости различна. Одним из показателей состояния развития половых продуктов является их масса. Так как масса гонад связана с размерами рыбы, то при анализе обычно используют *коэффициент зрелости*, а иногда и *индекс зрелости*. (6 сл.) *Коэффициент зрелости* представляет собой отношение массы гонад к массе тела рыбы (в %). У рыб с весенне-летним нерестом (сазан, плотва, судак и др.) коэф-т зрелости наиболее высок весной, уменьшается летом и снова возрастает осенью. У рыб с осенне- зимним нерестом наиболее высокий коэффициент зрелости осенью (лососи).

4. Половой диморфизм (7 сл.) (от греч. Di - вдвое, дважды, и morphe — форма), различия признаков муж. и жен. особей раздельнополых видов. Вторичных половых признаков у большинства рыб нет, поэтому у них самки и самцы внешне не различаются.

У них вторичные половые признаки ярко выражены: самки крупнее самцов, самцам свойственны более яркая окраска, удлинённые плавники и др. У многих рыб половой диморфизм становится заметным в преднерестовый период, при созревании, когда появляется так называемый брачный наряд – в подавляющем большинстве случаев у самцов. У карповых и сигов на голове и теле образуется жемчужная сыпь, у хариусов краснеют плавники, у гольцов на теле появляются яркие пятна, у лососей изменяются челюсти и возникает горб (нерка, горбуша), появляются лиловые пятна вдоль тела (кета) и т. д. После нереста брачный наряд пропадает, однако, например, у дальневосточных лососей, угрей, сельди-черноспинки изменения в организме настолько сильны и необратимы, что после первого нереста рыбы погибают. У некоторых видов нашей фауны вторичные половые признаки выражены достаточно четко.

Они проявляются в большинстве случаев в величине плавников: у некоторых сомов, пескаря *Gobio gobio*, байкальской желтокрылки *Cottocomphorus grewingkii*, грудные плавники у самцов больше, чем у самок;

Очень своеобразны преднерестовые изменения у горчаков *Rhodeinae*, откладывающих икру в мантийную полость двустворчатых моллюсков: у самцов окраска становится очень яркой, а у самок вырастает длинный яйцеклад.

Деление рыб по срокам икрометания. (8 сл.) По срокам икрометания рыб нашей фауны разделяют на:

а) весенне-нерестующих (сельди, радужная форель, щука, окунь, плотва, орфа);

б) летне-нерестующих (сазан, карп, линь, краснопёрка);

в) осенне-зимне-нерестующих (многие лососи, сиги, налим, навага).

Это деление в известной мере условно—один и тот же вид в разных районах нерестует в разное время: карп нерестует в средней полосе в мае—июне, на островах Ява и Куба – круглый год.

Время нереста сильно варьирует в течение суток: лососи, налим, хамса обычно выметывают икру ночью, анчоус – вечером, карп нерестует чаще всего на зорях.

(9 сл.) По продолжительности периода икрометания выделяют две группы рыб: с единовременным и порционным нерестом. У рыб единовременного икрометания икра откладывается сразу, единовременно: в короткий срок (одно утро) нерестуют вобла, окунь. Многие тропические рыбки выметывают икру в течение часа. Вся икра таких рыб, предназначенная к вымету в данный сезон, созревает сразу и полностью выметывается.

Другие рыбы откладывают икру в несколько приемов, отдельными порциями, с промежутками в 7–10 дней. Типичный представитель – каспийские сельди. У них в гонадах икра созревает и выметывается последовательными порциями. В результате увеличивается индивидуальная плодовитость: при порционном икрометании за сезон самка выметывает в 2–3 раза больше икры, чем при единовременном.

Порционность икрометания характерна главным образом для рыб тропиков и субтропиков, в умеренных широтах их меньше, в Арктике – почти нет.

Существуют рыбы, которые хотя и не имеют резко выраженного порционного икрометания, но нерестовый период их (одной особи) растягивается на несколько дней, т. е. икра также выметывается в несколько приемов (лещ, иногда карп). Некоторые рыбы в южной части своего ареала нерестуют порционно, в северной – единовременно (лещ, карп).

Порционное икрометание способствует увеличению плодовитости рыб и обеспеченности потомства пищей, а также лучшей выживаемости молоди в неблагоприятных условиях обитания.

Выметанные икринки у подавляющего большинства рыб шаровидны, но есть и овальные (хамса), сигаровидные (бычки, ротан) и даже каплевидные и цилиндрические (некоторые бычки). Окраска икринок у большинства видов желтоватая, оранжевая разных оттенков, у осетровых – черная, у бычков – зеленая. Желтоватый и оранжевый цвет обусловлен присутствием каротиноидов. Размеры икринок сильно варьируют: у некоторых сельдей, камбал икринки имеют менее 1 мм в диаметре, у акул – до 8–9 см и выше, причем они увеличиваются по мере продвижения вида к северу и на глубины.

Икринки, выметанные и развивающиеся в разных экологических условиях, обладают рядом особенностей, которые способствуют их приспособленности к среде. В толще воды развиваются плавающие, или пелагические, икринки, на дне или на субстрате – донные, или демерсальные.

У пелагических икринок, развивающихся в толще воды, увеличение плавучести обеспечивается рядом приспособлений. К ним относятся: оводнение желтка, увеличение перивителлинового пространства за счет наличия в желтке жировых капель (многие сельди, камбалы) или образование выростов, облегчающих удерживание икринки в толще воды (сайра и др.).

У чехони, дальневосточных растительноядных рыб, проходных сельдей икринки полупелагические; они развиваются в толще воды, на течении, в реке, но в стоячей воде тонут.

Икринки, откладываемые на субстрат (вегетирующие или отмершие растения, камни, коряги и т. д.), часто обладают клейкими оболочками (осетровые, атлантическая и тихоокеанская сельди, карп, карась, рыбец и т. д.) или снабжены нитевидными или крючковидными отростками, которыми они прикрепляются к субстрату. Икринки часто откладываются компактно, и кладки имеют характерную форму. Донные икринки свойственны подавляющему большинству пресноводных рыб или морским, нерестующим в прибрежной зоне. Количество желтка и плазмы в икринках разных видов рыб не одинаково. По их соотношению яйца костистых рыб делят на олигоплазматические (содержащие мало плазмы и много желтка) и полиплазматические (богатые плазмой и бедные желтком).

Литература

1. Никишин, Д.Л. Экология рыб»: учебно-методический комплекс / Д.Л. Никишин. – М.: МГУТУ, 2012. – 133 с.
2. Усов, М. М. Экология рыб: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2023. – 138 с.
3. Усов, М. М., Ихтиология: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2020. – 168 с.
4. Тылик, К. В. Общая ихтиология: учебник. – Калининград: Изд-во ООО «Аксиос», 2015. – 394 с.

ЛЕКЦИЯ №7

ЭКОЛОГИЯ РОСТА РЫБ

1. Продолжительность жизни и размеры рыб.
2. Связь роста с развитием рыб.
3. Взаимосвязь роста с быстротой полового созревания.

1. Продолжительность жизни рыб.

Продолжительность жизни рыб и их размеры весьма различны, но специфичны для каждого вида. Самые маленькие рыбки — бычки с Филиппинских о-вов — не превышают в длину 7,5-14,0мм, продолжительность их жизни — около года. Другая крайность китовая акула, достигающая в длину 15-20 м. Из промысловых рыб — белуга достигает массы около 1,5 т и возраста 100 лет. Обычно предельный возраст 'долгожителей' исчерпывается 15-30 годами. У наших пресноводных рыб предельный возраст меньше: у леща — 15 лет, серебряного карася — 12, сазана — 16, карпа — 20 лет.

В настоящее время в связи с интенсификацией промысла лишь ограниченное количество особей доживает до предельного видового возраста. Естественная продолжительность жизни определяется видовыми особенностями обмена веществ. Многие виды рыб погибают после первого нереста (дальневосточные лососи рода *Oncorhynchus*, угорь *Anguilla*).

2. Связь роста с развитием рыб.

Рост неразрывно связан с развитием, являясь одной из его сторон. Специфической особенностью роста рыб является преобладание ассимиляции (*совокупность процессов синтеза в живом организме*) над диссимиляцией (*разрушение сложных органических веществ до более простых*), благодаря чему рыба растет в течение всей жизни и после наступления половой зрелости. Характерным свойством рыб является снижение обмена (но без нарушения функций органов) при длительном недостатке или отсутствии пищи и быстрое восстановление его интенсивности при улучшении условий питания. Эта способность позволяет многим рыбам безболезненно переносить долгое зимнее голодание (каrp).

Различают весовой рост (наращивание массы тела) и линейный (увеличение длины тела). Весовой рост сильнее подвержен колебаниям в зависимости от условий питания, чем линейный. Вместе с тем в прудовом рыбоводстве основным показателем эффективности выращивания рыбы является весовой рост. Рыба растет неравномерно как в течение жизни, так и в течение всего года, причем в разные периоды рост ее характеризуется определенными особенностями.

Прежде всего различен характер роста рыб до и после наступления половой зрелости. Обычно до наступления половой зрелости рыбы растут наиболее быстро. Пища используется ими в основном на весовой и главным образом линейный прирост. Поэтому в первые годы жизни, как правило, происходит

наиболее быстрое нарастание линейных размеров. После наступления половой зрелости темп линейного роста снижается, но наращивание массы тела продолжается и максимальное увеличение ее наблюдается именно в старшем возрасте.

Значительная часть потребленной пищи расходуется на образование половых клеток и накопление резервных веществ, обеспечивающих созревание гонад, благополучный исход зимовки, миграции и т. д. Доля продуцирующей пищи уменьшается и соответственно увеличивается часть пищи, идущей на поддержание жизнедеятельности (поддерживающая пища).

В период старения организма линейный рост сильно замедляется. Пища расходуется в основном на поддержание жизненных процессов.

У рыб, как у животных с непостоянной температурой тела, наблюдается периодичность, неравномерность роста в течение года. Периоды усиления и замедления роста чередуются в течение года и сезона в соответствии с наиболее или наименее благоприятными для данного вида температурными условиями, богатством или бедностью пищевой базы и т. д. У неполовозрелых карповых, сиговых и многих других рыб характер роста наиболее ясно отражает обеспеченность их пищей и, следовательно, подвержен резким колебаниям. У хищных, например, окуневых, рыб зависимость роста от обеспеченности пищевыми организмами выражена слабее. Это связано с тем, что в случаях обеднения пищевой базы они поедают себе подобных (каннибализм).

Очень специфичен рост рыб, которые перестают питаться в период зимовки (или миграций: у них перед зимним голоданием или длительным странствованием в тканях тела накапливается жир при замедленном белковом росте. При этом обычно после зимовки, в начале вегетационного периода, увеличения линейных размеров тела не происходит, а преобладает накопление жира. Этот процесс продолжается до момента достижения определенной упитанности. После этого жиронакопление замедляется или приостанавливается, а ускоряются белковый рост и связанный с ним линейный прирост.

Таким образом, очень важным показателем качества посадочного материала, например, карпа, является его упитанность, в какой-то мере отражающая уровень накопления резервных веществ, а, следовательно, и подготовленности рыбы к зимнему голоданию и дальнейшему росту во второе лето. Чем упитаннее годовики после зимовки, тем скорее начинается увеличение их линейных размеров после посадки в нагульные пруды.

Рост рыбы в значительной мере отражает качество и количество Пищи, находимой ею в водоеме. Поэтому, как правило, в течение Вегетационного периода увеличиваются различия в величине молоди, полученной одновременно от одних родителей. Например, при выращивании сеголетков карпа разница в размерах выклевывающейся молоди не превышает нескольких процентов, а осенью, т. е. в конце первого лета жизни, самые крупные экземпляры превосходят по массе самые мелкие зачастую в 10—20 раз. При этом чем большие колебания размеров наблюдаются при зарыблении прудов весной, тем более разнокачественной оказывается рыба в конце выращивания.

Условия питания определяют быстроту индивидуального роста рыб, а тем самым и характер роста стада в целом. Богатая кормовая база обеспечивает быстрый рост. При этом все рыбы могут потреблять одинаковую пищу, поэтому они растут относительно ровно и индивидуальная изменчивость в стаде невелика.

При недостатке кормовых организмов скорость роста стада замедляется. Даже небольшие различия в исходной величине позволяют рыбам питаться по-разному и различия в росте увеличиваются, становятся все более заметными, а индивидуальная изменчивость рыб в стаде повышается. Таким образом, рост является обобщающим показателем того, насколько условия обитания отвечают потребностям рыбы.

Однако реакция организма на изменение условий жизни неоднозначна. В условиях обильного питания наряду с ускорением роста повышаются, например, выживаемость, особенно молоди, плодовитость, увеличивается численность вида; обеднение пищевой базы, замедление роста рыб сопровождаются уменьшением плодовитости, нередко проявлением каннибализма и в конечном счете уменьшением численности вида.

3. Взаимосвязь роста с быстротой полового созревания.

Взаимосвязь роста с быстротой полового созревания имеет приспособительный характер, т. е. наибольшая скорость роста наблюдается до наступления половой зрелости и сильно замедляется у половозрелых рыб. С другой стороны, наименьшая плодовитость отмечается при первом нересте и ее возрастание в дальнейшем. Это существенно влияет на товарную массу и воспроизводительную способность стада в целом, т. е. эффект воспроизводства группы рыб, начинающих нереститься в разном возрасте, неодинаков. Особенно это заметно у рыб скороспелых, т.е. среди видов с коротким жизненным циклом. Ускорение полового созревания, т.е. сроков первого нереста на 1 год (при прочих равных условиях) заметно увеличивает общую численность популяции, что имеет важное значение для промысла.

В рыбоводстве особое внимание уделяют взаимосвязи воспроизводительной способности рыб с ростом, т.к. это в значительной мере отражается на результатах выращивания товарной рыбы.

Литература

1. Никишин, Д.Л. Экология рыб»: учебно-методический комплекс / Д.Л. Никишин. – М.: МГУТУ, 2012. – 133 с.
2. Усов, М. М. Экология рыб: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2023. – 138 с.
3. Усов, М. М., Ихтиология: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2020. – 168 с.
4. Тылик, К. В. Общая ихтиология: учебник. – Калининград: Изд-во ООО «Аксиос», 2015. – 394 с.

ЛЕКЦИЯ № 9

МИГРАЦИИ РЫБ

План лекции:

1. Классификация мигрирующих рыб
2. Нерестовые миграции рыб
3. Нагульные миграции рыб
4. Зимовальные миграции

1. Классификация мигрирующих рыб

Миграции рыб – закономерные массовые перемещения рыб для обеспечения благоприятных условий развития на разных этапах жизненного цикла.

Миграции у рыб выработались не сразу, а в связи с эволюцией и геологией.

Миграции – это сложный адаптивный процесс, средства преодоления видом лимитирующих факторов. В конечном счёте они обеспечивают биологический процесс вида.

Выделяют следующие экотипы миграций рыб, основываясь на одном или нескольких факторов внешней среды:

-по способу движения:

- активные,
- пассивные. -по направлению движения:
- горизонтальные,
- вертикальные-сезонные; вертикальные могут быть суточными; сезонные делятся на кормовые, нерестовые, зимовальные; а они в свою очередь могут быть потадромными, галинодромными, диадромными; потадромные делятся на рео-,стагно-, амфидромных; галинодромные: неритодромные, океанодромные; диадромные:анадромные, катадромные.)

- пассивные

Потадром-текучие воды, катадромные-стоячие воды

Пассивные-из мест нереста в места нагула икра и молодь.

горизонтальные (анадромные, катадромные), вертикальные

-по отношению к солёности:

олиго-, поли-, ди-, эвригалмные;

-по отношению к факторам внешней среды:

голобиотические, амфибиотические.

В зависимости от направления движения различают миграции

1. Диадромы - совершают миграции из солёных вод в пресные и наоборот.

Различают три типа диадромов:

Анадромы – живут в морях, размножаются в пресной воде (тихоокеанские лососи)

Катадромы – живут в пресных водах, размножаются в море (пресноводный угорь)

Амфидромы – перемещаются между пресными и солёными водами в течение жизненного цикла, но не с целью размножения (акула-бык, обитает в озере Никарагуа в Центральной Америке и в африканской реке Замбези)

2. Потамодромы – совершают миграции только в пресных водах

3. Океанодромы – мигрируют лишь в солёной воде (тунцы, ежегодно мигрируют с севера на юг и наоборот, следуя за изменениями температуры в океане)

Миграционные циклы – определенная последовательность.

Сезонные миграции и их приспособительное значение. Голомянки в оз. Байкал поднимаются с 700 м, нерестятся в поверхностных слоях и погибают. Личинки спускаются на глубину. Зимой пелагические воды опускаются в более глубокие слои.

Суточные миграции и их приспособительное значение.

Перемещения вслед за подвижными кормовыми объектами.

В большинстве случаев днём рыбы держатся на глубине, а ночью поднимаются к поверхности (шпроты, скумбрии, кильки). Значение:

-во время миграций рыбы образуют большие скопления

-сроки и характер миграций относительно стабильный во времени

-знание закономерностей миграций с целью их прогноза.

Большинство рыб совершают миграции, активно двигаясь в том направлении, в котором лежит их миграционный путь, т.е. затрачивая на миграции энергетические вещества. Но у многих видов наряду с *активными* имеются и *пассивные* миграции, когда рыбы или её пелагическая икра пассивно переносятся на значительные расстояния. При этом энергия на движение не расходуется. Так у атлантической трески (*Gadus morhua*), нерестящейся у побережья Скандинавии, пелагическая икра и личинки переносятся в Баренцево море, а затем мальки мигрируют в прибрежную зону, где интенсивно питаются. Во многих случаях часть миграционного пути преодолевается путем пассивной миграции, а часть – активно, как это имеет место у личинок обыкновенного угря при миграциях от берегов Центральной Америки к берегам Европы. Сначала этот путь совершается пассивно вместе с водами Атлантического течения, а при приближении к берегам молодь угря начинает активно мигрировать в реки.

У большинства рыб наблюдаются активные миграции, когда передвижение совершается по определенному пути и сопровождается тратой энергии. Например, к местам нагула или нереста мигрируют треска, кефаль, скумбрия, каспийские сельди, дальневосточные лососи, угорь.

2. Нерестовые миграции рыб

Основными типами миграций являются *нерестовые* (от мест зимовки или откорма к нерестилищам). Проходные рыбы и круглоротые кормятся в море, а для размножения входят в реки, совершая анадромные миграции. Такие миграции свойственны миногам, осетровым, лососевым, некоторым сельдям, карповым и др.

Морские рыбы также совершают нерестовые миграции, перемещаясь из района нагула или зимовки, расположенных в одних участках моря, к местам нереста, или подходя с глубин к берегам, или наоборот. Многие из них совершают довольно значительные переходы на места икрометания, иногда за тысячу и более километров.

Сроки начала нерестовой миграции у разных рыб весьма различны. Многие сиги начинают нерестовую миграцию осенью, большинство карповых – весной. Высота подъема различных видов рыб вверх по реке также колеблется в больших пределах. Осетровые (шип, осетр севрюга, и белуга) могут подниматься по реке на тысячу и более километров, доходя до мест с галечниковым дном, где они откладывают икру. Высота подъема осетра по реке зависит от наличия удобных для икрометания мест. Двигутся рыбы в реке с довольно большой скоростью. Так, у нерки скорость движения достигает 30-40 км в сутки, а у кеты – 50 км в сутки. Дальневосточные лососи и многие другие проходные рыбы преодолевают в пути различные препятствия: водопады, мелкие перекаты и т. п.

Большинство рыб во время миграции по реке обычно прекращает питание или питается менее интенсивно, чем в море, а огромная затрата энергии требует расхода накопленных питательных веществ. Поэтому у большинства проходных рыб по мере движения вверх по реке наблюдается сильное истощение. 1.

Классификация мигрирующих рыб

Белорыбица (сиговые) при входе в Волгу содержат 21% жира, а при нересте (р. Уфа) процент жира уменьшается до 2. Аральский усач на местах нагула в море имеет на внутренностях до 15% жира, а на местах нереста кол-во жира снижается до 1-2%.

В связи с переходом их морской воды в пресную у проходных рыб меняется осмотическое давление, следовательно, температура замерзания крови. Например, у чавыги (лососевые) т-ра замерзания крови в море равна – 0,762 °С, а в опресненных участках - 0,737 °С.

Угорь европейский для достижения мест нереста преодолевают по морям и Атлантическому океану расстояние в 5-7 тыс. км. В это время они приобретают особенности глубоководных рыб: черную окраску, огромные выпуклые глаза, скелет их деминерализуется, сильно размягчается и становится непрочным, в сетчатке глаза вырабатывается особое весьма чувствительное к свету в-во, что позволяет угрям ориентироваться на больших глубинах.

Нерест происходит с апреля по июль, на глубине около 400-600м, на крайней границе проникновения дневного света. Икрометание происходит в западной Атлантике, в районе, расположенном между 22и 30⁰ северной широты и 48, и 65 ⁰ западной долготы, носящем название Саргассова моря. Это уникальное место: ветры, дующие над ним, слабы и неустойчивы, практически полное отсутствие облаков обеспечивает высокую солнечную инсоляцию, хорошо прогретые воды под воздействием океанических течений опускаются вниз. И даже на глубине около 400м т-ра никогда не бывает ниже 16-17⁰С, т.е. она вдвое выше. Здесь же наблюдается наивысшая соленость океана. Достигающая 37%, т.е. в 1 л воды содержится 37г. солей. Прозрачность – до

глубины 60м. На поверхности огромные скопления бурых водорослей. Отнерестившиеся особи угря там же и погибают.

Икра угря пелагическая, устойчиво удерживается в толще воды за счет капель жира в желтке. Инкубационный период короткий, длится около 3-4 суток. В течение 3-х лет личинка угря пассивно дрейфует в теплом течении Гольфстрима, достигая берегов Европы. Входя в реки и превращаясь в стекловидных угрей, они устремляются в пресные водоемы для нагула.

3. Нагульные миграции рыб

Нагульные миграции – это перемещения рыб от мест размножения или зимовки к местам нагула. У многих рыб кормовые миграции начинаются уже в стадии икринки.

Примером пассивной нагульной (кормовой) миграции может служить снос икры и личинок проходных сельдей от мест размножения к местам нагула молоди (анадромная миграция). Личинки европейского угря, перемещаясь с течением Гольфстрим; к местам нагула, также представляют пример пассивной миграции к местам кормления.

Пассивная нагульная миграция икры и личинок наблюдается также у морских рыб. Например, пелагическая икра многих камбал, концентрируемая сразу после нереста на сравнительно ограниченной площади, постепенно разносится течениями на значительное пространство, чем обеспечиваются лучшие условия питания для выводящихся из икры личинок.

Пассивные кормовые миграции развиты у многих пресноводных рыб. Огромное количество пелагических икринок, свободных эмбрионов и личинок сносятся вниз по течению от нерестилищ в реках. Из наших отечественных видов у чехони (*Pelecus cultratus*) икра развивается также в плавучем состоянии. Икринки и личинки заносятся течением в пойменные озера (часть речной долины, затопляемая в половодье или во время паводков). Где молодь находят себе богатую кормовую базу.

Взрослые рыбы после окончания нереста начинают активную миграцию к местам своего нагула. Многие рыбы (морские и пресноводные) начинают питаться сразу же после окончания нереста, для них нерестовая миграция является одновременно и нагулом.

Нагульные миграции наиболее отчетливо из рыб Беларуси выражены у сырты (рыбца) – *Vimba vimba*-, ход которой с нерестилищ вниз по течению бывает массовым и совершается в короткие сроки. В настоящее время этот вид занесен в Красную книгу Беларуси.

подавляющее большинство видов совершают в летнее время лишь кратковременные, главным образом суточные, перемещения в поисках корма. Например, рыбы с сумеречным или ночным образом жизни (сом, налим) днем и придерживаются глубинных участков водоемов, выходя из своих убежищ в прибрежную зону перед заходом солнца и с наступлением темноты. И наоборот, рыбы с дневным циклом жизни наиболее активны в светлое время суток, уходя в разного рода укрытия или глубины на ночь.

4. Зимовальные миграции

Зимовальная миграция – это перемещения от мест нагула к местам зимовки. Проходные рыбы перемещаются с мест нагула в море на зимовку в реки, где они концентрируются на глубоких ямах и зимуют в малоподвижном состоянии, обычно не пиясь. Это – осетровые атлантический лосось, аральский усач хорошо выражены зимовальные миграции и у многих полупроходных рыб. Так в Северном Каспии и Азовском морях взрослые вобла, лещ и судак после окончания периода нагула перемещаются в низовья рек на места зимовки.

Зимовальная миграция наблюдается и у пресноводных рыб (белый амур, белый толстолобик), к-рые после окончания периода нагула осенью выходят из озер и концентрируются в нижнем Амуре на ямах.

Зимовальная миграция имеет место у некоторых морских рыб. Многие камбал после нагула в прибрежной зоне отходят на глубины и концентрируются в местах, где имеются благоприятные условия для зимовки. Хамса (*Engraulis encrassicholus*) со своих мест нагула в Азовском море перемещается на зимовку в Черном море, где концентрируется на глубине 70-150м в сравнительно малоподвижном состоянии.

У представителей ихтиофауны Беларуси зимовальные миграции имеют местный характер, как правило, в пределах одного и того же водоема, а отдельные виды, например, сом и некоторые мелкие промысловые виды, заметных перекочевков не совершают совсем, придерживаясь излюбленных мест обитания в течение всего года.

Причина зимовальной миграции у рыб необходимость перемещения с нагульных площадей в такие участки водоема, где рыбе при пониженной активности и интенсивности обмена были бы обеспечены как благоприятные абиотические условия жизни, так и достаточная защита от врагов.

Литература

1. Никишин, Д.Л. Экология рыб»: учебно-методический комплекс / Д.Л. Никишин. – М.: МГУТУ, 2012. – 133 с.
2. Усов, М. М. Экология рыб: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2023. – 138 с.
3. Усов, М. М., Ихтиология: учебно-методическое пособие / М. М. Усов, О. В. Усова. – Горки: БГСХА, 2020. – 168 с.
4. Тылик, К. В. Общая ихтиология: учебник. – Калининград: Изд-во ООО «Аксиос», 2015. – 394 с.