

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

М. М. Усов

МОРФОЛОГИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ РЫБ

Лабораторный практикум

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений высшего образования, обучающихся
по специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбководство*

Горки
БГСХА
2017

УДК 639.3.05:57.089(075.8)

ББК 47.2+28.673я73

У76

*Рекомендовано методической комиссией факультета
биотехнологии и аквакультуры 28.03.2017 (протокол № 7)
и Научно-методическим советом БГСХА 29.03.2017 (протокол № 7)*

Автор:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *М. М. Усов*

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
РДУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «НПЦ НАН Беларуси
по животноводству» *Н. Н. Гадлевская*;
кандидат биологических наук, доцент кафедры общей экологии
и методики преподавания биологии БГУ *Б. В. Адамович*

Усов, М. М.

У76 Морфология и физиология рыб. Лабораторный практикум :
учебно-методическое пособие / М. М. Усов. – Горки : БГСХА,
2017. – 114 с.

ISBN 978-985-467-751-4.

Содержатся методические рекомендации и задания для выполнения лабораторных работ и самостоятельной работы студентов при изучении учебной дисциплины «Морфология и физиология рыб». Для каждой лабораторной работы определены цель, материалы и оборудование, перечень контрольных вопросов.

Для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбководство.

УДК 639.3.05:57.089(075.8)

ББК 47.2+28.673я73

ISBN 978-985-467-751-4

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2017

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение Государственной программы развития рыбохозяйственной деятельности, предусматривающей постоянное увеличение объемов выращивания товарной рыбной продукции, невозможно без использования современных знаний, в том числе и в области морфологии и физиологии рыб.

Современное содержание морфологии рыб как науки определяется изучением развития, макро-, микроскопического и субмикроскопического строения, жизнедеятельности клеток, тканей и органов рыб.

Физиология изучает жизненные процессы, протекающие в здоровом организме, в тесном взаимодействии как друг с другом, так и с внешней средой. Эти процессы регулируются в организме нейрогуморальными иммунными механизмами.

Морфология и физиология являются биологическим фундаментом ведения промышленного рыбоводства на научной основе. Без знаний по морфологии и физиологии невозможно полноценное понимание и рациональное ведение таких важных технологических процессов в рыбоводстве, как кормление рыб, искусственное воспроизводство рыб, интенсификация рыбоводства в целом.

Целью преподавания учебной дисциплины «Морфология и физиология рыб» является изучение морфологических и функциональных основ внешнего и внутреннего строения организма рыб, получение студентами знаний о процессах жизнедеятельности здорового организма рыб, механизмах и закономерностях регуляции этих процессов, сознательном изменении физиологических процессов в нужном направлении для организации современного рыбоводства.

В задачи учебной дисциплины входят: изучение закономерностей становления морфологических и функциональных основ внешнего и внутреннего строения организма рыб; выяснение закономерностей индивидуального развития рыб, их филогенеза и систематики; выявление качественных и количественных различий морфологических образований у рыб, обитающих в разных экологических условиях; изучение закономерностей жизненных процессов (обмена веществ, дыхания, питания, миграций, нерестового поведения и др.) на разных этапах индивидуального развития рыб; выяснение механизмов, обеспечивающих взаимодействие отдельных органов и систем и организма рыб как единого целого с внешней средой.

Раздел 1. МОРФОЛОГИЯ РЫБ

Лабораторная работа 1. СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ. ОРГАНОИДЫ, ВКЛЮЧЕНИЯ, СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ СТРУКТУРЫ

Цель занятия: уяснение строения клетки (границы клеток, цитоплазма, ядро); изучение строения некоторых общих и специализированных органелл клетки (аппарат Гольджи, лизосомы, митохондрии, центриоли).

Материалы и оборудование: плакаты, микроскоп, препараты.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте иллюстрационный материал;
- 3) рассмотрите препараты под микроскопом.

Клетка – элементарная единица строения и жизнедеятельности всех живых организмов (кроме вирусов, о которых нередко говорят как о неклеточных формах жизни), обладающая собственным обменом веществ, способная к самостоятельному существованию, самовоспроизведению и развитию. Все живые организмы либо состоят из множества клеток, как многоклеточные животные, растения и грибы, либо являются одноклеточными организмами, как многие простейшие и бактерии. Раздел биологии, занимающийся изучением строения и жизнедеятельности клеток, получил название цитологии.

Строение клеток. Все клеточные формы жизни на Земле можно разделить на два надцарства на основании строения составляющих их клеток – прокариоты (доядерные) и эукариоты (ядерные). Прокариотические клетки более простые по строению, по-видимому, они возникли в процессе эволюции раньше. Эукариотические клетки более сложные, возникли позже. Клетки, составляющие тело человека, являются эукариотическими.

Несмотря на многообразие форм организация клеток всех живых организмов подчинена единым структурным принципам.

Прокариотическая клетка. Прокариоты (от лат. *pro* – перед, до и греч. *κάρυον* – ядро, орех) – организмы, не обладающие, в отличие от эукариот, оформленным клеточным ядром и другими внутренними мембранными органоидами (рис. 1). К прокариотам относятся бактерии, в том числе цианобактерии (сине-зеленые водоросли), и археи. Потомками прокариотических клеток являются органеллы эукариотических клеток – митохондрии и пластиды.

Эукариотическая клетка. Эукариоты, или эвкариоты (от греч. *eu* – хорошо, полностью и *kárhoon* – ядро, орех), – организмы, обладающие, в отличие от прокариот, оформленным клеточным ядром, отграниченным от цитоплазмы ядерной оболочкой.

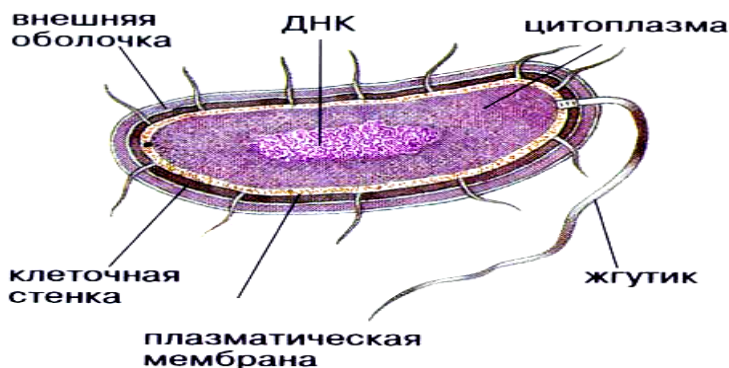


Рис. 1. Строение типичной клетки прокариот

Генетический материал заключен в нескольких линейных двухцепочных молекулах ДНК (в зависимости от вида организмов их число на ядро может колебаться от двух до нескольких сотен), прикрепленных изнутри к мембране клеточного ядра и образующих у подавляющего большинства комплекс с белками-гистонами, называемый *хроматином*. В клетках эукариот имеется система внутренних мембран, образующих, помимо ядра, ряд других органоидов (эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи и др.). Кроме того, у подавляющего большинства имеются постоянные внутриклеточные симбионты-прокариоты – митохондрии, а у водорослей и растений – также и пластиды. Строение эукариотической клетки представлено на рис. 2.

Структура цитоплазмы. Жидкую составляющую цитоплазмы также называют *цитозолем*. При рассмотрении клетки под световым микроскопом кажется, что она заполнена чем-то вроде жидкой плазмы или золя, в котором плавают ядро и другие органоиды. На самом деле это не так. Внутреннее пространство эукариотической клетки строго упорядочено. Передвижение органоидов координируется с помощью специализированных транспортных систем, так называемых микро-

трубочек, служащих внутриклеточными «дорогами», и специальных белков динеинов и кинезинов, играющих роль «двигателей».

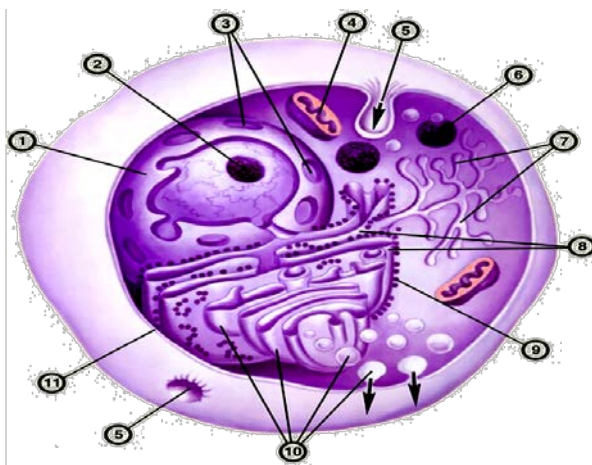


Рис. 2. Схема строения эукариотической клетки: 1 – ядро; 2 – ядрышко; 3 – поры ядерной оболочки; 4 – митохондрия; 5 – эндоцитозное впячивание; 6 – лизосома; 7 – эндоплазматический ретикулум; 8 – гранулярный эндоплазматический ретикулум с полисомами; 9 – рибосомы; 10 – аппарат Гольджи; 11 – плазматическая мембрана

Эндоплазматический ретикулум. В эукариотической клетке существует система переходящих друг в друга мембранных отсеков (трубок и цистерн), которая называется эндоплазматическим ретикулумом (ЭПР) или эндоплазматической сетью (ЭПС).

Аппарат Гольджи представляет собой стопку плоских мембранных цистерн, несколько расширенных ближе к краям. В цистернах аппарата Гольджи созревают некоторые белки, синтезированные на мембранах гранулярного ЭПР и предназначенные для секреции или образования лизосом.

Ядро. Клеточное ядро содержит молекулы ДНК, на которых записана генетическая информация организма. В ядре происходит репликация – удвоение молекул ДНК, а также транскрипция – синтез молекул РНК на матрице ДНК. В ядре же синтезированные молекулы РНК претерпевают некоторые модификации, после чего выходят в цитоплазму. Сборка рибосом также происходит в ядре, в специальных образованиях, называемых ядрышками.

Лизосома – небольшое тельце, отграниченное от цитоплазмы оди-
нарной мембраной. В ней находятся литические ферменты, способные
расщепить все биополимеры. Основная функция лизосомы – автолиз,
т. е. расщепление отдельных органоидов, участков цитоплазмы клетки.

Цитоскелет. К элементам цитоскелета относят белковые фибрил-
лярные структуры, расположенные в цитоплазме клетки: микротру-
бочки, актиновые и промежуточные филаменты.

Центриоли – цилиндрические белковые структуры, расположен-
ные вблизи ядра клеток животных (у растений центриолей нет). Цен-
триоль представляет собой цилиндр, боковая поверхность которого
образована девятью наборами микротрубочек. Количество микротру-
бочек в наборе может колебаться для разных организмов от 1 до 3.

Митохондрии – особые органеллы клетки, основной функцией ко-
торых является синтез АТФ – универсального носителя энергии.

Ход работы. Рассмотрите гистологический препарат под микро-
скопом. При малом увеличении найдите участок препарата с наиболее
однородным розовым фоном, поставьте его в центр поля зрения и пе-
реведите микроскоп на большое увеличение, при котором будет видна
розовая цитоплазма и фиолетовое ядро. Определите форму клеток.
Найдите двухъядерные клетки. Зарисуйте препарат при большом уве-
личении.

Контрольные вопросы

1. Что такое клетка?
2. В чем заключаются основные различия между эукариотической
и прокариотической клеткой?
3. Назовите основные структурные части клеток.

Лабораторная работа 2. ДЕЛЕНИЕ КЛЕТКИ: МИТОЗ, МЕЙОЗ, АМИТОЗ

Цель занятия: изучение типов деления клетки.

Материалы и оборудование: плакаты, мультимедийная презента-
ция, гистологические препараты (митоз клеток корешка лука), науч-
ный видеофильм.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте иллюстрационный материал;

- 3) рассмотрите гистологический препарат;
- 4) просмотрите научный видеофильм.

Деление клетки – характерный именно для живых организмов процесс появления из родительской клетки двух и более новых клеток (рис. 3).

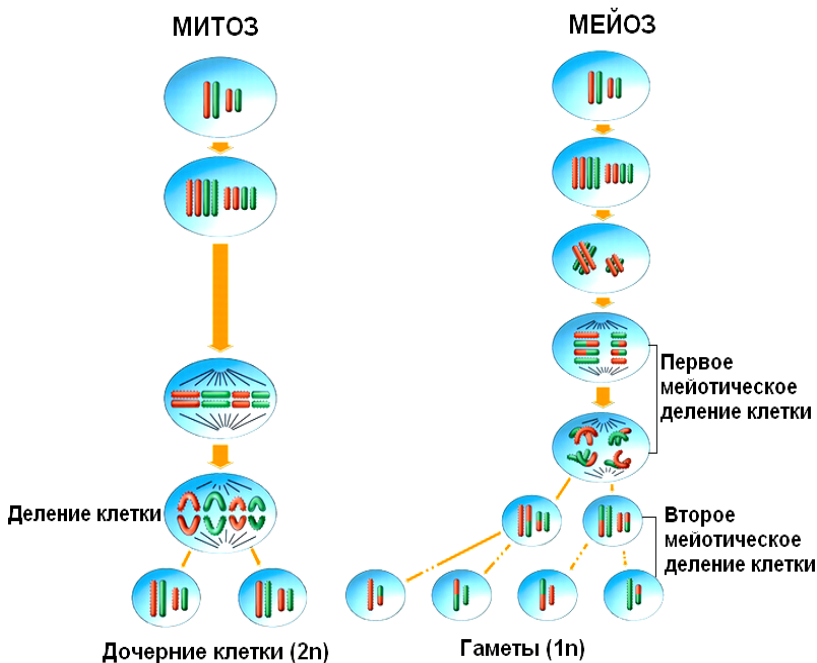


Рис. 3. Деление клетки: митоз и мейоз

Митоз (*кариокинез* или *непрямое деление*) – деление ядра эукариотической клетки с сохранением числа хромосом. В отличие от мейоза, митотическое деление протекает без осложнений в клетках любой ploidy, поскольку не включает как необходимый этап конъюгацию гомологичных хромосом в профазе.

Фазы митоза. Митоз – лишь одна из частей клеточного цикла, но он достаточно сложен, и в его составе, в свою очередь, были выделены пять фаз: профазы, прометафаза, метафаза, анафаза и телофаза. Удвоение хромосом и центриолей (в клетках животных) происходит еще

в ходе интерфазы. В результате этого в митоз хромосомы вступают уже удвоенными, напоминающими букву X (идентичные копии материнской хромосомы соединены друг с другом в области центромеры).

В профазе происходит конденсация гомологичных (парных) хромосом и начинается формирование веретена деления. В клетках животных начинается расхождение пары центриолей (полюсов веретена).

Прометафаза наступает с момента разрушения ядерной оболочки. Хромосомы начинают двигаться, и их центромеры вступают в контакт с микротрубочками веретена деления, а полюса продолжают расхождение друг от друга. К концу прометафазы формируется веретено деления.

В метафазе движения хромосом почти полностью замирают, и кинетохоры хромосом располагаются на «экваторе» (на равном расстоянии от полюсов ядра) в одной плоскости, образуя так называемую метафазную пластинку. Важно отметить, что они остаются в таком положении в течение довольно длительного времени. В это время в клетке происходят существенные перестройки, которые «разрешают» последующее расхождение хромосом. Обычно в связи с этим метафаза – наиболее удобное время для подсчета хромосомных чисел.

В анафазе хромосомы делятся (соединение в районе центромеры разрушается) и расходятся к полюсам деления. Параллельно полюса веретена также расходятся друг от друга.

В телофазе происходит разрушение веретена деления и образование ядерных оболочек вокруг двух групп хромосом, которые деконденсируются и образуют дочерние ядра.

Мейоз – деление ядра эукариотической клетки с уменьшением числа хромосом в два раза. Происходит в два этапа (редукционный и эквационный). Мейоз не следует смешивать с гаметогенезом – образованием специализированных половых клеток, или гамет, из недифференцированных стволовых, так как мейоз может как приводить к образованию гамет (презиготический мейоз), так и быть первым делением после образования зиготы (постзиготический мейоз).

Фазы мейоза. Мейоз состоит из двух последовательных делений с короткой интерфазой между ними.

Профаза I (профаза первого деления) очень сложная и состоит из пяти стадий:

1) фаза *лептотены*, или *лептонема*, – конденсация ДНК с образованием хромосом в виде тонких нитей;

2) *зиготена*, или *зигонема*, – конъюгация (соединение) гомологич-

ных хромосом с образованием структур, состоящих из двух соединенных хромосом, называемых тетрадами или бивалентами;

3) *пахитена*, или *пахинема*, – кроссинговер (перекрест), обмен участками между гомологичными хромосомами; гомологичные хромосомы остаются соединенными между собой;

4) *диplotена*, или *диплонема*, – частичная деконденсация хромосом, при которой часть генома может работать и происходят процессы транскрипции (образование РНК), трансляции (синтез белка); гомологичные хромосомы остаются соединенными между собой;

5) *диакинез* – максимальная конденсация ДНК, прекращение синтетических процессов, растворение ядерной оболочки; гомологичные хромосомы остаются соединенными между собой.

Метафаза I – бивалентные хромосомы выстраиваются вдоль экватора клетки.

Анафаза I – микротрубочки сокращаются, биваленты делятся, и хромосомы расходятся к полюсам. Важно отметить, что из-за конъюгации хромосом в зиготене к полюсам расходятся целые хромосомы, состоящие из двух хроматид каждая, а не отдельные хроматиды, как в митозе.

Телофаза I – хромосомы деспирализуются, и появляется ядерная оболочка.

Второе деление мейоза следует непосредственно за первым, без выраженной интерфазы: S-период отсутствует, поскольку перед вторым делением не происходит репликации ДНК.

Профаза II – происходит конденсация хромосом, клеточный центр делится, и продукты его деления расходятся к полюсам ядра, разрушается ядерная оболочка, образуется веретено деления.

Метафаза II – унивалентные хромосомы (состоящие из двух хроматид каждая) располагаются на «экваторе» (на равном расстоянии от полюсов ядра) в одной плоскости, образуя так называемую метафазную пластинку.

Анафаза II – хроматиды расходятся к полюсам.

Телофаза II – хромосомы деспирализуются, и появляется ядерная оболочка.

В результате из одной диплоидной клетки образуются четыре гаплоидные. В тех случаях, когда мейоз сопряжен с гаметогенезом (например, у многоклеточных животных), при развитии яйцеклеток первое и второе деления мейоза резко неравномерны. В результате формируется одна гаплоидная яйцеклетка и два так называемых ре-

дукционных тельца (абортивные дериваты первого и второго делений).

Амитоз, или **прямое деление клетки**, происходит в соматических клетках эукариот реже, чем митоз. В большинстве случаев амитоз наблюдается в клетках со сниженной митотической активностью: стареющих или патологически измененных, часто обреченных на гибель (клетки зародышевых оболочек млекопитающих, опухолевые клетки и др.). При амитозе репликация ДНК отсутствует. Спирализация хроматина не происходит. Делится только ядро, причем без образования веретена деления, поэтому наследственный материал распределяется случайным образом. При повторных амитозах могут образовываться многоядерные клетки.

Ход работы. Рассмотрите гистологический продольный срез корешка лука (окраска – железный гематоксилин). При малом увеличении изучите ткань корешка, построенную из продолговатых клеток с хорошо развитыми оболочками и ядром. При большом увеличении найдите клетки, ядра которых не изменены. Передвигая препарат, найдите клетки в стадии профазы, ядра которых содержат хроматиновые нити, а также клетки, в которых хромосомы обнаруживаются вместо ядра. Найдите также клетки в стадии метафазы, в которых хромосомы располагаются по экватору ахроматинового веретена. Ряд клеток имеет хромосомы, располагающиеся по полюсам клетки, – стадия анафазы.

Контрольные вопросы

1. Какие типы деления клетки вы знаете?
2. В чем заключаются различия между митозом и мейозом?

Лабораторная работа 3. СТРОЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК

Цель занятия: изучение особенностей строения и развития половых клеток.

Материалы и оборудование: учебные таблицы, схемы строения сперматозоида и яйцеклетки, схемы развития мужских и женских половых клеток, гистологические препараты семенника и яичника.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте иллюстрационный материал.

Процесс формирования половых клеток называется **гаметогенезом**.

У рыб различают *сперматогенез* – формирование мужских половых клеток и *овогенез* – формирование женских половых клеток. По тому, что происходит с ДНК, эти процессы практически не различаются: одна исходная диплоидная клетка дает четыре гаплоидные. Однако по тому, что происходит с цитоплазмой, эти процессы кардинально различаются. В яйцеклетке (рис. 4) накапливаются питательные вещества, необходимые в дальнейшем для развития зародыша, поэтому яйцеклетка – это очень крупная клетка, и когда она делится, питательные вещества должны сохраняться для будущего зародыша, в связи с чем деление цитоплазмы несимметрично.

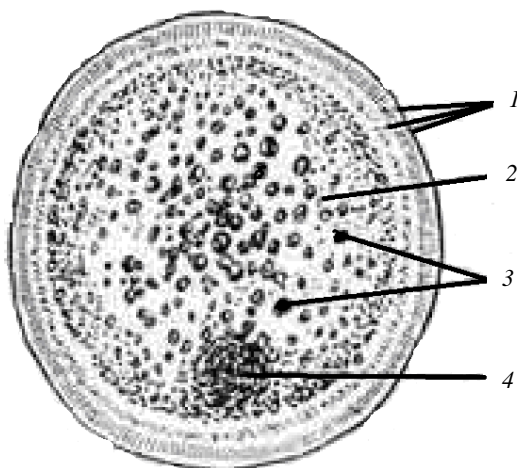


Рис. 4. Строение яйцеклетки (икринки) рыб:
1 – оболочка; 2 – желточная масса; 3 – жировые капли;
4 – зародышевый пузырек (глазок)

Для того чтобы сохранить все запасы цитоплазмы и при этом избавиться от ненужного генетического материала, от цитоплазмы отделяются полярные тельца, которые содержат очень мало цитоплазмы, но позволяют поделить хромосомный набор. Полярные тельца отделяются при первом и втором делениях мейоза.

Исходная клетка, из которой впоследствии образуется зрелая яйцеклетка, называется овоцитом первого порядка (фаза деления).

После деления из него образуется овоцит второго порядка (фаза роста) и первое полярное тельце. Затем происходит второе деление

мейоза, в результате которого образуются гаплоидный ооцит и второе полярное тельце (фаза созревания) (рис. 5).

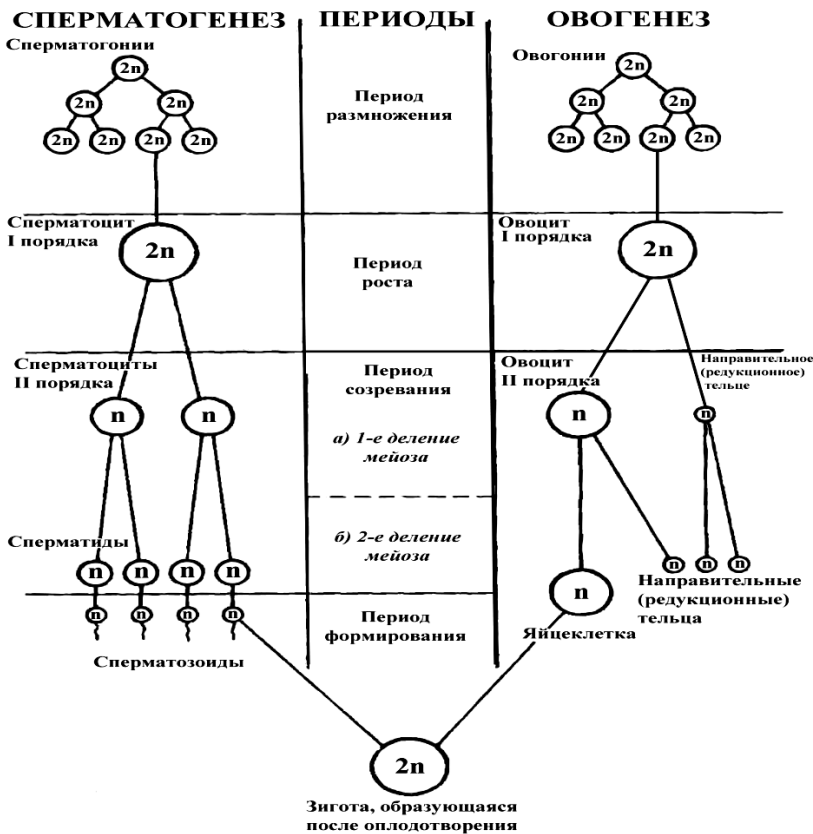


Рис. 5. Схема гаметогенеза

Первое полярное тельце за это время также успевает поделиться, таким образом, всего получается три гаплоидных полярных тельца. В ооците происходят некоторые процессы созревания, и он превращается в яйцеклетку, которая содержит почти всю цитоплазму исходного овоцита, но гаплоидный набор хромосом. Эти хромосомы уже прошли рекомбинацию, т. е. если исходно клетки содержат одну хромосому от матери, одну от отца, то в зрелой яйцеклетке в каждой хромосоме

чередуются куски, полученные от одного и второго родителя. При сперматогенезе цитоплазма исходного сперматоцита первого порядка делится (первое деление мейоза) поровну между клетками, давая сперматоциты второго порядка. Второе деление мейоза приводит к образованию гаплоидных сперматоцитов второго порядка. Затем происходит созревание без деления клетки, большая часть цитоплазмы отбрасывается и получают сперматозоиды (рис. 6), содержащие гаплоидный набор хромосом и очень мало цитоплазмы.

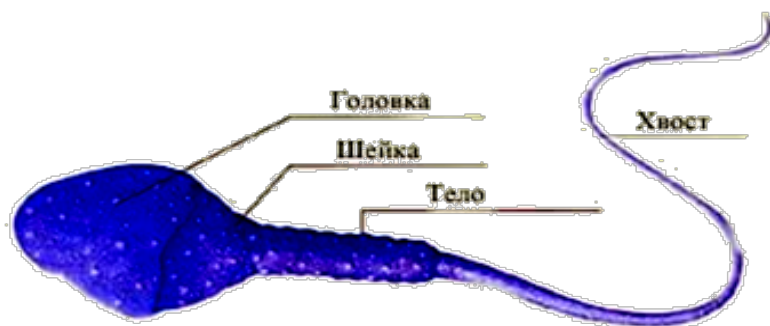


Рис.6. Строение сперматозоида рыб

Оплодотворенное яйцо называют **зиготой** (от греч. *zygotos* – соединенный вместе). Амфимиксис – обычный тип полового процесса, при котором происходит слияние ядер женских и мужских гаплоидных гамет и образование диплоидной зиготы, из которой развивается зародыш. После оплодотворения происходит деление клетки, восстановившей диплоидный набор хромосом. Первое и несколько последующих делений яйцеклетки происходят без увеличения размера клеток, поэтому данный процесс называется **дроблением** яйцеклетки.

У животных и растений встречаются и так называемые нерегулярные типы полового размножения. Это, прежде всего, апомиксис – развитие зародыша нового организма без слияния половых клеток (гамет). Синонимом апомиксиса является партеногенез – развитие яйцеклетки без оплодотворения. Различают гиногенез – образование нового зародыша из неоплодотворенной яйцеклетки, андрогенез – из ядер спермиев, апогаметию (апогамию) – из других клеток женского гаметофита (синергид, антипод), апоспорию – из нередуцированных соматических

клеток спорофита или материнской споры, адвентивную эмбрионию – из соматических клеток нуцеллуса или внутреннего интегумента семяпочек. В основе полового размножения лежит процесс мейоза, поскольку он приводит к гаплоидному числу хромосом в гаметах. У диплоидных организмов генетическая информация хранится в парных гомологичных хромосомах, причем один гомолог происходит от матери, а другой – от отца. В результате мейоза гаплоидные гаметы содержат как материнские, так и отцовские хромосомы. Благодаря кроссинговеру между этими гомологами в профазе I мейоза, генетическая изменчивость гамет становится более высокой.

Ход работы. Возьмите гистологический препарат, состоящий из сперматозоидов окуня. Рассмотрите под микроскопом мазок, окрашенный гематоксилином-эозином. При малом увеличении найдите участок с редким расположением сперматозоидов. При большом увеличении изучите их строение. Найдите головку сперматозоида, определите ее форму (как правило она окрашивается гематоксилином в фиолетовый цвет, без видимых внутри структурных образований). Найдите отдел хвоста, а далее – его главный и концевой отделы, окрашенные в розовый цвет. Зарисуйте сперматозоиды.

Возьмите оплодотворенную икринку форели, поместите под микроскоп и рассмотрите ее внутреннее строение. Зарисуйте строение икринки.

Контрольные вопросы

1. Что такое гаметогенез?
2. Как называются процессы образования мужской и женской половых клеток и в чем заключаются их особенности?

Лабораторная работа 4. РАННИЕ ЭТАПЫ ЭМБРИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ. ДРОБЛЕНИЕ. ГАСТРУЛЯЦИЯ

Цель занятия: изучение ранних этапов эмбрионального развития позвоночных животных, типов дробления и гастрюляции.

Материалы и оборудование: учебные плакаты, таблицы, схемы раннего развития позвоночных животных, атлас.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
 - 2) зарисуйте иллюстрационный материал.
- Зародышевое развитие завершается созданием молодого, функцио-

нирующего многоклеточного организма. Исходным материалом являются яйцеклетка и сперматозоид, которые несут необходимую информацию для развития зародыша. Зародышевое развитие складывается из следующих этапов.

1. Дробление. Оплодотворенная яйцеклетка – *зигота* – сначала делится, при этом возникает много клеток.

2. Гастрюляция. Клетки, образовавшиеся в результате дробления, перемещаются так, что возникают три зародышевых листка: эктодерма, энтодерма и мезодерма. В них затем обособляются зачатки, из которых развиваются ткани и органы взрослого организма.

3. Органогенез. Каждый зачаток становится полуавтономной системой, внутри которой клетки делятся, образуют ткани и в конце концов – целостный функционирующий орган (почку, селезенку, мозг и т. д.).

Рассмотрим несколько подробнее ранние этапы эмбрионального развития.

Дробление – самый ранний период эмбрионального развития, заключающийся в последовательном делении одноклеточной зиготы, т. е. в превращении ее в многоклеточный зародыш. Дробление всегда происходит путем митоза. Получающиеся при дроблении клетки мало дифференцированы и сравнительно однородны. Это послужило основанием назвать их особым термином – *бластомеры* (от греч. *blastos* – зародыш, зачаток, росток, *meros* – часть).

Характер дробления различен у животных разных типов и зависит от многих факторов, в том числе от количества желтка в яйце. Различают следующие виды дробления.

1. *Полное равномерное* – характерно для яиц, которые содержат мало желтка (олиголецитальные), располагающегося равномерно в цитоплазме (изолецитальные). Такое дробление свойственно яйцеклеткам ланцетника. При данном виде дробления образующиеся клетки имеют одинаковые размеры.

2. *Полное неравномерное* – характерно для яйцеклеток круглоротых, хрящевых рыб, земноводных млекопитающих. Яйцеклеткам этих животных свойственно неравномерное (асимметричное) распределение желтка, который преимущественно скапливается на вегетативном полюсе (телолецитальные яйцеклетки). В связи с тем что на анимальном полюсе желтка меньше, дробление идет быстрее и получаются более многочисленные и мелкие клетки, а на вегетативном полюсе в связи с большим количеством желтка дробление отстает

и получают более крупные, но менее многочисленные бластомеры.

Все яйца, претерпевающие полное дробление, независимо от того, являются они изолецитальными или телolecитальными, называются *голобластическими* (от греч. *holos* – целый, весь, *blastos* – зародыш, зачаток); имеется в виду, что такие яйца целиком расходуются на образование зародыша.

Неполное дробление свойственно яйцеклеткам с большим количеством желтка – резко телolecитальным, в которых весь желток скапливается на вегетативном полюсе. К ним относятся яйца костистых рыб, пресмыкающихся, птиц. В центрolecитальных яйцах желток распределен в центральных частях цитоплазмы (членистоногие). В связи с этим неполное дробление бывает неполным поверхностным, когда дробятся только поверхностные части цитоплазмы, свободные от желтка (в центрolecитальных яйцах), и неполным дискоидальным, когда дробится лишь небольшой диск цитоплазмы в области анимального полюса (в телolecитальных яйцах). Все яйца, претерпевающие частичное дробление, как телolecитальные (с дискоидальным дроблением), так и центрolecитальные (с поверхностным дроблением), называются *меробластическими* (от греч. *meros* – часть). Подразумевается, что только из небольшой части такого яйца формируется зародыш, а остальная, большая, часть представляет собой запас питательного материала.

В процессе дробления возникает многоклеточный однослойный зародыш, который внешне напоминает шар. Такой зародыш называется *бластулой*. Слой клеток, образующий стенку бластулы, называют *бластодермой* (от греч. *derma* – кожа), а полость бластулы – *бластоцелем*, или первичной полостью тела. Когда же при дроблении возникает шаровидный зародыш без полости внутри, похожий на ягоду шелковицы, его называют морулой (от греч. *morula* – ягода шелковицы).

Гастроуляция (гастроула – уменьшительное от греч. *gaster* – желудок) – сложный процесс перемещения и дифференциации клеток, ведущий к формированию зародышевых листков: наружного (эктодермы), внутреннего (энтодермы) и среднего (мезодермы).

Зародышевыми листками называются первичные слои клеток, обычно отделенные друг от друга отчетливой щелью. Вследствие дальнейшего развития они дают начало зачаткам, из которых формируются ткани и органы. Различают четыре способа гастроуляции: впячивание, или инвагинация; обрастание, или эпиболия; вселение, или иммиграция; расслоение, или деляминация (рис. 7).

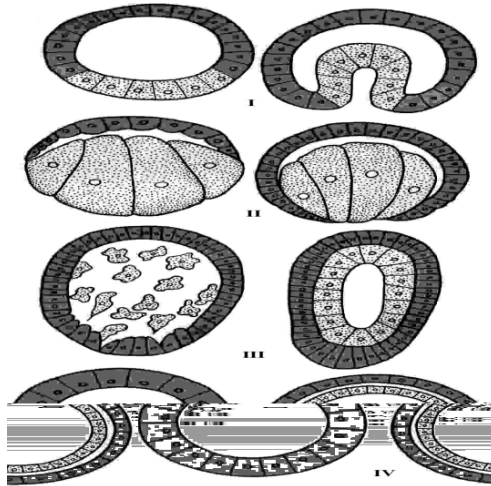


Рис. 7. Типы гастрюляции: I – инвагинация; II – эпиболия;
III – иммиграция; IV – деляминация

Инвагинация – впячивание одного полюса бластулы (вегетативно-го) в другой (анимальный). Впячивающаяся часть становится внутренним зародышевым листком. Такой способ распространен у иглокожих и ланцетника.

При инвагинационной гастрюляции в результате впячивания вегетативной части бластулы возникает новая полость – гастрощель, или полость первичной кишки. Отверстие, ведущее в эту полость, называется первичным ртом или бластопором. Бластопор, или первичный рот, через который первичная кишка сообщается с наружной средой, чаще всего зарастает, а позднее у одних животных на его месте образуется ротовое, у других – анальное, или заднепроходное, отверстие. Те животные, у зародышей которых бластопор соответствует окончательному рту, называются первичноротовыми. К ним относятся черви, моллюски и членистоногие. Те животные, у которых бластопор соответствует анальному отверстию, тогда как окончательный рот образуется вторично на противоположном конце зародыша, называются вторичноротовыми. К ним относятся типы иглокожих и хордовых.

Эпиболия – нарастание анимальной части бластулы на вегетативную. Наблюдается у земноводных и некоторых позвоночных животных.

Иммиграция состоит в том, что часть клеток, выселяясь из бластулы, уходит в бластоцель и там образует внутренний зародышевый листок – энтодерму.

Деляминация – расщепление единого листка бластодермы на два, наружный и внутренний. Такой способ обособления энтодермы наблюдается у многих беспозвоночных, некоторых членистоногих, птиц и млекопитающих. Следует отметить, что, несмотря на различные способы гастрюляции, в процессе образования многослойного зародыша нередко наблюдается наличие различных типов гастрюляции – двух и даже трех.

Осевым комплексом зачатков называется совокупность зачатков нервной системы, осевого скелета и мускулатуры, главным образом расположенных на дорсальной стороне тела у зародышей хордовых: зачаток осевого скелета (хорда) находится непосредственно под зачатком нервной системы, а парные зачатки мускулатуры (мезодерма) – латерально (по бокам) от хорды.

С момента возникновения зародышевых листков их клеточный материал специализируется в направлении образования определенных эмбриональных зачатков, а также тканей и органов. Этот заключительный этап эмбриогенеза называется *дифференцировкой*. Зачатки органов и тканей дифференцируются в анатомическом и гистологическом отношении. В последующем зачатки превращаются в органы и ткани (период органогенеза и гистогенеза). Их клетки приобретают специфическую тканевую дифференцировку, т. е. специализируются на выполнении определенных частных функций.

Наружный зародышевый листок, или эктодерма, в процессе развития дает такие эмбриональные зачатки, как эпидермис кожи с его железами и производными структурами, эпителий слизистой оболочки преддверия ротовой полости, а также зубная эмаль. Кроме того, развиваются мышечные волокна чешуек кожи, радужная оболочка и хрусталик глаза, эпителий органов чувств, нервная система. Внутренний зародышевый листок, или энтодерма, образует такие эмбриональные зачатки, как хорда, эпителий желудочно-кишечного тракта, воздушный пузырь и железистые органы – печень, поджелудочная железа, тимус, щитовидная железа и др. Средний зародышевый листок, или мезодерма, дает наибольшее количество разнообразных производных. Из него образуются мускулатура, эпителий брюшной и грудной полостей (мезотелий), выделительная система (эпителий почек), семяпроводы, яйцеводы и др. Мезенхима является зачатком соединительной ткани, крови, скелетных тканей – хрящевой, костной.

Ход работы. При изучении данной темы необходимо четко представлять особенности дробления в зависимости от ряда факторов. Используя схемы, необходимо ознакомиться с видами дробления. При изучении гастрюляции следует обратить внимание на то, что особенности гастрюляции зародышей различных классов животных связаны с особенностями их бластулы.

При анализе материала следует использовать схемы закладки осевых органов. В рабочих альбомах необходимо зарисовать виды дробления и типы гастрюляции. Изучить зародышевые листки, занести в рабочие альбомы схему дифференцировки тканей. При этом указать, какие производные элементы развиваются из экто-, энто- и мезодермы.

Контрольные вопросы

1. Из каких этапов складывается эмбриональное развитие рыб?
2. Назовите ранние этапы эмбрионального развития.
3. В чем заключается сущность дробления?
4. В чем заключается сущность гастрюляции?

Лабораторная работа 5. ЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ КАРПА

Цель занятия: изучение этапов эмбрионального развития карпа.

Материалы и оборудование: учебные плакаты, гистологические препараты, схемы, оплодотворенная икра карпа.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте иллюстрационный материал.

Карп (*Cyprinus carpio* L.) в результате акклиматизации расселен по всему земному шару. Длина до 1 м, масса до 20 кг (редко и более). Половая зрелость наступает при длине 25–50 см в 3–5-летнем возрасте. Плодовитость высокая – от 96 тыс. до 1,8 млн. икринок. Живет более 30 лет. Откладывает икру на растительность в стоячей или слабопроточной воде обычно при температуре 17 °С и выше.

Икра карпа в основном желтого цвета, но встречаются икринки с зеленоватым оттенком, бесцветные и др. Средний диаметр икры 1,5–1,8 мм с небольшим перивителлиновым пространством (относительные размеры 1,25–1,40 мм), она полиплазматическая. По количеству цитоплазмы занимает одно из первых мест среди икры рыб семейства

карповых. Диаметр желточного мешка в среднем 1,2 мм. Оболочка икры клейкая. Продолжительность развития карпа до выхода из оболочек эмбрионов зависит прежде всего от температурных условий. Для развития икры и выклева необходимо, как установлено, определенное количество тепла. Для карпа это 60–80 град-ч.

Эмбриональный период развития карпа состоит из семи этапов (рис. 8).

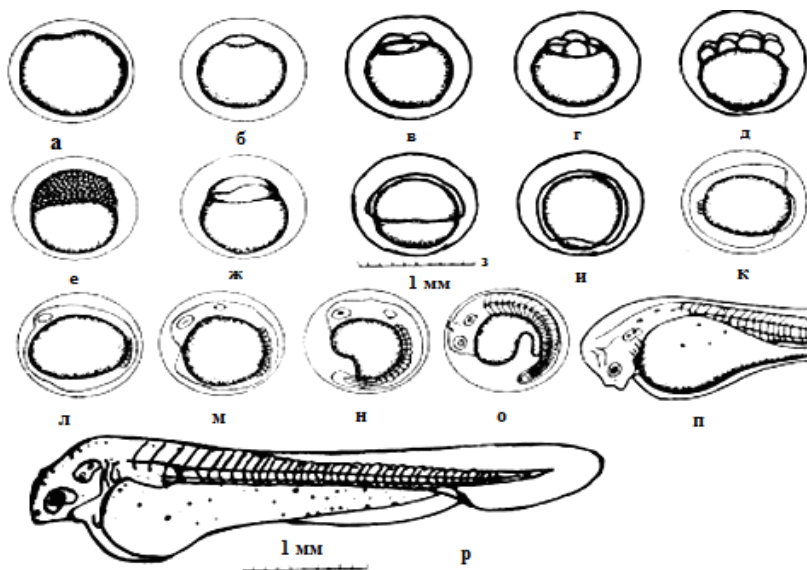


Рис. 8. Эмбриональный период развития карпа: *а* – неоплодотворенная икра; *б* – набухшая икра с образовавшимся зародышевым диском; *в* – стадия двух бластомеров; *г* – стадия четырех бластомеров; *д* – стадия восьми бластомеров; *е* – стадия крупноклеточной морулы; *ж* – стадия бластулы; *з* – бластодерма охватывает половину желтка; *и* – стадия замыкания желточной пробки и появления зародышевого валика; *к* – стадия образования первых сомитов в туловище; *л* – стадия образования глазных пузырей; *м* – стадия формирования слуховых плакод; *н* – стадия формирования хрусталика; *о* – стадия начала пигментации глаз; *п* – стадия появления в крови форменных элементов; *р* – выклюнувшийся эмбрион (предличинка)

На первом этапе происходит образование перивителлинового пространства и бластодиска. У неоплодотворенной икринки оболочка плотно прилегает к желтку. Началом первого этапа онтогенеза является образование зиготы. Этап продолжается до начала дробления. Через

несколько минут после оплодотворения в икре, находящейся в воде, происходят изменения, связанные с проникновением воды в икринку. Это приводит к отслоению оболочки от желтка, образованию перивителлинового пространства. Процесс набухания икры при температуре 19 °С длится примерно час. Диаметр икры увеличивается в среднем на одну треть. Одновременно в период набухания образуется зародышевый диск, или бластодиск.

На втором этапе происходит дробление бластодиска от двух бластомеров до бластулы, увеличивается число клеток и уменьшаются их размеры. Икринка проходит ряд стадий развития. В возрасте трех часов наступает стадия дробления, появляется первая борозда, делящая бластодиск на две клетки, так называемые бластомеры, а затем наступают стадии четырех, восьми бластомеров и т. д. Через 6 ч от начала оплодотворения наступает стадия морулы крупных клеток. Далее клетки бластодиска дробятся еще больше. Наступает стадия морулы мелких клеток. Между бластодиском и желтком возникает небольшая полость, или бластоцель, и образуется стадия бластулы.

На третьем этапе происходит обрастание желтка бластодермой, гастрюляция и формирование зародыша. Гастрюляция начинается с обрастания желтка многослойной бластодермой. Через 8–9 ч половина желтка оказывается охваченной бластодермой. Появляется зародышевый валик, который на стадии замыкания желточной пробки виден весьма отчетливо. У тела зародыша заметен расширенный головной отдел. Желточной пробка замыкается. Гастрюляция завершается полным обрастанием бластодермой всего желтка.

Во время гастрюляции происходит существенная структурная перестройка, в результате которой образуются три зародышевых листка: эктодерма, мезодерма и энтодерма. Обмен веществ во время гастрюляции имеет особенности. В этот период создаются основы органогенеза.

На четвертом этапе происходит дифференциация головного и туловищного отделов зародыша. Наблюдается утолщение головной и хвостовой частей его. Через 17–20 ч после оплодотворения икры тело зародыша охватывает около $\frac{3}{5}$ окружности желтка. Начинается сегментация тела. В туловище образуются первые два-три сомита. В возрасте 22–24 ч формируются глазные пузырьки при продолжающейся сегментации тела. Через 24–28 ч за глазными пузырьками в области продолговатого мозга появляются слуховые плакоды. Количество сомитов достигает 9–11. Глазные бокалы (зачатки глаз) приобретают щелевидные углубления.

На пятом этапе обособляется хвостовой отдел и зародыш начинает

двигаться. В результате обособления хвостового отдела и роста в длину зачатка кишечной трубки желток приобретает грушевидную форму. Через 35–45 ч в глазах отчетливо виден хрусталик. Количество сомитов продолжает увеличиваться (более 20). Тело эмбриона совершает слабые движения. В возрасте немногим более двух суток наблюдается сегментация хвостового отдела. К этому времени сегментация тела почти заканчивается. В глазах появляется черный пигмент. Различаются отделы головного мозга. В слуховых капсулах образуются отолиты.

На шестом этапе в возрасте 2,5 сут у эмбриона появляются форменные элементы в крови. Число сомитов в туловище – 24, в хвостовом отделе – 16. Глаза пигментированы. Сформировалась кожная жаберная крышка. Голова пригнута к желтку. На рыле перед глазами проявились обонятельные ямки. Снизу образовалась ротовая воронка. Позади глаз появились четыре жаберные плакоды. На уровне первого миотома располагается грудной плавничок. Эмбрион активно вращается в оболочке. Эта стадия зародыша карпа, как и других рыб, наиболее подходит для перевозки икры в условиях изотермических ящиков, где возможно некоторое охлаждение, способствующее замедлению развития.

На седьмом этапе из оболочки вылупляется эмбрион. Это последний этап эмбрионального периода развития. Через 3 сут инкубации икры при температуре 19–22 °С начинается выклев эмбрионов. Выклюнувшиеся эмбрионы (предличинки) имеют относительно слабо пигментированные глаза и тело. Пигментные клетки расположены на голове и вдоль хорды. Желточный мешок большой, грушевидной формы, сильно пигментирован. Эмбрион имеет сплошную плавниковую складку, расширенную в хвостовой части. Голова выпрямлена и отделена от хвоста, грудные плавники маленькие. Рот неподвижный, в форме ямки, в нижнем положении. Кишечник имеет прямую сдавленную трубку без просвета. Длина от рыла до конца хорды (плавниковая складка не учитывается) составляет 4–5 мм.

После выхода эмбриона из оболочки существенные изменения происходят и в обмене веществ. Если гликоген является основным источником энергии зародыша, то главным в эндогенном питании предличинки является жир. Его запасы в два раза выше (2,0–2,5 %), чем гликогена (0,7–1,2 %). Меняются и другие показатели обмена.

Эмбрионы питаются только за счет желточного мешка и малоподвижны. Как правило, они висят, прикрепившись к растениям, на которые была отложена икра. Для этой цели у вылупившихся из оболочки

эмбрионов карпа имеются специальные органы, которые представлены парными железами, расположенными ниже и впереди глаз. Эмбрионы изредка отрываются и снова прикрепляются. Подобное состояние не только спасает их от врагов, но и способствует лучшему дыханию. На свет они реагируют положительно.

Таким образом, клейкая оболочка икринок, наличие органов прикрепления эмбрионов, способность висеть, прикрепившись к растениям после вылупления, отсутствие светобоязни характеризуют карпа как фитофильную рыбу, приспособленную развиваться в стоячих или медленнотекущих водоемах с заросшим и заиленным дном.

Необходимо обратить внимание на очень важное обстоятельство, которое следует учитывать в рыбохозяйственной практике, и особенно в современном рыбоводстве при широком использовании заводского способа получения личинок карпа. Икра рыб в процессе эмбрионального развития проходит ряд критических периодов, когда наблюдается повышенная чувствительность эмбрионов к различным абиотическим факторам среды (температуре, газовому составу воды, солености, механическому воздействию и др.). Это связано с тем, что в критические периоды происходят значительные изменения в перестройке обмена веществ развивающегося зародыша. Критическими периодами в развитии икры карпа, как и большинства нерестящихся весной рыб, являются следующие стадии: начало дробления до морулы мелких клеток, гастрюляция, стадия перед выклевом и период выхода зародыша из оболочки. Именно на этих стадиях эмбриогенеза, особенно в начале дробления, вступления икры в стадию ранней гастрюлы и замыкания желточной пробки, перед вылуплением и в момент выхода эмбриона из оболочки, наблюдается повышенная гибель зародышей. После прохождения критического периода гибель эмбрионов наблюдается не сразу, а спустя некоторое время, чаще перед наступлением следующей стадии развития. В момент критических периодов необходимо особенно стремиться к созданию оптимальных условий для развития икры: поддерживать в инкубационных аппаратах постоянный и повышенный расход воды, не допускать резких (более 2 °С) температурных перепадов, оберегать икру от различных механических воздействий.

Ход работы. Рассмотрите под микроскопом икру карпа на различных стадиях развития. Определите с помощью пояснительного материала конкретный этап развития зародыша.

После рассмотрения препаратов, схем и плакатов зарисуйте в рабочие альбомы этапы эмбрионального развития карпа.

Контрольные вопросы

1. Сколько этапов включает эмбриональное развитие карпа?
2. Дайте характеристику каждому этапу.
3. Какие этапы и стадии развития карпа являются критическими?

Лабораторная работа 6. ЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ РАСТИТЕЛЬНОВАЯДНЫХ РЫБ (БЕЛЫЙ АМУР)

Цель занятия: изучение этапов эмбрионального развития белого амура.

Материалы и оборудование: учебные плакаты, гистологические препараты, схемы, оплодотворенная икра белого амура.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте иллюстрационный материал.

Белый амур (*Ctenopharyngodon idella* Val.) – пресноводная рыба, встречающаяся в реках и озерах. Длина до 120 см, масса от 30 до 50 кг. Созревает при длине 68–75 см в возрасте 6–9 лет. Плодовитость 290–816 тыс. икринок. Нерест порционный. Икра полупелагическая. В отличие от него белый толстолобик растет быстро, а половозрелым становится в 7–8 лет при длине 60–70 см. Плодовитость его высокая – 467–542 тыс. икринок. Нерестится в мутной воде, на стыке струй течений воды при температуре 20–24 °С. Икрометание у части самок порционное. Белый толстолобик достигает массы 16–20 кг, а пестрый – более 35 кг. Средний диаметр оболочки икринки, мм: белый амур – 4,38–5,22; белый толстолобик – 3,80–4,50; пестрый толстолобик – 4,82–5,63. Средний диаметр желточного мешка, мм: белый амур – 1,21–1,36; белый толстолобик – 1,10–1,20; пестрый толстолобик – 1,42–1,50. Эти рыбы применяются обычно в поликультуре с другими видами, и чаще всего с карпом.

На первом этапе происходит оводнение полости между яйцевой оболочкой и яйцеклеткой (появление первителлинового пространства) и образование плазменного бугорка – бластодиска. На данном этапе различают три стадии. Стадия первая. Диаметр неоводненной икринки после оплодотворения 1,2–1,3 мм. Яйцевая оболочка плотно прилегает к поверхности яйца, она неклеякая и представлена первичной радиальной оболочкой. Икра прозрачная, бесцветная или слегка желтоватая. Стадия вторая. Возраст 10 мин после оплодотворения.

Отделение яйцевой оболочки от желтка и концентрация плазмы на анимальном полюсе в виде прозрачной серповидной зоны. Стадия третья. Возраст 40 мин после оплодотворения. Образование очерченного бластодиска. В основном завершается оводнение перивителлинового пространства. Диаметр икринки 3,8–4,0 мм, а собственно яйца – 1,2–1,3 мм. Такое огромное перивителлиновое пространство уменьшает массу икринки и обеспечивает ее плавучесть в потоках воды; в стоячей воде икринка опускается на дно.

На втором этапе происходит дробление бластодиска до бластулы. На данном этапе различают следующие семь стадий. Стадия четвертая. Возраст 1 ч. Образование двух бластомеров. Стадия пятая. Возраст 1 ч 20 мин. Образование четырех бластомеров. Стадия шестая. Возраст 1 ч 40 мин. Образование восьми бластомеров. Стадия седьмая. Возраст 2 ч. Образование шестнадцати бластомеров. Стадия восьмая. Возраст 2 ч 30 мин. Крупноклеточная морула (ранняя). Стадия девятая. Возраст 4 ч 50 мин. Межклеточная морула (поздняя). Завершение оводнения перивителлинового пространства. Диаметр оболочки 4,32–5,32 мм. Стадия десятая. Возраст 6 ч. Бластула.

На третьем этапе (гастроуляция) происходит образование зародышевых пластов. На данном этапе различают три стадии. Стадия одиннадцатая. Возраст 7 ч 10 мин. Обрастание бластодермой поверхности желтка. Стадия двенадцатая. Возраст 10 ч. Желточная пробка. Стадия тринадцатая. Возраст 12 ч 10 мин. Замыкание желточной пробки. Зачаток тела приобретает вид утолщенного валика, расширенный головной отдел его начинается на анимальном полюсе, а хвостовая часть заканчивается на вегетативном полюсе.

На четвертом этапе (органогенез) наблюдается дифференциация зародышевых пластов на зачатки основных органов. На данном этапе различают две стадии. Стадия четырнадцатая. Возраст 15 ч. Образование глазных пузырей, закладка хорды, начало сегментации мезодермы. Закладка мозговых пузырей. Стадия пятнадцатая. Возраст 18 ч. Появление глазных бокалов и щелевидного углубления в зачатках глаз, сегментация тела на миотомы. Хорда хорошо заметна.

На пятом этапе происходит обособление хвостового отдела от желточного мешка, начинается активное движение тела. На данном этапе различают три стадии. Стадия шестнадцатая, семнадцатая и восемнадцатая. Возраст 29–32 ч. Выпрямление тела. Начало энергичных колебательных движений и вращательных поворотов. Появление на голове и в сердечной области желез вылупления.

На шестом этапе начинается вылупление зародыша из оболочки. На данном этапе различают одну стадию. Стадия девятнадцатая. Возраст 34 ч. Выклев. Длина 5,0–5,2 мм. В туловище 29–31 сегмент, в хвосте – 12–14. Тело без пигмента, окаймлено недифференцированной плавниковой складкой. В глазах черное пигментное пятнышко. Эмбрион в этой стадии малоподвижен. В природных условиях он пассивно сносится течением в толще воды.

На седьмом этапе наблюдается образование эмбриональной сосудистой системы, начало кровообращения. На данном этапе различают одну стадию. Стадия двадцатая. Возраст 51 ч. Длина 6,5 мм. Эмбриональные органы дыхания: хвостовая вена и кювьеровы протоки, расположенные на передней части желточного мешка. Движение пассивное. Питание собственным желтком.

На восьмом этапе образуется и начинает функционировать подвижный жаберно-челюстной аппарат. На данном этапе различают две стадии. Стадия двадцать первая и двадцать вторая. Возраст 76–96 ч. Длина 7,5 мм. Начало жаберного дыхания. Рот полуконечный, подвижный. Глаза полностью пигментированы. Предличинки становятся более подвижными. Питание желточное. Появление черных пигментных клеток – меланофор – на голове, над кишечником и в хвостовом отделе, а также на желточном мешке. Редукция эмбриональных органов дыхания. Закладка плавательного пузыря.

Ход работы. Рассмотрите под микроскопом икру белого амура на различных стадиях развития. Определите с помощью пояснительного материала конкретный этап развития зародыша.

После рассмотрения препаратов, схем и плакатов зарисуйте в рабочие альбомы этапы эмбрионального развития белого амура.

Контрольные вопросы

1. На чем основан принцип деления на этапы и стадии эмбрионального периода развития растительноядных рыб?
2. Каковы отличительные особенности этапов эмбрионального развития белого амура от других видов рыб?
3. Какие стадии развития белого амура являются критическими?

Лабораторная работа 7. ЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СИГОВЫХ РЫБ (ОМУЛЬ)

Цель занятия: изучение этапов эмбрионального развития омуля.

Материалы и оборудование: учебные плакаты, гистологические препараты, схемы.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте иллюстрационный материал.

Омуль (*Coregonus autumnalis* Pallas) – крупная рыба длиной до 64 см и массой 3 кг. Продолжительность нереста около 15 дней. Икру откладывает на мелководных участках среднего течения на песчано-галечных грунтах. Нерест неежегодный. Плодовитость около 20 тыс. икринок. Половозрелым становится в возрасте 5–10 лет. Применяется в поликультуре с другими рыбами.

На первом этапе происходит оводнение икринок, образование бластодиска. Возраст от момента оплодотворения 4 ч 5 мин. Перивителлиновое пространство занимает к концу набухания треть объема икринки.

На втором этапе начинается дробление бластодиска от двух бластомеров до бластулы. Возраст 8–48 ч. Начало дробления – образование 2, 4, 8, 16 бластомеров. Стадия крупноклеточной морулы. Образование 32 бластомеров. Дальнейший подсчет количества бластомеров становится затруднительным. Наступает средняя морула и поздняя, или мелкоклеточная.

На третьем этапе (бластула, возраст 8 сут) в области скопления мелких бластомеров образуется полость бластоцеля.

На четвертом этапе (гастроуляция, возраст 11 сут) вначале бластодерма начинает перемещаться по поверхности желточного мешка в сторону вегетативного полюса, в наиболее утолщенной краевой части бластодиска образуется краевой узелок. Бластоцель заметно увеличивается, верхняя сторона его становится тоньше и выпячивается, образуя перибластический синус. Нарастающая краевая часть бластодиска окружена пояском краевой мезодермы, которая темноватой полоской охватывает прозрачную сферу желточного мешка.

На пятом этапе (органогенез, возраст 15 сут) происходит начало сегментации мезодермы. Три четверти желточного мешка покрыты бластодермой. Головной отдел эмбриона расширен, видна нервная бороздка. Возраст 25–27 сут характеризуется образованием желточной

пробки. Нарастающая бластодерма постепенно покрывает уменьшающуюся свободную часть желточного мешка, именуемую желточной пробкой. В хвостовой части зародыша появляется купферов пузырек. В возрасте 35 сут происходит образование глазных пузырей. Полностью замыкается желточная пробка и зарастает бластопор. В теле эмбриона 16 миотомов. По бокам головы находятся глазные пузыри.

На шестом этапе происходит обособление хвостового отдела, а в возрасте 40 сут начинается образование хрусталика в глазах эмбриона. В головном отделе обособились передний, средний и продолговатый отделы мозга. Задняя часть хвоста начинает обособляться от желточного мешка.

На седьмом этапе появляется система кровообращения, а в возрасте 45 сут начинается пульсация сердечной трубки. Хвост значительно обособился от желточного мешка. Эмбрион медленно переваливается с боку на бок внутри оболочки. Под хордой закладывается кишечная трубка. Появляется слуховая капсула. В области 7–8-го миотомов образовались зачатки грудных плавников. В возрасте 55 сут начинается пигментация глаз. В глазах появляется черный пигмент – меланин. В теле эмбриона 60 сегментов. Пульсирующая сегментная трубка изогнута под прямым углом, передняя часть ее – зачаток желудочка, задняя – предсердия. В задней части кишечника образуется анальное отверстие. В возрасте 60–70 сут начинается кровообращение. Пигментированные глаза хорошо просматриваются через оболочку икринки. Меланофоры покрывают туловищный и хвостовой отделы эмбриона. Печень полностью обособилась от кишечной трубки. Появились зачатки жаберных крышек. Грудные плавники увеличились. В возрасте 80–85 сут наблюдается образование подкишечно-желточной системы кровообращения. Меланофоры расположены вдоль спинной части туловища, кишечной трубки и задней половины желточного мешка, омываемой кровью. На нижней стороне головы появляется немного едва заметных желез вылупления. В возрасте 90 сут исчезают перикардиальный синус и кроветворный мешочек. Меланофоры появляются в головном отделе. Голова отделяется от желточного мешка. Железы вылупления большими скоплениями располагаются на перикарде, верхней и нижней челюстях, между глазами и слуховыми капсулами. В возрасте 110 сут появляются гиоидные дуги аорты. Жаберная крышка покрывает первые две жаберные дуги. Меланофоры расположены по всей поверхности желточного мешка. В возрасте 130 сут начинается движение челюсти эмбриона, наблюдаются активные движения груд-

ных плавников. В спинной плавниковой складке появляется выемка, делящая ее на передний и задний отделы. Нижняя челюсть подвижна. Она густо покрыта железками вылупления. Эмбрионы, искусственно вылупленные из оболочки, активно плавают у поверхности. В возрасте 180 сут наблюдается появление и образование жаберных лепестков и псевдобранхий. На жаберных дугах появляются зачатки жаберных лепестков. Начинается вылупление и скат свободных эмбрионов с нерестилищ. В искусственных условиях в это время вылупляются только нормально развитые зародыши. Вылупление, как правило, происходит головой вперед, и такие эмбрионы погибают.

В возрасте 220 сут эмбрион становится свободным.

Ход работы. Рассмотрите слайды и таблицы с икрой сиговых рыб в сравнительном аспекте на различных стадиях развития. Определите с помощью пояснительного материала конкретный этап развития зародыша. После рассмотрения схем и плакатов зарисуйте в рабочие альбомы этапы эмбрионального развития омуля.

Контрольные вопросы

1. Каковы критерии деления эмбрионального развития омуля на этапы?
2. Назовите отличительные особенности эмбрионального развития омуля и карпа.
3. Чем характеризуются критические этапы эмбрионального развития сиговых рыб?

Лабораторная работа 8. ЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ (РАДУЖНАЯ ФОРЕЛЬ)

Цель занятия: изучение этапов эмбрионального развития радужной форели.

Материалы и оборудование: учебные плакаты, гистологические препараты, схемы.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте иллюстрационный материал.

Лучшая температура для питания и роста радужной форели 16–18 °С. Сеголетки вырастают до 25–30 г, в годовалом возрасте они достигают 100–125 г, в двухлетнем – 200 г и более. Плодовитость мо-

лодых двухгодовалых самок 800 икринок, а взрослых – до 3 тыс. Ручьевая форель в отличие от радужной при благоприятных условиях на 3-м году жизни вырастает до 500 г. Живет до 12 лет и достигает 10–12 кг. Плодовитость у ручьевой форели от 200 до 1500 икринок. В прудах форель не нерестится. Половые продукты получают искусственно. Икра донная, нелипкая, желтовато-оранжевого цвета. Диаметр икры от 4 до 6,5 мм.

На первом этапе (возраст – с момента оплодотворения до 3–6 ч) происходит формирование бластодиска – биполярная дифференцировка. Образуется периферический перибласт, содержащий 2–32 бластомера. Высота бластодиска 0,5 мм. В возрасте 1–1,5 сут начинается период асинхронных делений.

На втором этапе (возраст 1,5–3,25 сут) начинается период асинхронных делений. На вторые сутки диаметр бластодиска составляет 1,2 мм, а высота – 0,5 мм. Клетки бластодиска хорошо различимы. Бластодиск утолщается, края его отвесно спускаются. Поверхность имеет зернистый вид. На третьи сутки начинается уплощение бластодиска, края его покрывают перибласт.

На третьем этапе (возраст 4–6 сут) происходит начало гастрюляции. Диаметр бластодиска 2 мм, высота – 0,5 мм. В некоторых яйцах появляется подзародышевая полость (бластоцель). Образуется широкое зародышевое кольцо с расширенной частью – зародышевым щитком, которое постепенно смещается на расстояние 60° от анимального полюса. Четко виден выпуклый зародыш.

На четвертом этапе (возраст 6,5–11 сут) зародышевое кольцо достигает экватора яйца. Образуется 7 пар сомитов. Намечаются глазные пузыри. В возрасте 8 сут формируются мозговые пузыри. На уровне 1-й жаберной бороздки закладываются слуховые плакоды. Эпиболия на три четверти. Желток полностью обрастает бластодермой. Закладывается хрусталик, и формируются слуховые пузыри. Длина зародыша составляет 3,8 мм. На 10-е сутки появляется недифференцированный зачаток хвоста. Обособляется средний мозг. Видна закладка кишечника. Сформировано 40–50 пар миотомов. В зачатке хвоста менее 10 пар миотомов.

На пятом этапе (возраст 12–14 сут) прорывается 1-я жаберная щель, закладывается 3-я жаберная борозда. Сердце пульсирует, наблюдается активное движение хвоста, в зачатке которого 20–25 пар миотомов. Наружный край сосудистой оболочки глаза пигментирован. Имеются четыре жаберные щели. Появляются зачатки грудных плав-

ников. Желточный мешок васкуляризован на четверть. Сформированы две дуги аорты, хвостовая артерия и вена, подкишечная вена, приносящая желточная вена, две выносящие вены и передние кардинальные вены. Длина зародыша в возрасте 14 сут составляет 6,5 мм.

На шестом этапе (возраст 16–18 сут) закладывается печень. Полностью пигментирована сосудистая оболочка глаза. Желточный мешок васкуляризован на три четверти. Формируются задние кардинальные вены и воротная вена печени. В области будущего хвостового плавника видно скопление мезенхимы. Голова отделена от желтка. Имеются шесть дуг аорты. В кишечнике виден большой просвет. Длина зародыша 8,3 мм.

На седьмом – восьмом этапах (возраст 20–27 сут) появляются единичные меланофоры на спинной стороне головы и вдоль спинного края миотомов. На уровне хвостового плавника закладывается сосудистая сеть. Появляются зачатки брюшных плавников. Выемка на спинном краю плавниковой складки отмечает границу между ней и растущим хвостовым плавником. Меланофоров становится больше, а некоторые достигают уровня кишечника. Оперкулярная крышка частично закрывает 2-ю жаберную дугу. Длина зародыша 11,5 мм.

На девятом этапе (возраст 31–35 сут) в хвостовом плавнике появляются первые лепидотрихии. На вентральной стороне зародыша, у основания спинного плавника и в верхней части желточного мешка появляются меланофоры. Формируются зачатки первых жаберных лепестков. Оперкулярная крышка закрывает две первые жаберные дуги и часть третьей. На 34–35-е сутки начинается вылупление.

Критическими стадиями в эмбриональном развитии форели, когда нецелесообразно проводить какие-либо манипуляции с икрой в инкубационном аппарате, являются 3–6-е сутки от начала развития и 7 суток до вылупления. Качество оплодотворения определяется на 4–5-й стадиях по наличию или отсутствию разноразмерных клеток или на 18–20-й стадиях по формированию тела и хвоста зародыша.

Ход работы. Рассмотреть под микроскопом икру радужной форели на различных стадиях развития. Определить с помощью пояснительного материала конкретный этап развития зародыша. Зарисовать в рабочие альбомы этапы эмбрионального развития форели.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте этапы эмбрионального развития радужной форели.
2. Назовите критическое время в эмбриональном развитии форели.

Лабораторная работа 9. СТРОЕНИЕ ВНЕШНИХ ПОКРОВОВ РЫБ

Цель занятия: уяснение строения внешних покровов рыб.

Материалы и оборудование: плакаты, микроскоп, чешуя различных видов рыб.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте иллюстрационный материал;
- 3) рассмотрите внешнее строение рыб.

Тело подавляющего большинства рыб покрыто чешуей. Маленькая чешуя появляется на теле, когда его длина достигает 1–2 см. Количество чешуй не изменяется, но размеры их с возрастом рыбы увеличиваются (рис. 9).

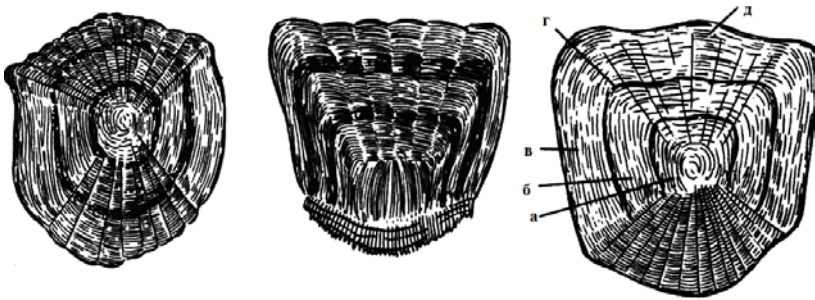


Рис. 9. Чешуя рыб: лещ (слева); окуня (по центру); карпа (справа): а, б – годовые кольца; в – зимние склериты; г – летние склериты

На теле рыбы чешуя располагается в особенном кожаном кармашке, из которого выступает лишь часть ее. Эти кармашки хорошо заметны на теле карпа, если с него снять чешую.

При рассмотрении чешуи с помощью лупы или микроскопа можно заметить линии, каждая из которых образует кольцо. Эти кольца называются *склеритами*. Их размеры увеличиваются с отдалением от центра чешуи, а очертания каждого из колец практически соответствуют очертаниям края чешуи. Кольца размещаются то реже, то гуще, т. е. между ними есть более широкие и узкие участки. За год, как правило, формируется одна зона широких склеритов (летом) и одна зона узких (осе-

нию и зимой), поэтому количество таких двойных зон соответствует возрасту рыбы, выраженному в годах.

У рыб выделяют следующие типы чешуи:

- плакоидная (самая древняя);
- ганоидная;
- циклоидная;
- ктеноидная (самая молодая).

Плакоидная чешуя рыбы характерна для современных и ископаемых хрящевых рыб – акул и скатов. Каждая такая чешуйка имеет пластинку и шип, сидящий на ней, острие которого выходит наружу через эпидермис. В этой чешуйке основой является дентин. Сам шип покрыт еще более твердой эмалью. Плакоидная чешуйка внутри имеет полость, которая заполнена мякотью – пульпой, насыщенной кровеносными сосудами и нервными окончаниями (рис. 10).

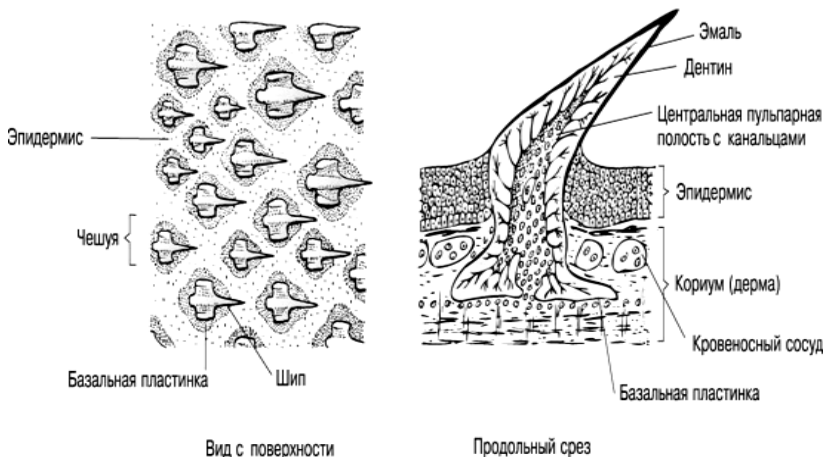


Рис. 10. Плакоидная чешуя

Ганоидная чешуя рыбы имеет вид ромбических пластин, соединенных друг с другом специальными сочленениями. Поэтому ганоидная чешуя, как правило, образует на рыбе плотный панцирь. Каждая такая чешуйка состоит из очень твердого вещества – верхняя часть из ганоина, а нижняя из кости. Такой вид чешуи имеют большое количество ископаемых рыб, а также ею образованы верхние части в хвостовом плавнике у современных осетровых рыб (рис. 11).

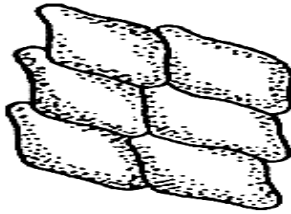


Рис. 11. Ганоидная чешуя

Циклоидная чешуя свойственна костистым рыбам (лососеобразным, сельдеобразным, карпообразным и др.), имеет форму округлой и гладкой пластинки (рис. 12). Каждая из чешуй лежит в глубоком кармане соединительнотканного слоя кожи, черепицеобразно налегая на последующую, и состоит из двух слоев бесклеточной костной ткани: гомогенного крышечного и волокнистого базального. Крышечный слой нарастает по периферии концентрическими полосками – склеритами, периодичность в образовании которых позволяет определять по годичным кольцам возраст и темп роста рыбы.

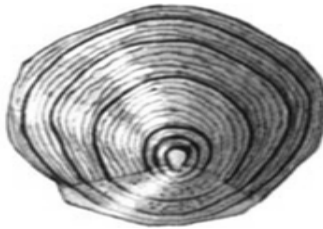


Рис. 12. Циклоидная чешуя

Ктеноидная чешуя характерна главным образом для костистых рыб (окунеобразных), но встречается и у некоторых сельдеобразных и трескообразных. Эта чешуя не имеет слоя ганоина, на тыльной стороне ее имеются шипы. Считается, что шипики ктеноидной чешуи улучшают гидродинамические свойства тела рыбы. Обычно чешуя такого типа расположена черепицеобразно и каждая чешуйка прикрыта спереди и с обеих сторон такими же чешуйками. Получается так, что задний конец чешуйки выходит наружу, но снизу он подотслан другой чешуйкой. Такой вид покрова сохраняет гибкость и подвижность рыбы (рис. 13).

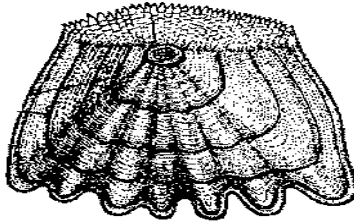


Рис. 13. Ктеноидная чешуя

Чешуйки на теле рыбы расположены рядами, и число рядов и количество чешуек в продольном ряду с изменением возраста рыбы не меняется, что является важным систематическим признаком для разных видов.

Строение кожи рыб. В кожном покрове рыб различают два слоя: наружный слой эпителиальных клеток, или эпидермис, и внутренний слой из соединительнотканнных клеток (рис. 14).

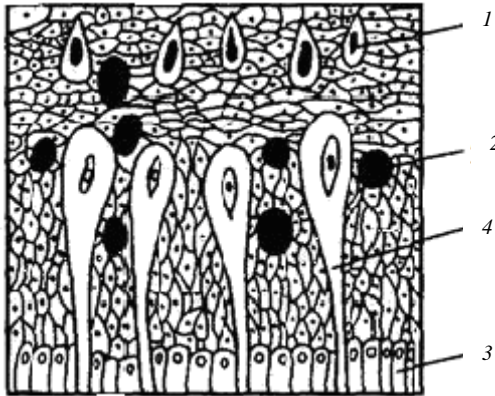


Рис. 14. Строение кожи рыб (на примере усача): 1 – бокаловидные клетки; 2 – зернистые; 3 – базальные; 4 – колбовидные

Кожа подстиается рыхлой соединительнотканной прослойкой (подкожная соединительная ткань, подкожная клетчатка). У многих рыб в подкожной клетчатке откладывается жир.

Эпидермис предназначен для защиты организма рыб от проникновения в него веществ извне. Он состоит из многослойного эпителия,

форма клеток и количество слоев которого варьируются у разных рыб. Самый наружный слой эпителиальных клеток ороговевает, но в отличие от наземных позвоночных у рыб он не отмирает, сохраняя связь с живыми клетками. В течение жизни рыбы интенсивность отмирания эпидермиса не остается неизменной, наибольшей степени она достигает у некоторых рыб перед нерестом: так, у самцов карповых и сиговых в некоторых местах тела (особенно на голове, жаберных крышках, боках и т. д.) появляется так называемый брачный наряд в виде жемчужной сыпи – массы мелких белых бугорков, придающих коже шероховатость. После нереста он исчезает.

Кожа рыб отличается от кожи других позвоночных большим количеством слизи. Слизь образуется в специализированных железистых клетках, лежащих в эпидермисе. Это клетки трех форм: бокаловидные, колбовидные и зернистые.

Присутствие всех форм клеток определяет наибольшее количество слизи, при наличии одного вида их слизи выделяется значительно меньше.

Интенсивность выделения слизи у разных рыб различна. Как правило, рыбы с хорошо развитым чешуйчатым покровом выделяют слизи меньше (лососевые, окуневые). Рыбы, лишенные чешуи или чешуя у которых редуцирована (рыбообразные круглоротые, сомовые, некоторые карповые и вьюновые), выделяют слизи очень много.

Кроме того, слизь выполняет следующие функции: она уменьшает трение тела о воду (механическая защита), предотвращает попадание в организм паразитов и бактерий (бактерицидная защита), ускоряет свертывание крови в случаях ранений, способствует выведению веществ из организма, регулирует проникновение воды и солей (осмотическая регуляция), осаждает муть и выделяет специфический видовой запах.

По некоторым данным, слизь некоторых рыб ядовита. Слизь рыбообразных миног способна вызвать у хищников нарушение пищеварения.

У некоторых рыб в железах кожи образуются феромоны – летучие (пахучие) вещества, выделяемые в окружающую среду и воздействующие на рецепторы других рыб. Они специфичны для разных видов, даже близкородственных; в некоторых случаях определена их внутривидовая дифференцировка (возрастная, половая).

У многих рыб, в том числе у карповых, образуется так называемое вещество страха (ихтиоптерин), которое выделяется в воду из тела

пораненной особи и воспринимается ее сородичами как сигнал, извещающий об опасности.

Светящиеся органы морских глубоководных рыб и ядовитые железы некоторых рыб, размещенные у основания шипов и плавниковых лучей (морской дракон), также являются железистыми образованиями эпидермиса.

В нижних слоях эпидермиса и в пограничных с ним слоях кориума залегают пигментные клетки – хроматофоры, представленные звездчатыми клетками со множеством отростков, включающими зернышки пигмента. Они определяют все разнообразие окраски рыб, особенно яркой в тропиках.

Собственно кожа обеспечивает прочность покровов. Она состоит из нескольких слоев соединительной ткани (у костистых рыб, например, из трех), пронизанных нервами и капиллярами. В этом же слое залегают специализированные клетки – склеробласты, выделяющие секрет, который, застывая, образует чешую (кожный скелет), основным назначением которой является механическая защита тела.

Ход работы. Рассмотрите под увеличением внешние покровы (кожу и чешую) у различных видов рыб. Определите видовую принадлежность чешуи и возраст рыбы.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой чешуя?
2. В чем заключаются основные различия между ктеноидной и плакоидной чешуей?
3. Что представляет собой кожа рыб и какую функцию она выполняет?
4. Для каких рыб характерна плакоидная, ганоидная, циклоидная, ктеноидная чешуя?

Лабораторная работа 10. СТРОЕНИЕ СКЕЛЕТА РЫБ

Цель занятия: изучение осевого скелета, скелета плавников и головы рыб.

Материалы и оборудование: плакаты, скелеты головы и туловища рыб.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;

- 2) зарисуйте иллюстрационный материал;
- 3) рассмотрите на примере имеющейся рыбы строение скелета.

Скелет у большей части рыб двоякий: наружный – защитный (чешуя) и внутренний – опорный.

Внутренний скелет состоит из осевого скелета, скелета головы (черепной коробки, предохраняющей головной мозг и связанной с жаберным и челюстным аппаратом), скелета грудного (плечевого) и тазового поясов и плавников – парных и непарных (рис. 15).

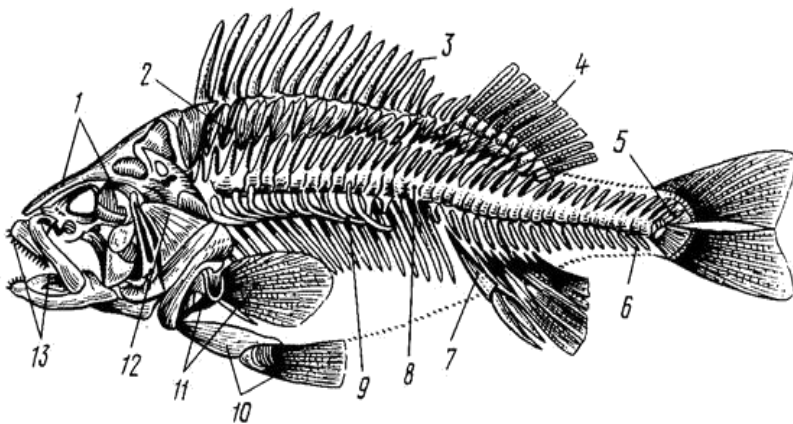


Рис. 15. Скелет костистой рыбы (окуня): 1 – кости черепа; 2 – основные элементы спинного плавника; 3, 4 – лучи спинного плавника; 5 – последние позвонки, удерживающие хвостовой плавник; 6 – хвостовые позвонки; 7 – основные элементы анального плавника; 8 – туловищные позвонки; 9 – ребра с придатками; 10 – кости и лучи брюшного плавника; 11 – кости и лучи грудного плавника; 12 – жаберная крышка; 13 – верхняя и нижняя челюсти

Черепная коробка соединена с позвоночником неподвижно. Шеи у рыб нет. Это вызвано спецификой образа жизни и среды обитания – необходимостью разрезать головой воду.

Осевой скелет может быть представлен *хордой* или *позвоночником*. У представителей круглоротых, осетровых и двоякодышащих хорда сохраняется в течение всей жизни. У всех остальных рыб хорда имеется на ранних этапах развития, а у взрослых заменяется позвоночником, состоящим из позвонков.

Костистые рыбы имеют *окостеневший позвоночник*. В нем выделяют *туловищный* и *хвостовой* отделы. Туловищный отдел расчленен

на типичные позвонки, в которых различают тело, верхнюю дугу с верхними (невральными) остистыми отростками, защищающими спинной мозг, и большие нижние дуги с нижними отростками. В туловищном отделе к позвоночнику (к поперечным отросткам или к телу позвонка) прикрепляются *ребра* (рис. 16).

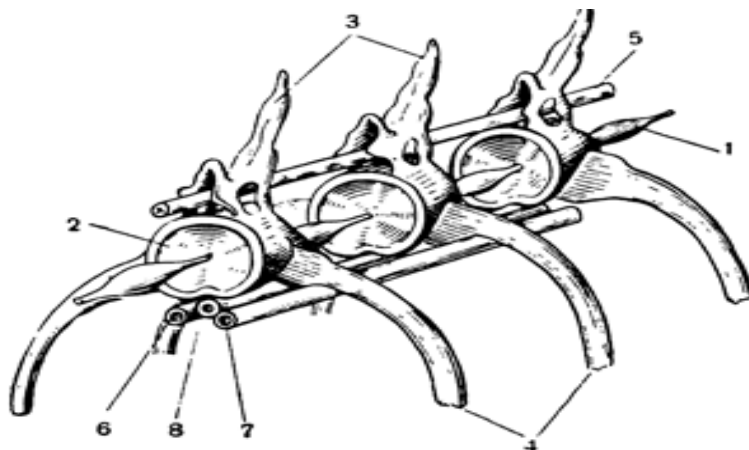


Рис. 16. Позвоночник костистой рыбы: 1 – хорда; 2 – тело позвонка; 3 – верхние остистые отростки; 4 – ребра; 5 – спинной мозг; 6 – правая вена; 7 – левая вена; 8 – аорта

Количество позвонков определяется рядом внутренних и внешних факторов и служит систематическим признаком рыбы. Например, у сельди их 57, у речного угря – 114, у сома – 72, у луны-рыбы – 17, у судака – 44.

Кроме ребер опорную функцию у костистых рыб выполняют тонкие мускульные – межмышечные, или туловищные, косточки, пронизывающие мышцы (их также называют интермускулярами). Эти косточки образованы окостеневшими сухожилиями. Больше всего их у карповых рыб.

Скелет непарных плавников. Спинной и анальный плавники состоят из костных лучей: внутренних, скрытых в мускулатуре, – птеригофор (*pterygiophora*) и наружных плавниковых лучей – лепидотрихий (*lepidotrichia*) (рис. 17). У всех костистых рыб наблюдается соответствие числа птеригофор числу плавниковых лучей. Число лучей в плавниках и их характер являются систематическим признаком.

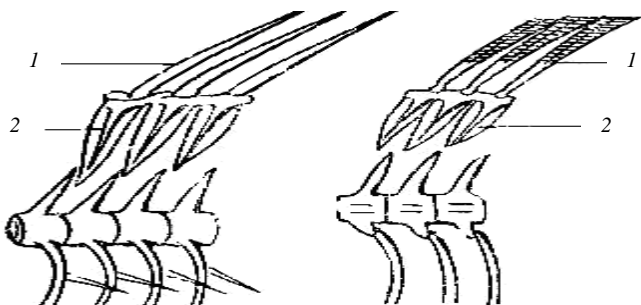


Рис. 17. Скелет непарного спинного плавника костистой рыбы с прилегающим отделом позвоночника: 1 – лучи плавника лепидотрихии (слева твердые, справа мягкие); 2 – птеригофоры

В задней части позвоночника позвонки видоизменяются: верхние и нижние дуги превращаются в расширенные пластинки, поддерживающие наружные лучи хвостового плавника (рис. 18).

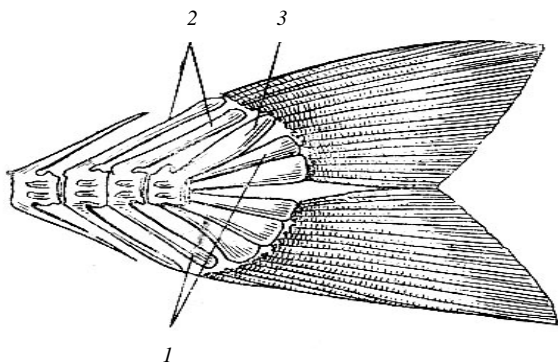


Рис. 18. Скелет хвостового плавника костистой рыбы:
1 – гипуралии; 2 – уронеуралии; 3 – уростиль

Измененные нижние дуги называют гипуралиями (*hypuralia*), верхние – уронеуралиями (*uroneuralia*). Тела последних позвонков слиты в палочковидную косточку – уростиль (*urostyl*), направленную в верхнюю лопасть хвостового плавника.

Парные плавники (рис. 19) – грудные и брюшные – имеют собственный скелет, который представлен костями свободного плавника и костями соответствующего пояса (плечевого или тазового).

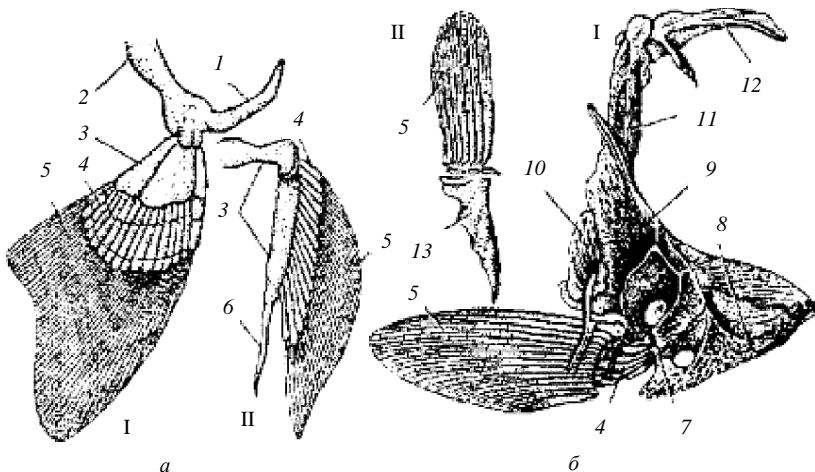


Рис. 19. Кости парных плавников и их поясов: *а* – хрящевая рыба; *б* – костистая рыба; I – грудной плавник с плечевым поясом; II – брюшной плавник с тазовым поясом; 1 – лопаточный отдел; 2 – коракоидный отдел; 3 – базалии; 4 – радиалии; 5 – лучи плавников; 6 – птеригоподии; 7 – лопатка; 8 – коракоид; 9 – клейтрум; 10 – задний клейтрум; 11 – надклейтрум; 12 – задневисочная кость; 13 – тазовая кость

Плечевой пояс костистых рыб состоит из лопатки, коракоида, трех костей клейтрума и задневисочной кости. Задневисочная кость является элементом черепа и поэтому придает плечевому поясу прочность и относительную неподвижность, которая усиливается неподвижным соединением клейтрумов правой и левой половины тела.

Тазовый пояс (пояс брюшных плавников) с осевым скелетом жестко не связан. Он состоит из двух (правой и левой) треугольных костей, к которым крепятся плавники. Костная основа грудных и брюшных плавников неодинакова.

Череп рыб, так же как и осевой скелет, постепенно усложняется в процессе эволюции. У круглоротых нет черепной коробки; у них имеются отдельные, связанные соединительной тканью хрящевые мозговые капсулы (обонятельная, слуховая, глазная).

Высшие костистые рыбы в эмбриональном периоде проходят все эти этапы: сначала у них закладывается и развивается хрящевой череп, позднее происходит окостенение его, причем наряду с замещающими костями возникают и покровные (рис. 20).

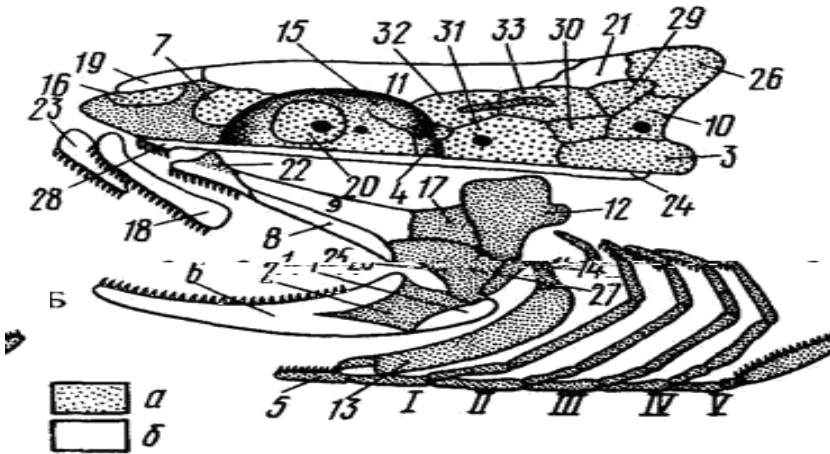


Рис. 20. Расположение костей в черепе костистой рыбы (окуня): *а* – основные кости и хрящ; *б* – покровные кости; 1 – угловая; 2 – сочленовная; 3 – основная затылочная; 4 – основная клиновидная; 5 – копула; 6 – зубная; 7 – боковая обонятельная; 8 – наружная крыловидная; 9 – внутренняя крыловидная; 10 – боковая затылочная; 11 – лобная; 12 – подвесок; 13 – гиоид; 14 – окостеневшая связка; 15 – боковая клиновидная; 16 – средняя обонятельная; 17 – задняя крыловидная; 18 – верхнечелюстная; 19 – носовая; 20 – глазоклиновидная; 21 – теменная; 22 – небная; 23 – предчелюстная; 24 – парасфеноид; 25 – квадратная; 26 – верхняя затылочная; 27 – дополнительная; 28 – сошник; 29–33 – ушные кости; I–V – жаберные дуги

В черепе костистых рыб выделяют два отдела: мозговой (осевой) и висцеральный. Многочисленные кости осевого отдела соединены неподвижно. Этим достигается надежная защита мозга. Висцеральный отдел черепа образуется челюстным и жаберным аппаратом. Он состоит из челюстной, подъязычной и пяти жаберных дуг, прикрытых жаберной крышкой.

Хрящевые рыбы (акулы, скаты) имеют хрящевой череп, образованный сросшимися мозговыми капсулами, челюсти, вооруженные зубами. Челюстной аппарат соединяется с черепом.

Контрольные вопросы

1. Чем представлен скелет рыб?
2. Каково строение осевого скелета рыб?
3. Из каких костей состоит скелет парных и непарных плавников?
4. Назовите основные кости черепа костистой рыбы.

Лабораторная работа 11. МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РЫБ

Цель занятия: изучение особенностей строения органов дыхания рыб.

Материалы и оборудование: плакаты, живая рыба.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте иллюстрационный материал;
- 3) препарируйте живую рыбу и изучите ее органы дыхания.

Основными органами дыхания взрослых рыб являются жабры (эктодермального происхождения). Главная функция жабр – это газообмен (поглощение кислорода и выделение углекислого газа), они участвуют также в водно-солевом обмене, выделяют аммиак и мочевину.

У костистых рыб имеется четыре жаберные дуги и столько же полных жабр (задняя пятая жаберная дуга жабр не несет). Каждая жабра состоит из двух полужабр, но в связи с наличием развитой жаберной крышки межжаберная перегородка полностью редуцируется и жаберные лепестки прикрепляются непосредственно к жаберной дуге, что увеличивает дыхательную поверхность жабр. Основу жаберы составляет костная жаберная дуга, на которой располагаются жаберные лепестки треугольной формы (рис. 21).

У большинства хрящевых рыб имеется пять пар жаберных отверстий (у некоторых 6–7) и столько же жаберных дуг. Жаберной крышки нет, исключение составляют цельноголовые (химеры), у которых жаберные щели прикрыты кожной складкой. У акул жаберные отверстия располагаются по бокам головы, у скатов – на нижней поверхности тела. Каждая жабра хрящевых рыб, как и костных, состоит: 1) из жаберной дуги; 2) жаберных лепестков; 3) жаберных тычинок.



Рис. 21. Жабры рыб

У хрящевых рыб к органам дыхания могут быть отнесены брызгальца, представляющие собой рудиментарную жаберную щель. Они располагаются позади глаз и сообщаются с ротоглоточной полостью (рис. 22). На передней стенке брызгалец имеются клапаны, а на задней – ложная жабра, снабжающая кровью органы зрения. Брызгальца имеются у хрящевых и осетровых. У хрящевых рыб, в отличие от костных, жабры не выделяют продукты азотистого обмена и соли.



Рис. 22. Расположение жаберных щелей и брызгальца у хрящевой рыбы

Схема дыхания костных рыб следующая: при жаберном дыхании вода через рот поступает в глотку, проходит между жаберными лепестками, отдает кислород в кровь, получает углекислоту и выходит из жаберной полости наружу (рис. 23).

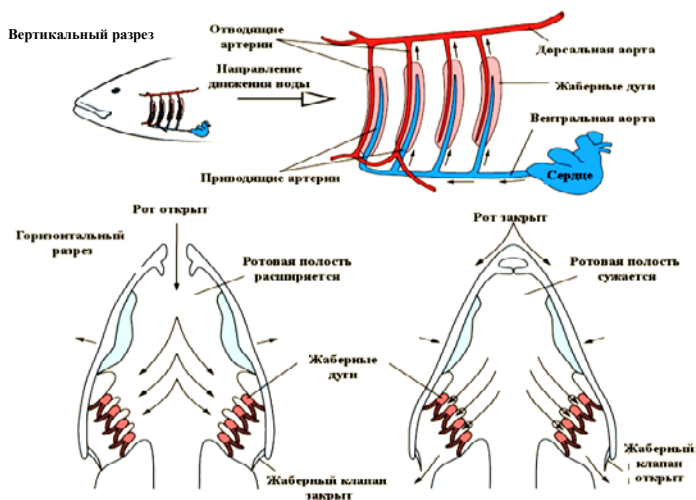


Рис. 23. Схема прохождения воды через ротовую полость рыб

Жаберное дыхание может быть двух видов: 1) активное – вода через ротовое отверстие засасывается в глотку и омывает жаберные лепестки за счет движения жаберных крышек (у всех рыб); 2) пассивное – рыбы плавают с приоткрытыми ртом и жаберными крышками, а ток воды создается за счет движения самой рыбы (у рыб, обитающих в воде с высоким содержанием кислорода).

Дополнительные органы дыхания. В процессе эволюции у костных рыб, живущих в водоемах, в которых существует дефицит кислорода, а также при недостаточной развитости основных органов дыхания (жабр) развились дополнительные органы дыхания. У эмбрионов рыб дыхание осуществляется за счет развитой сети кровеносных сосудов на желточном мешке и в плавниковой складке. У личинок некоторых рыб развиваются наружные жабры – выросты кожи, снабженные кровеносными сосудами (двоякодышащие, многопер, вьюн и др.) (рис. 24).

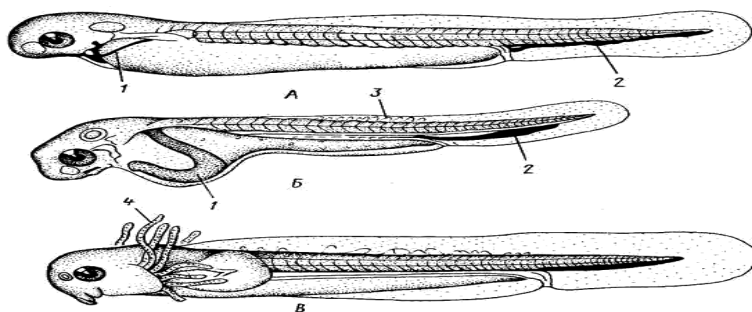


Рис. 24. Эмбриональные органы дыхания рыб: А – пелагическая рыба; Б – карп; В – вьюн; 1 – кювьеровы протоки; 2 – нижняя хвостовая вена; 3 – сеть капилляров; 4 – наружные жабры

К дополнительным органам дыхания также относятся: *кожное* дыхание, которое свойственно почти всем рыбам; *воздушное* дыхание, осуществляемое при помощи наджаберных органов, пронизанных густой сетью кровеносных капилляров (змееголов); *кишечное* дыхание, которое происходит благодаря тому, что внутренняя поверхность части кишечника лишена пищеварительных желез и пронизана густой сетью кровеносных капилляров, где происходит газообмен (вьюн, тропические сомы); *плавательный пузырь* рыб, который также участвует в газообмене (многопер, амия, панцирная щука) (рис. 25).

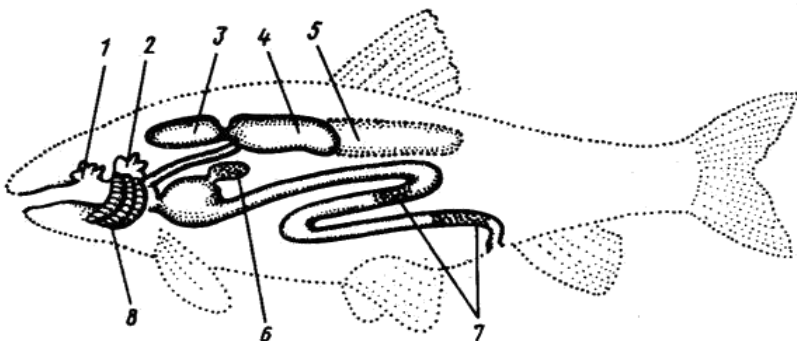


Рис. 25. Дополнительные органы дыхания рыб: 1 – выпячивание в ротовой полости; 2 – наджаберный орган; 3–5 – отделы плавательного пузыря; 6 – выпячивание в желудке; 7 – участок поглощения кислорода в кишечнике; 8 – жабры

Контрольные вопросы

1. Что является основным органом дыхания рыб?
2. Назовите структурные элементы жабр.
3. Какие дополнительные органы дыхания рыб вы знаете и почему они развились?
4. Перечислите виды рыб, для которых свойственно дыхание дополнительными органами.

Лабораторная работа 12. ТОПОГРАФИЯ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ РЫБ

Цель занятия: изучение особенностей строения внутренних органов костной и хрящевой рыбы.

Материалы и оборудование: плакаты, живая рыба, ножницы, препаровальные иглы, пинцет.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте иллюстрационный материал;
- 3) вскройте живую рыбу и изучите ее внутреннее строение.

Методика проведения вскрытия рыб. Начиная вскрытие, необходимо взять рыбу (лучше всего небольшого окуня) в левую руку и острием ножниц проколоть ей брюшную стенку около анального отверстия, затем разрезать по средней линии брюха до костей нижней

челюсти, перестригая по пути косточки плечевого пояса (при разрезании необходимо сильнее оттягивать стенку, чтобы не задеть лежащие под ней внутренности). Полная картина внутренних органов костистой и хрящевой рыб представлена на рис. 26, 27.

Кишечник. Необходимо снять вырезанную стенку, и тогда откроется полость тела, в которой плотно уложены внутренние органы рыбы. Сначала находим пищеварительный канал, или кишечник. В пищеварительной системе пища попадает сначала в глотку, отсюда вода выгоняется через жаберные щели, а пища через короткий пищевод попадает в объемистый *желудок* (его можно найти на вскрытой рыбе в виде серовато-белого мешка в передней части полости тела). Как правило, спереди желудок прикрыт желтоватой или красноватой печенью. Это орган, тесно связанный с кишечником: в печени вырабатывается желчь, сначала собирающаяся в желчном пузыре, а затем поступающая через тоненький проток в переднюю часть кишки, где она способствует перевариванию пищи.

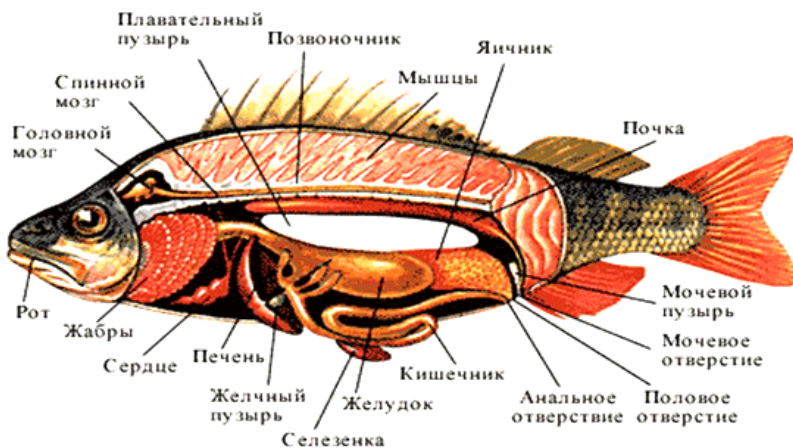


Рис. 26. Строение костистой рыбы (на примере окуня)

У рыб из семейства карповых (каarp, карась, плотва) в глотке обнаруживаются своеобразные *глочные* зубы (во рту настоящих зубов нет). Сидят они на последней жаберной дуге, и ими рыба измельчает пищу, перетирая ее о поверхность «жерновка», расположенного тут же, на нижней стороне черепной коробки.

Далее необходимо снять печень и осторожно распутать кишечник, не оборвав его (здесь могут быть заметны белые прослойки жира, которые тянутся вдоль кишки и между ее петлями). За желудком идет передняя кишка, от которой у многих видов, словно пальцы на перчатках, отходят несколько отростков, или кишечных придатков, куда также набивается пища. За передней кишкой начинается средняя кишка. Она образует в теле петлю, а затем вытягивается вдоль тела и переходит в заднюю кишку, которая заканчивается анальным отверстием. В изгибе средней кишки мы найдем продолговатую красную селезенку; этот орган уже не имеет прямого отношения к кишке и пищеварению: селезенка связана с кровеносными сосудами, и в ней происходят переработка и образование кровяных телец.

Блестящий, наполненный воздухом *плавательный пузырь*, который лежит в полости тела ближе к спине и прежде всего бросается в глаза, хотя и не имеет отношения к перевариванию пищи, однако оказывается выростом кишечного канала. У некоторых рыб он остается связанным с пищеводом посредством узкой воздушной трубочки в течение всей жизни (например, у щуки, карпа, карася, плотвы); у других эта трубка есть только у зародыша, а затем она зарастает и пузырь отделяется от кишечника (окунь, ерш, судак). Форма пузыря различна у разных рыб. Плавательный пузырь уравнивает массу тела с массой окружающей воды и позволяет рыбе без усилий держаться на любой глубине (если у мертвой рыбы разрезать брюхо и проткнуть пузырь или если рыбу выпотрошить, как это делают на кухне, тело ее окажется тяжелее воды и опустится на дно).

Газ, которым наполнен пузырь, не попадает туда из атмосферного воздуха, а выделяется из состава крови через стенки мелких капиллярных сосудов, ветвящихся в стенках пузыря. При постепенном накоплении газа в пузыре средняя плотность тела рыбы становится равной массе воды и рыба держится на определенной глубине, не поднимаясь вверх и не опускаясь вниз, не затрачивая для этого каких-либо мышечных усилий. Когда выделение газов из крови в пузырь увеличивается, пузырь расширяется, увеличивая и общий объем тела рыбы, средняя плотность его уменьшается – и рыба всплывает вверх. Если же, наоборот, часть газов снова поглощается кровью, объем плавательного пузыря и всего тела становится меньше и средняя плотность возрастает – рыба опускается глубже.

Но плавательный пузырь служит для рыбы не только гидростатическим аппаратом, он выполняет и другую, еще более важную функцию, связанную уже с работой кровеносной системы. Когда рыба поднимает

ется из нижних слоев в верхние, где ее тело испытывает меньшее давление, меняется и насыщенность крови газами. В этих условиях кровь оказывается пересыщенной газами, и если бы эти газы выделялись в виде свободных пузырьков, то это привело бы к закупорке сосудов и гибели рыбы. Плавательный пузырь и является органом, регулирующим содержание газов в крови. На его внутренней поверхности у многих рыб находится так называемое красное тело – сильно разветвленная сеть капилляров, через которые и происходит выделение из крови избытка газов или, наоборот, поглощение газов кровью, если их в ней недостаточно.

Есть рыбы, не имеющие плавательного пузыря. Среди костистых рыб это будут как раз такие виды, которые обыкновенно держатся на дне (например, бычок-подкаменщик, камбала).

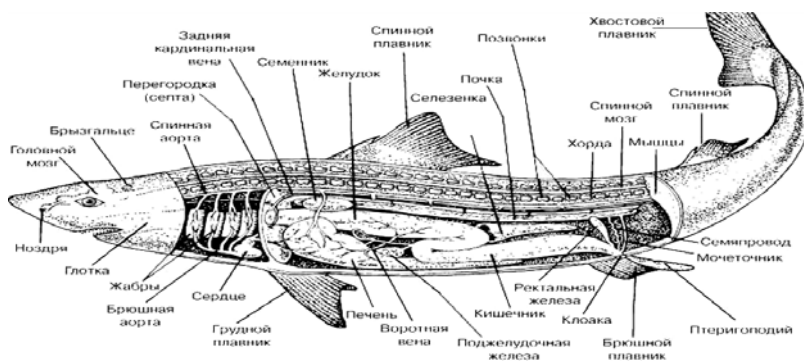


Рис. 27. Строение хрящевой рыбы (на примере акулы)

Органы размножения. Заднюю часть полости тела рыбы занимают органы размножения. Если взять рыбу незадолго до того времени, когда происходит ее нерест, то можно найти эти органы сильно увеличенными. У самки окуня увидим при вскрытии крупный желтоватый *яичник* (ястык), лежащий на правой стороне. У большинства других видов рыб самки имеют пару яичников в виде двух мешков, лежащих вдоль тела над кишечником. Ко времени нереста в яичниках образуется огромное количество мелких яиц, называемых у рыб икрой.

Молюки самцов бывают беловатого цвета и не так сильно набухают во время нереста, как яичники, так как образующиеся в них сперматозоиды гораздо мельче икринок и различимы только под микроскопом. Но до тех пор пока половые продукты у рыб еще не начали созревать,

яичники и семенники бывают очень похожи по общему виду, и тогда бывает не так легко определить, самец перед вами или самка.

Кровеносная и выделительная системы. В передней части тела, где голова соединяется с туловищем, находим *сердце*, которое у рыбы состоит из двух отделов – предсердия и желудочка. Темно-красное предсердие расположено несколько выше желудочка и охватывает его сверху; желудочек лежит ниже и отличается более бледной, красноватой окраской. Сердце представляет собой мешок с толстыми мускульными стенками, работа его состоит в том, что путем постоянных ритмически повторяющихся сокращений стенок оно неустанно проталкивает поступающую в него кровь и заставляет ее двигаться по кровеносным сосудам.

Если удалить плавательный пузырь и органы размножения, то под самым позвоночником можно заметить две длинные красно-бурые ленты – это *почки*, которые служат у позвоночных органами выделения. В процессе обмена веществ в теле животного кроме углекислого газа образуются и другие «отбросы» (мочевина и некоторые кислоты), которые также должны быть удалены из тела. Кровь приносит их к почкам, где эти вещества выделяются из нее в виде мочи. От почек идут выводные протоки – мочеточники; затем они соединяются в один общий проток, и на нем образуется небольшое расширение – мочевого пузыря.

Центральная нервная система. Чтобы обнаружить и рассмотреть *головной мозг*, голову рыбы крепко зажимают в левой руке и скальпелем соскабливают ее черепные кости, строгая их от затылка к глазам. Когда откроется полость, в которой помещается мозг, нужно сначала осторожно, по кусочкам, удалить рыхлую жировую массу, которая совершенно закрывает мозг. На дне черепной полости обнаруживается мозг, очень небольшой по сравнению с величиной тела рыб. Над позвоночником тянется центральный орган нервной системы – спинной мозг, защищенный дугами позвонков и костями черепа.

Ход работы. С помощью описанной в работе методики препарируйте рыбу (форель и карпа). Подробно изучите топографию каждой рыбы и зарисуйте ее в рабочую тетрадь.

Контрольные вопросы

1. Опишите методику вскрытия рыб.
2. Назовите основные внутренние органы рыб и их функции в организме.

Лабораторная работа 13. МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМЫ РЫБ

Цель занятия: изучение особенностей кровеносной системы рыб.

Материалы и оборудование: плакаты, гистологические препараты, живая рыба.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте иллюстрационный материал;
- 3) изучите расположение органов кровеносной системы рыб.

Главным отличием кровеносной системы рыб от других позвоночных является наличие одного круга кровообращения и двухкамерного сердца, наполненного венозной кровью.

Кровообращение у рыб происходит по системе замкнутых полых органов. Эта система включает сердце, ряд артериальных кровеносных сосудов, а также ряд венозных сосудов (рис. 28).

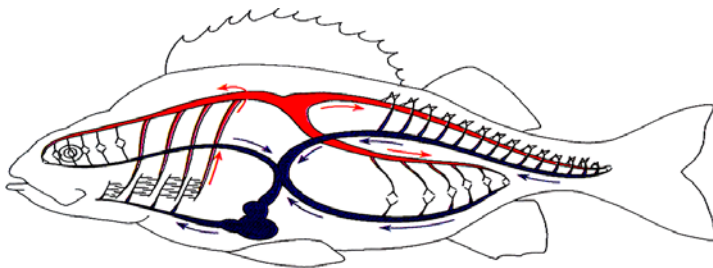


Рис. 28. Схема движения крови у рыб

Строение сердца рыб. Сердце (*cor*) костистых рыб двухкамерное, но состоит из четырех отделов: венозного синуса, предсердия, желудочка и луковицы (бульбус) аорты. Через сердце проходит чисто венозная кровь. Сокращением мышц желудочка кровь проталкивается в брюшную аорту.

Сердце лежит в вентральной части жаберной области позади края нижней челюсти (у челюстной и подъязычной дуг).

На границе предсердия и венозного синуса расположены относительно плотные полулунные (синоатриальные) клапаны. Действие этих клапанов препятствует обратному току крови из предсердия в венозный синус при сокращении предсердия.

В месте соединения предсердия и желудочка имеется два атриовентрикулярных клапана. Они имеют вид карманов, открытая сторона которых направлена в сторону желудочка (рис. 29).



Рис. 29. Сокращение сердца рыб

На границе желудочка и брюшной аорты расположены два полулунных клапана. Они полулунной формы и наружными краями прикреплены к правой и левой стенкам полости желудочка и частично к стенке аорты.

Кровеносные сосуды представлены в виде трубочек, переносящих кровь. Они бывают трех типов: вены, артерии и капилляры.

Кровь выходит из сердца и по артериям (обогащаясь кислородом в жабрах) разносится по всему организму рыб, а затем по венам возвращается обратно. Капилляры же, омывая ткани, соединяют вены и артерии. Строение стенок сосудов кровеносной системы представлено на рис. 30.

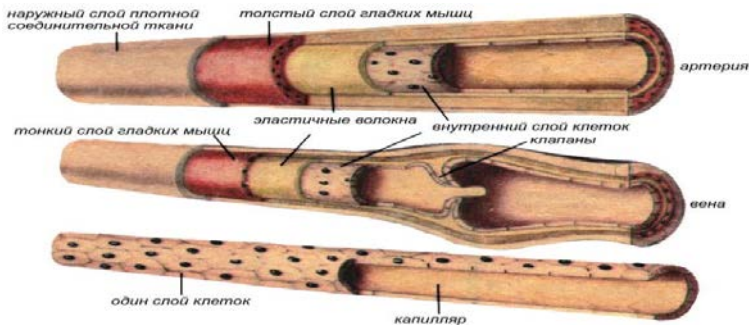


Рис. 30. Строение стенок сосудов кровеносной системы

Кровеносные сосуды густой сетью охватывают весь организм рыб, доставляя кислород (необходимый для химических реакций окисления) и убирая излишки углекислого газа. Расположение основных сосудов кровеносной системы рыб представлено на рис. 31.

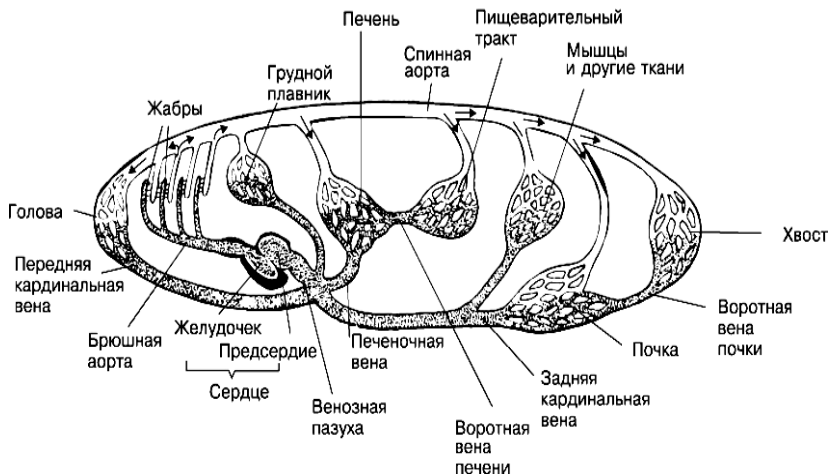


Рис. 31. Расположение основных сосудов кровеносной системы рыб

Контрольные вопросы

1. Сколько кругов кровообращения у рыб?
2. Где у рыб происходит превращение венозной крови в артериальную?
3. Сколько отделов имеется в сердце рыб?
4. Какие виды клапанов находятся в сердце у рыб?
5. Каковы отличия в строении сосудов кровеносной системы рыб?

Лабораторная работа 14. МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ РЫБ

Цель занятия: изучение особенностей нервной системы рыб.

Материалы и оборудование: плакаты, гистологические препараты, живая рыба.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте иллюстрационный материал;
- 3) изучите расположение нервной системы рыб.

Нервная система рыб представлена центральной нервной системой и связанной с ней периферической и вегетативной нервной системой.

Центральная нервная система состоит из головного и спинного мозга (рис. 32).

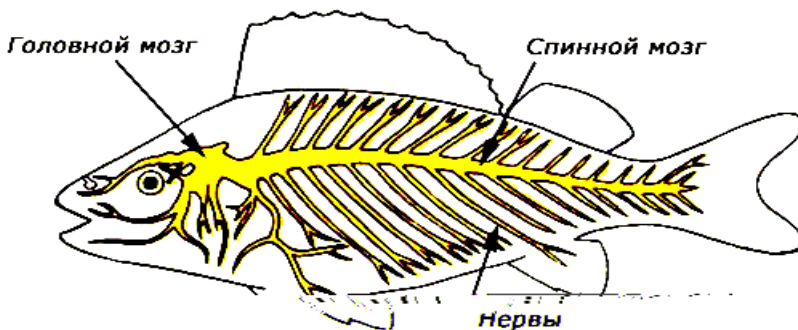


Рис. 32. Нервная система рыб

К периферической нервной системе относятся нервы (рис. 33), отходящие от головного и спинного мозга к органам. Вегетативная нервная система в основе своей имеет многочисленные ганглии и нервы, иннервирующие мышцы внутренних органов и кровеносных сосудов сердца.

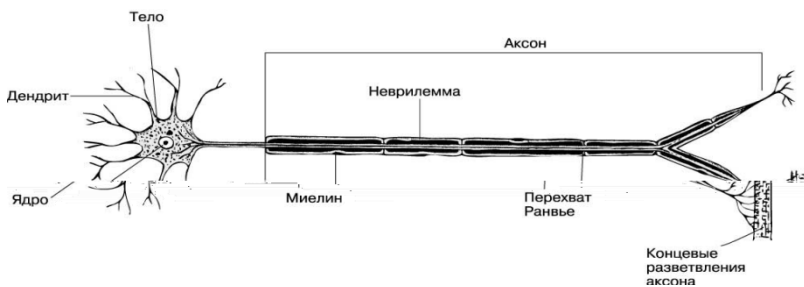


Рис. 33. Нервная клетка (нейрон)

Центральная нервная система имеет вид нервной трубки, тянущейся вдоль туловища; часть ее, лежащая над позвоночником и защищенная верхними дугами позвонков, образует спинной мозг, а расширен-

ная передняя часть, окруженная хрящевым или костным черепом, составляет головной мозг.

Трубка имеет внутри полость (невроцель), представленную в головном мозгу желудочками мозга. В толще мозга различают серое вещество, слагающееся из тел нервных клеток и коротких отростков (дендритов), и белое вещество, образованное длинными отростками нервных клеток – нейритами, или аксонами.

В строении головного мозга сохраняются примитивные черты: отделы мозга располагаются линейно. Выделяют передний мозг, промежуточный, средний, мозжечок и продолговатый, переходящий в спинной мозг (рис. 34).

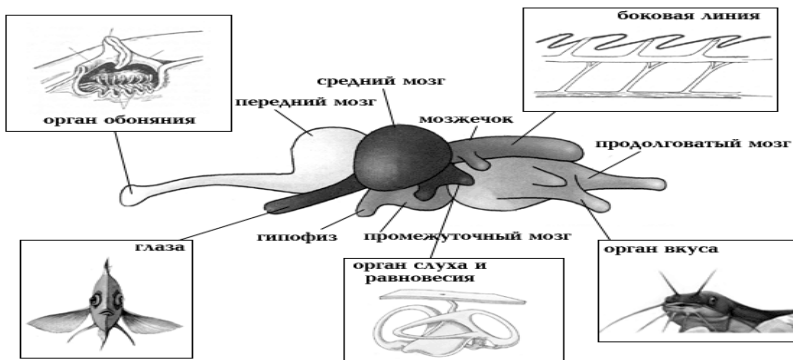


Рис. 34. Головной мозг рыб

От головного мозга отходит 10 пар черепно-мозговых нервов:

I – обонятельный нерв (*nervus olfactorius*) – от чувствующего эпителия обонятельной капсулы доводит раздражения до обонятельных лукович переднего мозга;

II – зрительный нерв (*nervus opticus*) – тянется от зрительных бугров промежуточного мозга до сетчатки глаза;

III – глазодвигательный нерв (*nervus oculomotorius*) – иннервирует мышцы глаза, отходя от среднего мозга;

IV – блоковый нерв (*nervus trochlearis*) – глазодвигательный, тянется от среднего мозга к одной из мышц глаза;

V – тройничный нерв (*nervus trigeminus*) – отходит от боковой поверхности продолговатого мозга и дает три основные ветви: глазничную, верхнечелюстную и нижнечелюстную;

VI – отводящий нерв (*nervus abducens*) – тянется от дна мозга к прямой мышце глаза;

VII – лицевой нерв (*nervus facialis*) – отходит от продолговатого мозга и дает многочисленные разветвления к мускулатуре подъязычной дуги, слизистой ротовой полости, коже головы (в том числе боковой линии головы);

VIII – слуховой нерв (*nervus acusticus*) – связывает продолговатый мозг и слуховой аппарат;

IX – языкоглоточный нерв (*nervus glossopharyngeus*) – идет от продолговатого мозга к глотке, иннервирует слизистую глотки и мускулатуру первой жаберной дуги;

X – блуждающий нерв (*nervus vagus*) – наиболее длинный, связывает продолговатый мозг с жаберным аппаратом, кишечным трактом, сердцем, плавательным пузырем, боковой линией.

Степень развития разных отделов головного мозга различна у разных групп рыб и связана с образом жизни (рис. 35).

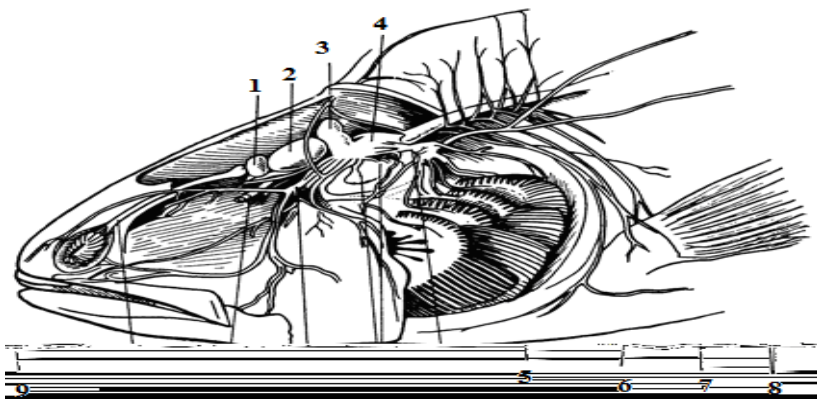


Рис. 35. Мозг и головные нервы в черепной коробке окуня: 1 – передний мозг; 2 – средний мозг; 3 – мозжечок; 4 – продолговатый мозг; 5 – обонятельный нерв; 6 – зрительный нерв; 7 – тройничный нерв; 8 – слуховой нерв; 9 – блуждающий нерв

Контрольные вопросы

1. Опишите нервную систему рыб.
2. Где у рыб находится головной мозг и чем он представлен?
3. Сколько отделов в головном мозгу рыб?
4. Какие центры расположены в каждом из отделов головного мозга рыб?

Лабораторная работа 15. МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОЧЕПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ РЫБ

Цель занятия: изучение особенностей мочеполовой системы рыб.

Материалы и оборудование: плакаты, гистологические препараты, живая рыба.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте иллюстрационный материал;
- 3) изучите принципиальное строение мочеполовой системы рыб.

В отличие от высших позвоночных, имеющих компактную тазовую почку (*метанефрос*), рыбы обладают более примитивной туловищной почкой (*мезонефрос*), а их зародыши – предпочкой (*пронефрос*). У некоторых видов (бычок, бельдюга, кефаль) предпочка в том или ином виде выполняет выделительную функцию и у взрослых особей; у большинства же взрослых рыб функционирующей почкой становится мезонефрос.

Почки – парные, тянущиеся вдоль позвоночника темно-красные образования, плотно прилегающие к нему над плавательным пузырем (рис. 36). В почке выделяют передний отдел (головная почка), средний и задний. Артериальная кровь поступает в почки по почечным артериям, венозная – по воротным венам почек.

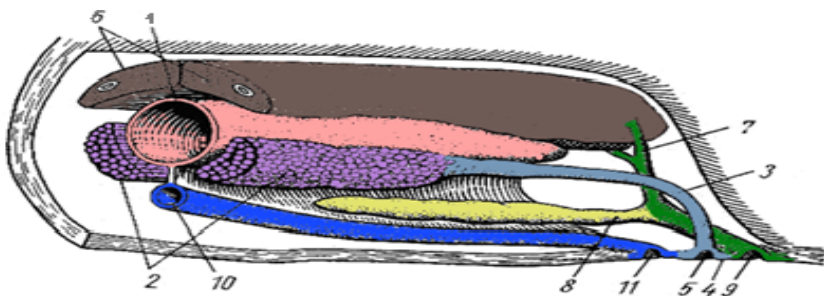


Рис. 36. Мочеполовая система рыб (на примере щуки обыкновенной): 1 – плавательный пузырь; 2 – яичник; 3 – выводной проток яичника; 4 – мочеполовой сосочек; 5 – половое отверстие; 6 – почки; 7 – мочеточник; 8 – мочевого пузырь; 10 – кишечник; 11 – анальное отверстие

Морфофизиологическим элементом почки является извитой почечный мочевой каналец, один конец которого расширяется в мальпигие-

во тельце, а другой отходит к мочеточнику. Железистые клетки стенок секретируют продукты азотистого распада (мочевину), которые попадают в просвет канальцев. Здесь же, в стенках канальцев, происходит обратное всасывание воды, сахаров, витаминов из фильтрата мальпигиевых телец.

Мальпигиево тельце представляет собой клубочек артериальных капилляров, охватываемый расширенными стенками канальца, и образует боуменову капсулу. У примитивных форм (акулы, скаты, осетровые) перед капсулой от канальца отходит мерцательная воронка. Мальпигиев клубочек служит аппаратом фильтрации жидких продуктов обмена. В фильтрат попадают как продукты обмена, так и важные для организма вещества. Стенки почечных канальцев пронизаны капиллярами воротных вен и сосудов из боуменовых капсул.

Очищенная кровь возвращается в сосудистую систему почек (почечную вену), а отфильтрованные из крови продукты обмена и мочевина выводятся через каналец в мочеточник. Мочеточники изливаются в мочевой пузырь (мочевой синус), а затем моча выводится наружу у самцов большинства костистых рыб через мочеполовое отверстие позади ануса, а у самок костистых рыб и самцов лососевых, сельдей, щуки и некоторых других – через анальное отверстие. У акул и скатов мочеточник открывается в клоаку.

В процессах выделения и водно-солевого обмена кроме почек принимают участие кожа, жаберный эпителий, пищеварительная система.

Половая система рыб включает следующие образования: 1) половые железы, или гонады, – семенники у самцов и яичники, или *ястыки*, у самок, в которых развиваются половые клетки и вырабатываются половые гормоны; 2) половые пути – семяпроводы у самцов и яйцеводы у самок, по которым половые продукты выводятся во внешнюю среду.

Половые железы у самцов и самок щуки парные, они располагаются по бокам и несколько книзу от плавательного пузыря, к которому прикреплены брыжейкой.

Семенники имеют вид нешироких лент молочно-белого или чуть желтоватого цвета. На всем протяжении по брыжейке к семенникам подходят кровеносные сосуды.

Яичники щуки парные. Они занимают почти то же положение, что и семенники. Через тонкие стенки яичника четко просвечиваются темно-желтые икринки, которые и дают цвет всей железе. Задние концы яичника, сужаясь, переходят в яйцеводы.

Яйцеводы представляют собой самостоятельные образования и не связаны по происхождению с мюллеровыми протоками.

У рыб яичник образован складками брюшины, внутри которых и происходит созревание яйцеклеток. Созревание яйцевых клеток у рыб идет сложнее, чем у млекопитающих. Клетки находятся на разных стадиях развития. Самые мелкие – *овогонии* – не участвуют в данном нересте.

При внешнем осмотре рыбы и ее внутренних органов в раннем периоде развития определить пол, как правило, не представляется возможным, и особи классифицируются как *ювенильные*.

Ранние стадии развития гонад довольно сложные и многообразные. Первичные половые клетки имеют способность развиваться как по мужскому, так и по женскому типу. Соотношение женских и мужских половых гормонов в организме рыбы обуславливает путь развития первичных половых клеток. Особенно велика в этом роль гормонов гипофиза.

Контрольные вопросы

1. Опишите выделительную систему рыб.
2. Что представляют собой ястык и семенник?

Лабораторная работа 16. МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНОВ ЧУВСТВ РЫБ

Цель занятия: изучение особенностей органов чувств рыб.

Материалы и оборудование: плакаты, гистологические препараты, живая рыба.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) зарисуйте иллюстрационный материал;
- 3) изучите принципиальное строение органов чувств рыб.

Органы восприятия окружающей среды (органы чувств) рыб обладают рядом особенностей, отражающих их приспособленность к условиям жизни (рис. 37).

Способность рыб воспринимать информацию из окружающей среды многообразна. Их рецепторы могут улавливать различные раздражения как физической, так и химической природы: давление, звук, цвет, температуру, электрические и магнитные поля, запах, вкус.

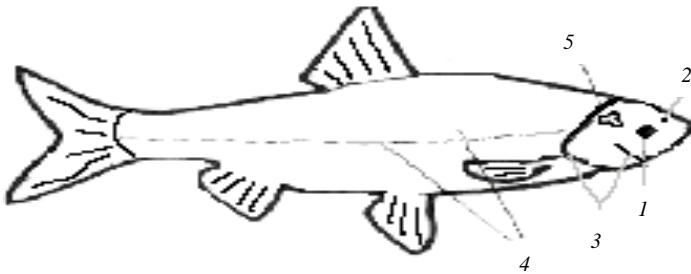


Рис. 37. Расположение органов чувств у рыб: 1 – органы зрения; 2 – органы обоняния; 3 – органы вкуса; 4 – органы восприятия колебания воды и движения (боковая линия); 5 – органы слуха и равновесия

Одни раздражения воспринимаются в результате непосредственного прикосновения (осязание, вкус), другие – на расстоянии, дистанционно.

Органы обоняния расположены в ноздрях, которые у рыб не сквозные, а похожи на крошечные двугорлые колбочки, находящиеся сверху по обеим сторонам рыла. На дне их лежат складки обонятельного эпителия, клетки которого воспринимают химические вещества, растворенные в воде. Острота обоняния у рыб чрезвычайно велика. Особенно тонко развито оно у ночных и хищных рыб (сом, налим). На этот орган чувств рассчитано применение при ловле рыбы пахнущих приманок (рис. 38).

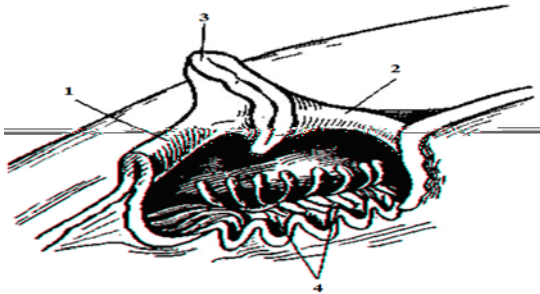


Рис. 38. Орган обоняния костистой рыбы: 1 – передняя ноздря; 2 – задняя ноздря; 3 – валик, разделяющий ноздри; 4 – складка слизистой оболочки органа

Органы вкуса представляют собой скопления чувствующих клеток, так называемые вкусовые почки. Они многочисленны в ротовой по-

лости, глотке, на усиках, подбородке, жаберных дугах, на голых участках головы и даже в коже тела, особенно в местах, лишенных чешуи. Гольян, например, способен уловить вкус крошки, упавшей ему в аквариуме на хвост.

Очень тонко развито у рыб температурное чувство. Экспериментально установлено, что они могут различать колебания в количестве тепла, равные сотым долям градуса. Такая острая чувствительность не свойственна наземным животным. Изменения температуры воспринимаются специальными нервными клетками, расположенными в коже в точках тепла и холода.

Органы боковой линии имеются только у рыб, некоторых земноводных и их личинок. По бокам тела у большинства рыб (исключение составляют очень немногие, например сельди) от головы к хвосту, иногда слегка изгибаясь, тянутся пунктирные линии, представляющие собой ряд отверстий, ведущих в наполненный слизью канал, находящийся под кожей. Это и есть боковая линия (рис. 39). В слизевом канале помещаются группы чувствующих клеток, воспринимающие низкочастотные (дозвуковые), главным образом негармонические, колебания среды: движение струй воды, ветровое волнение, колебания, порожденные упавшим в воду или движущимся в ней предметом.

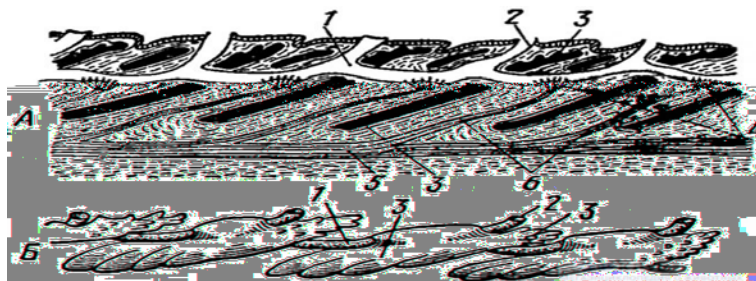


Рис. 39. Боковая линия костистой рыбы: *А* – продольный разрез; *Б* – вид сбоку; 1 – канал; 2 – наружное отверстие канала; 3 – чешуя; 4 – рецепторы боковой линии; 5 – боковая ветвь блуждающего нерва; 6 – ответвления нерва, идущие к органу боковой линии

Органы слуха рыб также воспринимают колебания водной среды, но только более высокочастотные, гармонические или звуковые. Устроены они у рыб более просто, чем у других животных. Нет у рыб ни наружного, ни среднего уха: они обходятся без них в силу более высокой

проницаемости воды для звука. Есть лишь перепончатый лабиринт, или внутреннее ухо, заключенное в костной стенке черепа (рис. 40).

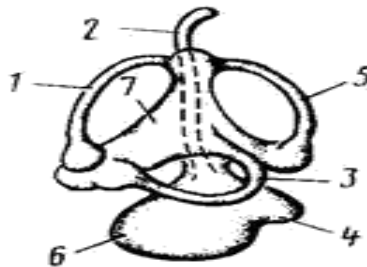


Рис. 40. Орган слуха рыб: 1 – передний канал; 2 – эндолимфатический канал; 3 – горизонтальный канал; 4 – лагена; 5 – задний канал; 6 – саккулос; 7 – утрикулюс

Глаза у рыб устроены в общем так же, как и у других животных, но есть и существенные отличия, вызванные особенностью видения в воде. Как известно, свет в воде распространяется плохо. Наибольшее расстояние, на котором рыбы могут видеть в прозрачной воде, 10–12 м. Нормально же глаз установлен на обзор в пределах 1–2 м. Рыбы близоруки по природе.

Глаза у них всегда открыты, так как век нет. Хрусталик шарообразный. Это позволяет улавливать наибольшее количество световых лучей. Вследствие того что глаз выпуклый и возвышается над поверхностью головы, в него попадают не только прямые, но и косые лучи – спереди, сверху, снизу и с боков (рис. 41).

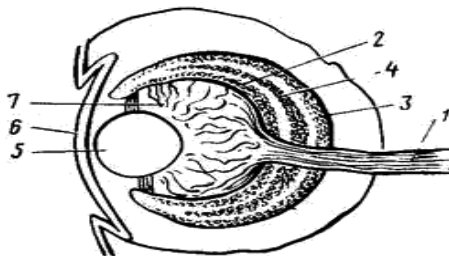


Рис. 41. Строение глаза костистых рыб: 1 – оптический нерв; 2 – ганглиозные клетки; 3 – слой палочек и колбочек; 4 – сетчатка; 5 – хрусталик; 6 – роговица; 7 – стекловидное тело

Поле зрения у рыб велико: по горизонтали глаз охватывает угол в $160\text{--}170^\circ$, по вертикали – около 150° . Но каждый глаз при этом дает собственное изображение, т. е. зрение монокулярное (рис. 42).

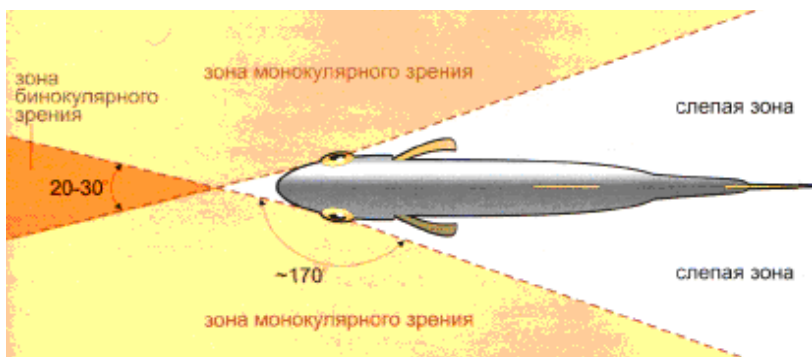


Рис. 42. Поле зрения рыб

Из-под воды рыба может видеть только те предметы, от которых лучи падают в ее глаз под углом не более 48° к вертикали. Все, что находится под большим углом, скрыто от нее. Человек, сидящий на низком берегу или в лодке, должен быть невидимым для рыбы. Она может обнаружить его присутствие лишь по колебанию воды или производимому им шуму. Движение человека по берегу она нередко не столько видит, сколько слышит.

Свойственно рыбе различать и цвета. Особенно хорошо распознают окраску предметов рыбы, ведущие дневной образ жизни.

Контрольные вопросы

1. Опишите органы чувств рыб.
2. Каковы особенности органов слуха и зрения рыб?
3. Что представляют собой органы боковой линии рыбы?

Раздел 2. ФИЗИОЛОГИЯ РЫБ

Лабораторная работа 17. СПОСОБЫ ВЗЯТИЯ КРОВИ У РЫБ

Цель занятия: изучение и отработка методов взятия крови у рыб.

Материалы и оборудование: живая рыба; сачок; набор инструментов – скальпель, ножницы, медицинские полые иглы, пастеровские пипетки; марля, вата; 3,8 % раствор лимоннокислого или щавелевокислого натрия.

Задание:

1) изучите различные методы отбора крови у рыб, руководствуясь данными указаниями;

2) отработайте методы взятия крови у рыб из жаберной вены, сердца и хвостовой артерии;

3) сделайте выводы.

В рыбоводстве для оценки физиологического состояния рыб часто используют показатели крови. Начальным этапом анализа крови является отбор проб, производимый различными способами. Необходимо помнить, что взятая от рыбы кровь способна быстро свертываться. На свертываемость крови оказывают влияние множество разнообразных факторов (видовая принадлежность рыб, температура воды, наличие в крови токсикантов и др.). Поэтому исследователь должен в возможно более краткий срок (20–30 с), пока кровь еще не свернулась, суметь от каждой рыбы взять максимальное количество проб на различные исследуемые показатели. Особенно это касается ценных экземпляров рыб или случаев ограничения исследователя материалом, повторное получение которого затруднено.

Непосредственно перед исследованием рыбу аккуратно извлекают рыболовным прибором (например, сачком) из воды, завертывают в чистую марлю (или полотенце) и сразу же приступают к взятию крови. При этом необходимо очень аккуратно работать с материалом, исключив травматизм рыбы. Место, откуда предполагается взятие крови, освобождают от слизи и избытка влаги с помощью ватно-марлевого тампона. В зависимости от поставленных задач пробы крови получают разными способами.

1. Взятие крови из жаберной вены.

Пальцами левой руки слегка отводят жаберную крышку в сторону. С помощью пастеровской пипетки или инсулинового шприца, тщательно ополоснутого в растворе антикоагулянта (3,8 % раствор лимонно-

кислого натрия или гепарина), делают укол в жаберную вену у основания жаберных лепестков в области нижней трети жаберной дужки. При использовании пастеровской пипетки ждут, когда она наполнится кровью.

2. Взятие крови из сердца.

Производится инсулиновой иглой или пастеровской пипеткой. Место укола находится в середине отрезка, соединяющего основания грудных плавников. Иглу вводят в сердце под углом 45° относительно вентральной плоскости тела. В случае правильного попадания иглы в полость сердца отмечается обильное кровотечение в месте пункции. В случае получения чистой крови необходимо место укола освободить от слизи, продезинфицировать спиртом. При посмертном отборе проб крови ее легко можно взять непосредственно из сердца после вскрытия рыбы.

3. Взятие крови из хвостовой артерии (рис. 43).

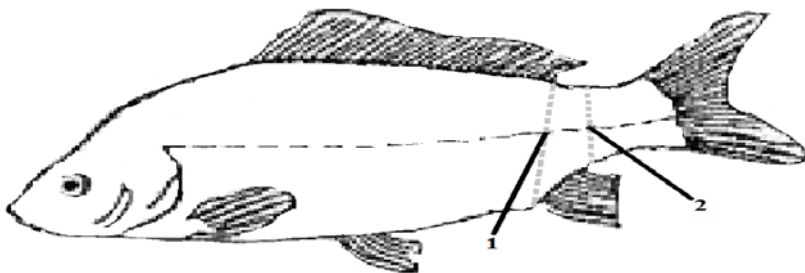


Рис. 43. Места отбора крови у рыб

Производится двумя способами:

- путем отсечения хвостового стебля ножницами. У крупных рыб кровь, как правило, отбирают в заранее обработанный антикоагулянтном сосуд, у мелких – пастеровской пипеткой из места кровотоечения. Способ не является идеальным, так как кровь в данном случае возможно будет разбавлена межклеточной жидкостью и слизью, что не отразит реальной картины ее;

- путем медленного погружения полой инсулиновой иглы на линии пересечения позади анального плавника с боковой линией под углом 45° до упора иглы в позвоночник рыбы. При этом чешуйки в месте пункции аккуратно отводят в сторону, а кожу в месте укола протирают марлей, убирая слизь.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные методы взятия крови, применяемые в гематологии?
2. Какие методы отбора проб крови наиболее безвредны для организма рыб?
3. Назовите основное условие правильного отбора проб крови.

Лабораторная работа 18. ВИДОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРОВИ РЫБ. ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ОКРАСКА МАЗКОВ

Цель занятия: изучение особенностей строения эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов различных видов рыб.

Материалы и оборудование: набор окрашенных препаратов крови рыб, микроскоп.

Задание:

- 1) рассмотрите под малым и большим увеличениями микроскопа препараты крови различных видов рыб;
- 2) зарисуйте форменные элементы крови рыб;
- 3) сделайте выводы.

Картина крови рыб имеет яркую классовую и видовую специфичность. Основную массу форменных элементов крови составляют красные кровяные тельца – эритроциты. Зрелые эритроциты у рыб крупнее, чем у теплокровных животных, имеют овальную форму и содержат ядро. Наличием ядра специалисты объясняют большую продолжительность жизни красных клеток (до года), поскольку наличие его предполагает повышенную способность клеточной мембраны к реставрации (рис. 44).

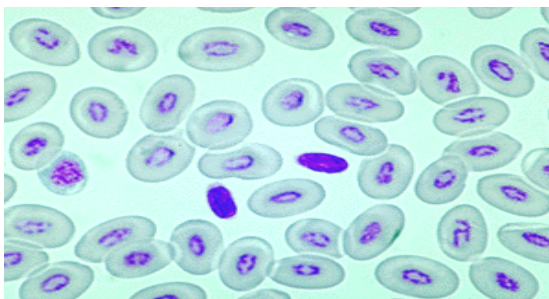


Рис. 44. Эритроциты рыб

Тромбоциты – узкие, удлинённые, веретенообразные клетки с темно-фиолетовым вытянутым ядром и узким слоем светло-голубой цитоплазмы.

У рыб среди лейкоцитов (рис. 45) обнаруживаются эозинофилы, нейтрофилы, относящиеся к гранулоцитам; лимфоциты, моноциты, полиморфноядерные лейкоциты, относящиеся к агранулоцитам. Гранулоцитам свойственна зернистая цитоплазма, окрашивание хроматина в розово-фиолетовый цвет, ядра – в светло-фиолетовый; агранулоцитам – гомогенная цитоплазма, окрашивание хроматина в голубой или синий цвет, ядра – в фиолетовый.

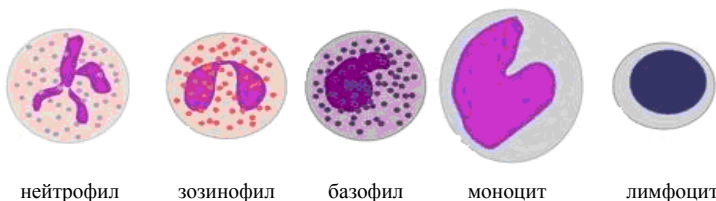


Рис. 45. Лейкоциты рыб

Приготовление и окраска мазков. Мазки рекомендуется готовить из только что отобранной крови, но можно также использовать кровь с антикоагулянтном (но возрастом не более 24 ч).

Вначале каплю крови наносят на край сухого обезжиренного предметного стекла, которое удерживают между большим и средним пальцами левой руки (рис. 46).

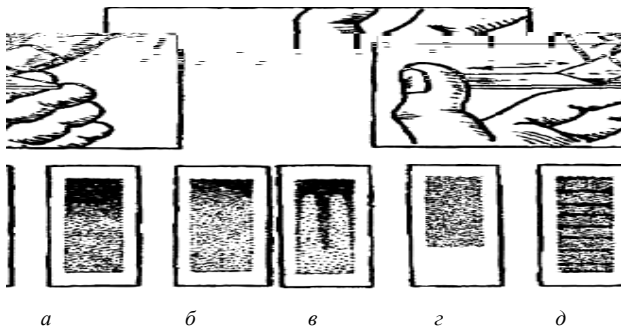


Рис. 46. Приготовление мазка и его качество: *а* – неравномерный мазок на плохо обезжиренном стекле; *б* – короткий мазок; *в* – длинный и неравномерный мазок; *г* – толстый в начале мазок; *д* – правильный мазок

Впереди капли под углом 45° подводят шлифованный край покровного стекла так, чтобы образовавшийся угол между стеклами был равномерно заполнен кровью. Быстрым движением правой руки от себя каплю распределяют тонким слоем по предметному стеклу. Качественно окрашенным мазком считается тот, в котором кровь располагается на поверхности стекла без просветов, в виде равномерной полоски, не выходящей за ее края.

Приготовленный мазок высушивают на воздухе и фиксируют. Для этого его кладут в ванночку и наливают на него спирт метиловый на 3–5 мин, или смесь эфира с абсолютным этиловым спиртом в соотношении 1:1 на 15–20 мин, или хлороформ на несколько секунд. Мазок извлекают из ванночки, высушивают и окрашивают одним из описанных ниже способов. Для окрашивания берут две стеклянные палочки, скрепляют их параллельно резиновыми трубками и кладут в виде подставки над ванночкой или кюветой. На подставке размещают фиксированные и высушенные препараты мазком сверху и окрашивают.

Окраска по Романовскому – Гимзе. Готовую краску предварительно разводят дистиллированной водой из расчета 1 мл на 2–3 капли краски. Полученную смесь наливают на мазок, держат 30–40 мин (в зависимости от температуры воздуха и активности краски), после чего смывают ее дистиллированной водой, а препарат высушивают. Хорошо окрашенный мазок будет розовато-фиолетового цвета, недокрашенный – розово-красного, а перекрашенный – темно-фиолетового.

Окраска по Паппенгейму – Крюкову. Осуществляется в два приема без предварительной фиксации мазка, так как в состав краски входит фиксирующий реактив. В первый прием на сухой мазок наливают 2 мл готовой краски Мая – Грюнвальда на 5 мин, а затем 2 мл дистиллированной воды и смешивают ее с краской с помощью пипетки. Через 2 мин эту смесь удаляют. Во второй прием, не высушивая, на мазок наливают краску Романовского – Гимзы на 20 мин, после чего смывают ее дистиллированной водой и высушивают препарат на воздухе. При такой комбинированной окраске более четко просматриваются зернистость и структура ядра клеток.

Видовые различия форменных элементов крови рыб. Для работы используются окрашенные препараты крови рыб. Рассмотрите мазки крови рыб под микроскопом при малом увеличении, а затем при большом. Зарисуйте особенности строения эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов, обращая внимание на размер, форму, наличие ядра.

Сделайте вывод о различиях в форме, строении и окраске основных групп форменных элементов крови рыб.

Контрольные вопросы

1. Каковы отличительные особенности строения форменных элементов крови рыб?
2. Назовите основные физиологические функции эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов.

Лабораторная работа 19. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КРОВИ РЫБ

Цель занятия: изучение методики определения эритроцитов в крови рыб.

Материалы и оборудование: живая рыба, микроскоп, счетная камера Горяева, покровное стекло, серологические пробирки вместимостью 10 мл, пипетки гемометра Сали вместимостью 20 мкл, две пипетки вместимостью 5 мл, одна пипетка вместимостью 1 мл, скальпель, ножницы, марля, вата, 3 % раствор NaCl, спирт, эфир.

Задание:

- 1) отберите кровь из хвостовой вены рыбы;
- 2) разбавьте ее антикоагулянтом и зарядите счетную камеру Горяева;
- 3) произведите подсчет эритроцитов и лейкоцитов;
- 4) сделайте вывод.

Абсолютное количество эритроцитов и лейкоцитов во всем объеме крови рыбы определить практически невозможно. Поэтому их количество определяют в 1 мм^3 крови. У рыб содержание эритроцитов и лейкоцитов в данном объеме зависит от многих факторов: видовой принадлежности, физиологического состояния организма, условий обитания, сезона года и других факторов. Однако среднее количество эритроцитов и лейкоцитов у каждого вида рыб в нормальных условиях обитания удерживается на постоянном уровне за счет непрерывного распада и образования новых элементов крови. Физиологическая норма содержания эритроцитов в крови пресноводных костистых рыб составляет $1,1\text{--}1,9$ млн. шт/ мм^3 , а лейкоцитов – $25\text{--}55$ тыс. шт/ мм^3 .

Подсчет форменных элементов крови у рыб осуществляется с помощью счетных камер различных типов, принцип работы с которыми одинаков. Чаще всего при подсчете количества эритроцитов у рыб используют камеру Горяева, схема устройства которой представлена на рис. 47.

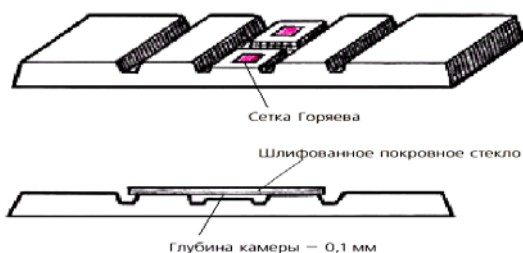


Рис. 47. Камера Горяева

Счетная камера Горяева состоит из толстого предметного стекла, поперечно поделенного каналами на три своеобразные площадки. Центральная площадка, в свою очередь, поделена еще на две половины продольной бороздой. На поверхности этих площадок нанесены сетки. Камера Горяева состоит 225 больших квадратов – 15 рядов по 15 квадратов. В большом разграфленном крест-накрест квадрате содержится по 16 малых квадратов. Подсчет эритроцитов производится в пяти больших квадратах: в четырех квадратах, расположенных по углам, и в одном, расположенном в центре стекла. Таким образом, содержание эритроцитов считают в 80 малых квадратах. Считают все эритроциты, лежащие не только внутри самого квадрата, но и на его пограничных линиях (верхней и левой).

При подсчете эритроцитов кровь набирают в смеситель до отметки 0,5 и разбавляют ее 3 % раствором NaCl до отметки 101. При этом кровь считается разбавленной в 200 раз. Смеситель зажимают между двумя пальцами и встряхивают в течение нескольких минут. Затем несколько первых капель выливают на вату (так как они будут содержать только раствор соли без крови), а следующую каплю подносят к краю наложенного покровного стекла на камере, и жидкость заполняет ее в силу капиллярности. В случае попадания капли поверх покровного стекла процедуру заполнения камеры повторяют.

Среднее количество эритроцитов определяют путем деления всех подсчитанных клеток на число квадратов, в которых подсчитывались форменные элементы крови. Полученная цифра соответствует среднему количеству клеток, содержащихся в $1/4000 \text{ мм}^3$. Умножив полученный результат на 4000 и на степень разведения, получают среднее содержание эритроцитов в 1 мм^3 крови.

Для расчета количества эритроцитов в 1 мм^3 крови используют следующую формулу:

$$X_1 = (a \cdot 4000 \cdot б) / в,$$

где X_1 – количество эритроцитов в 1 мм^3 ;

a – сумма форменных элементов красной крови, подсчитанных в пяти больших квадратах;

$б$ – степень разведения крови (200);

$в$ – количество подсчитанных малых квадратов (80).

Для установления количества лейкоцитов в 1 мм^3 крови рыб ее разбавляют раствором Тюрка (1–2 мл ледяной уксусной кислоты, 1 мл 1 % водного раствора генцианвиолета и 100 мл дистиллированной воды), набирая его до отметки 11 смесителя. Кровь разбавляется в 20 раз.

В камере Горяева подсчитывают большие квадраты (в отличие от подсчета эритроцитов) из трех поперечных полос ($15 \cdot 3 = 45$) и 5 квадратов из четвертой полосы. Полученное количество лейкоцитов в 50 больших квадратах, т. е. в 800 маленьких, подставляют в формулу

$$X_2 = (a \cdot 4000 \cdot б) / в,$$

где X_2 – количество лейкоцитов 1 мм^3 ;

a – количество лейкоцитов в 50 больших квадратах;

$б$ – степень разведения крови (20);

$в$ – количество подсчитанных малых квадратов (800).

Ход работы. Перед началом подсчета форменных элементов крови (эритроцитов и лейкоцитов) подготовьте камеру Горяева к работе. Для этого протрите ее и покровное стекло спиртоэфирной смесью и высушите. Положите покровное стекло на камеру и прижмите его большими пальцами рук до появления ньютоновых колец, окрашенных в цвет радуги. После этих операций камера считается готовой к работе.

Для разбавления крови наберите раствор антикоагулянта в смеситель (предназначенный для подсчета эритроцитов или лейкоцитов). Выдуйте его содержимое и до отметки 0,5 наберите кровь от исследуемой рыбы. До верхней отметки смесителя наберите соответствующий определяемым клеткам раствор (3% раствор NaCl или Тюрка). Содержимое тщательно перемешайте и нанесите каплю под покровное стекло, где располагается сетка. Камеру поместите на предметный столик микроскопа, найдите сетку при малом увеличении, а затем, установив большее увеличение, подсчитайте количество эритроцитов и лейкоцитов по ранее описанной методике. Произведите расчет, результаты занесите в рабочую тетрадь, на основании их сделайте вывод о физиологическом состоянии рыбы и условиях ее обитания.

Контрольные вопросы

1. Перечислите факторы, влияющие на показатели крови у рыб.
2. Каков принцип устройства камеры Горяева?
3. Какие форменные элементы крови рыб можно подсчитать с помощью камеры Горяева?
4. Каков принцип подсчета эритроцитов и лейкоцитов с помощью камеры Горяева?

Лабораторная работа 20. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ГЕМОГЛОБИНА В КРОВИ РЫБ

Цель занятия: изучение методики определения количества гемоглобина в крови рыб.

Материалы и оборудование: живая рыба, гемометр Сали, пипетка для взятия крови, тонкая стеклянная палочка, пипетка для взятия дистиллированной воды, 0,1 N раствор соляной кислоты (HCl), вата, марля, спирт, эфир, дистиллированная вода.

Задание:

- 1) отберите кровь из хвостовой вены рыбы;
- 2) зарядите гемометр и определите количество гемоглобина;
- 3) сделайте выводы.

Гемоглобин содержится в эритроцитах, составляя около 90 % их сухого веса. Важнейшая физиологическая роль гемоглобина – перенос кислорода от органов дыхания ко всем тканям и органам рыб. Гемоглобин относится к группе сложных белков, его молекула состоит из белковой части (глобин) и небелковой части – простетической группы (гем). Молекула гема содержит один атом железа. Гемоглобин является коллоидом, имеющим высокий молекулярный вес, благодаря чему не способен проникать через оболочку эритроцитов. Содержание гемоглобина в крови зависит от множества факторов: вид рыбы, возраст, пол, физиологическое состояние рыбы, сезон года, условия обитания и т. д. Определение количества гемоглобина используют для оценки физиологического состояния рыбы, а также для диагностики различных заболеваний.

При определении содержания гемоглобина в крови рыб используют специальный прибор, который называется гемометр Сали.

Он состоит из штатива, в котором задняя стенка выполнена из матового стекла. В штатив впаены три стеклянные пробирки на фоне

белого стекла. Две крайние пробирки заполнены эталонным раствором солянокислого гематина (в 100 г раствора содержится 16,67 г гемоглобина). Средняя пробирка градуирована. На ней нанесены, как правило, две шкалы. Одна шкала показывает количество гемоглобина в граммах на 100 мл крови, т. е. грамм-проценты гемоглобина (г%), вторая – единицы гемометра, или содержание гемоглобина в процентах по отношению к норме, за которую принимается 16,67 г в 100 мл крови. Цифры шкалы единиц гемометра в шесть раз больше, чем цифры шкалы грамм-процентов гемоглобина.

Поэтому, если имеется только шкала грамм-процентов гемоглобина, легко определить единицы гемометра, умножив соответствующее показание на 6 (рис. 48).

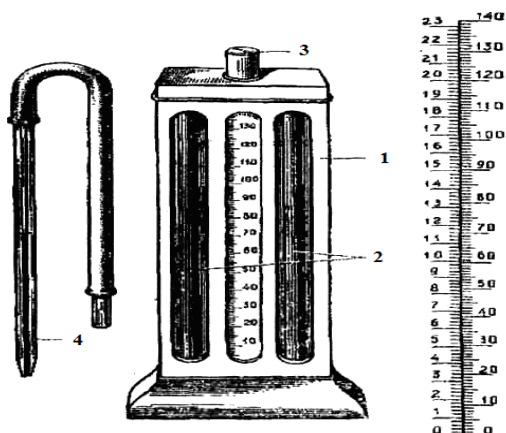


Рис. 48. Гемометр ГС-3: 1 – корпус прибора; 2 – запаянные пробирки со стандартным раствором; 3 – градуированная пробирка; 4 – пипетка для взятия крови; вид шкалы, нанесенной на градуированной пробирке – грамм-проценты и относительные единицы гемоглобина (справа)

Ход работы. В среднюю пробирку гемометра Сали налейте 0,1 N раствор соляной кислоты до деления 2. Затем добавьте туда кровь из хвостовой вены рыбы (20 мм³). Кончик капилляра с кровью опустите в среднюю пробирку гемометра в раствор соляной кислоты и осторожно выдуйте кровь из капилляра с последующим 2–3-кратным всасыванием и выдуванием раствора из капилляра в пробирку. Содержимое пробирки тщательно перемешайте мягкими ударами о ладонь руки ниж-

ним концом пробирки и поставьте пробирку в штатив на 5 мин. Таким образом произойдет разрушение эритроцитов, выход гемоглобина в раствор и образование под влиянием соляной кислоты солянокислого гематина. Через 5 мин в пробирку с помощью пипетки добавляйте по каплям дистиллированную воду, все время тщательно перемешивая раствор и сравнивая его с цветом стандартного раствора в боковых пробирках. Дистиллированную воду добавляйте до того момента, пока цвет раствора во всех пробирках не окажется одинаковым. После этого изучите показания и занесите в рабочую тетрадь. Цифры, соответствующие уровню раствора в средней пробирке, покажут граммы-проценты гемоглобина и единицы гемометра исследуемой крови.

На практике применяют и современные автоматические приборы для определения гемоглобина в крови, такие, как гемоглобинометр Apel HG-220 и гемоглобинометр фотометрический портативный АГФ-03/540 (рис. 49).



Рис. 49. Гемоглобинометр Apel HG-220 (справа) и гемоглобинометр фотометрический портативный АГФ-03/540 (слева)

Контрольные вопросы

1. Какова биологическая роль гемоглобина в организме рыб?
2. Опишите метод количественного определения гемоглобина.

Лабораторная работа 21. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИИ ОСЕДАНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ

Цель занятия: изучение методики определения реакции оседания эритроцитов в крови рыб.

Материалы и оборудование: живая рыба, аппарат Панченкова, фарфоровая чашка или часовое стекло, вата, марля, 5 % раствор лимоннокислого или щавелевокислого натрия, спирт, эфир.

Задание:

- 1) отберите кровь из хвостовой вены рыбы;
- 2) зарядите аппарат Панченкова и проведите опыт по определению РОЭ;
- 3) сделайте выводы.

Реакция оседания эритроцитов (РОЭ) или скорость оседания эритроцитов (СОЭ) заключается в способности эритроцитов склеиваться между собой и оседать на дно сосуда, в котором находится кровь. Считается, что эритроциты имеют отрицательный заряд, и поэтому они отталкиваются друг от друга и не склеиваются. Однако при адсорбции различного рода частиц (например, белка) эритроциты теряют свой заряд, что делает возможным их склеивание. Образовавшиеся при склеивании сгустки эритроцитов начинают постепенно оседать на дно сосуда с кровью. Оседание эритроцитов происходит за счет того, что их удельный вес больше, чем удельный вес плазмы. Скорость оседания эритроцитов зависит от соотношения белков, находящихся в плазме крови, главным образом от соотношения альбуминов и глобулинов (в норме альбумин-глобулиновый коэффициент А/Г = 1,5–2,3). Незначительное изменение этого соотношения вызывает уменьшение или увеличение скорости оседания эритроцитов. Увеличение количества глобулинов ускоряет оседание эритроцитов, что часто бывает при различных патологических процессах и токсикозах. Поэтому значение РОЭ или СОЭ широко используется в рыбоводстве при оценке физиологического состояния рыбы, а также для диагностики различных заболеваний.

Для определения РОЭ используется, как правило, прибор Панченкова, который состоит из нескольких стеклянных, специально градуированных капилляров, помещенных в штатив (рис. 50). Капилляры закрепляются в строго вертикальном положении между резиновой пробкой и верхней упорной планкой.

Ход работы. Для определения РОЭ необходимо исключить свертывание отобранной крови. Для этого в капилляр до метки Р наберите из колбы раствор антикоагулянта (например 5% раствор лимоннокислого натрия) и осторожно в виде капли выдуйте его на дно фарфоровой чашки. После этого приступайте к взятию крови из хвостовой вены рыбы.

В случае забора крови методом отсечения хвостового стебля рыбы, по мере того как кровь будет подниматься в капилляр, меняйте его положение до горизонтального и несколько ниже. Важно следить за

тем, чтобы в капилляр не попадали пузырьки воздуха. Наберите кровь до метки К и осторожно выдуйте ее в раствор цитрата натрия на дне фарфоровой чашки. Далее в фарфоровой чашке тщательно перемешайте кровь с раствором цитрата натрия, набирая ее несколько раз в капилляр и опять выдувая. Затем наберите раствор крови в капилляр до метки К, закройте свободное верхнее отверстие капилляра указательным пальцем, укрепите узкий конец его между прокладкой и верхней перекладкой прибора в строго вертикальном положении. Помните, что верхний конец капилляра можно открыть только тогда, когда нижний конец его придавит резинку.

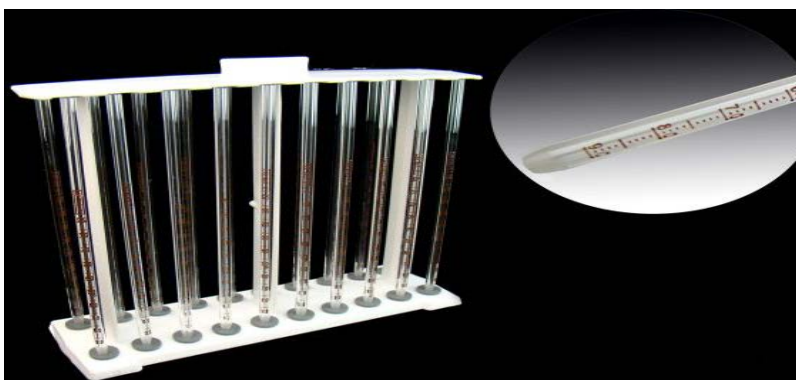


Рис. 50. Аппарат Панченкова

В рабочем журнале отметьте время, когда капилляр был поставлен в аппарат Панченкова. Вследствие постепенного оседания эритроцитов верхний слой раствора, находящегося в пипетке, становится светлым, а нижний слой – более темным. По высоте светлого неокрашенного столба плазмы крови через час определите, на сколько миллиметров осели эритроциты (мм/ч). На основании полученных результатов сделайте вывод о физиологическом состоянии исследуемой рыбы.

Контрольные вопросы

1. Какие факторы определяют скорость оседания эритроцитов?
2. Как называется аппарат для определения РОЭ?
3. Каково значение альбуминов и глобулинов для РОЭ?

Лабораторная работа 22. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕЙКОЦИТАРНОЙ ФОРМУЛЫ

Цель занятия: изучение методики определения лейкоцитарной формулы у рыб.

Материалы и оборудование: окрашенные мазки крови рыб, микроскоп с подвижным станком, счетчик для подсчета лейкоцитов клавишный, вата, марля, иммерсионное масло.

Задание:

- 1) определите лейкоцитарную формулу у рыб;
- 2) сделайте выводы.

Лейкоцитов содержится в крови рыб значительно меньше по сравнению с эритроцитами (в норме у младших возрастных групп карпа эти показатели составляют примерно 25 тыс. шт/мм³ и 1,3 млн. шт/мм³ соответственно). Процентное отношение разных видов лейкоцитов к их общему числу называется *лейкоцитарной формулой*. Так как каждый вид лейкоцитов отвечает за определенную защитную реакцию в организме рыб, то при патологических процессах может наблюдаться значительное колебание как общего числа лейкоцитов, так и соотношения их видовых форм. Определение лейкоцитарной формулы способствует диагностике инфекционных и паразитарных заболеваний.

По форме и структуре протоплазмы лейкоциты делятся на две большие группы: *гранулоциты* (зернистые), или *полиморфноядерные клетки*, и *агранулоциты* (незернистые), или *однойдерные клетки*. Морфологические различия видовых форм лейкоцитов представлены на рис. 45.

К гранулоцитам относятся *эозинофилы*, *нейтрофилы* и *базофилы*, к агранулоцитам – *лимфоциты* и *моноциты*.

Эозинофилы – крупные клетки с выраженной зернистостью цитоплазмы. Ядро круглое или овальное, располагается у края клетки, окрашивается в светло-фиолетовый цвет, темно-фиолетовые глыбки хроматина располагаются рыхло. Цитоплазма окрашивается в розовый цвет, а зернистость – в розово-фиолетовые тона.

Нейтрофилы – круглые клетки разных размеров с нежной зернистой цитоплазмой, окрашивающейся нейтрально. Круглое или овальное ядро располагается у края клетки, имеет рыхлые глыбки хроматина и окрашивается в светло-фиолетовый цвет.

Базофилы – довольно крупные клетки, имеют ядро, разделенное на несколько лопастей либо сегментов, соединенных между собой широ-

кими или узкими мостиками. Окрашивается ядро в красновато-фиолетовый цвет. Цитоплазма гомогенная или имеет пенистое строение и окрашивается в голубовато-серый цвет.

Лимфоциты – небольшие округлые клетки. Ядро круглое, плотное, занимает большую часть клетки, окрашивается в темно-фиолетовый цвет, а цитоплазма – в светло-голубой. Края цитоплазмы часто бывают неровными, нередко она охватывает не все ядро, иногда представлена несколькими выростами, либо цитоплазмы вовсе не видно и лимфоцит выглядит голоядерным.

Моноциты – самые крупные клетки крови, имеют бобовидное или овальное ядро. Цитоплазма комковатая, окрашивается в синий цвет и в центре, в области ядра, имеет прогиб. Эти клетки обнаруживаются у рыб единично.

Ход работы. По вышеописанной методике заранее окрашенные мазки крови поместите на предметный столик микроскопа (мазком вверх). Рассмотрите препараты под средним увеличением микроскопа (об. 40), а затем переведите под иммерсионное увеличение (об. 90) и проведите подсчет 100–200 клеток белой крови в начальной трети мазка. Счисление лейкоцитов проведите в центральных и несколько удаленных от бокового края участках мазка. В каждом участке исследуйте несколько полей зрения, перемещая подвижный столик микроскопа зигзагообразно. Установите видовую принадлежность каждого лейкоцита и запишите в заранее заготовленную таблицу гемограммы. Сосчитайте лейкоциты, используя счетчик для подсчета лейкоцитов, и определите не менее 100 из общего количества их. Затем вычислите процентное соотношение отдельных видов лейкоцитов, т. е. определите лейкоцитарную формулу.

Результаты запишите в табл. 1. и сделайте вывод о физиологическом состоянии рыбы.

Таблица 1. Лейкоцитарная формула рыб

| | Базофилы | Эозинофилы | Нейтрофилы | Моноциты | Лимфоциты |
|--------|----------|------------|------------|----------|-----------|
| Кол-во | | | | | |
| % | | | | | |

Контрольные вопросы

1. Приведите классификацию лейкоцитов по форме ядра и структуре цитоплазмы.

2. Назовите видовые формы лейкоцитов.
3. Каковы цели определения лейкоцитарной формулы?

Лабораторная работа 23. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ, СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕКИСЛОТЫ И КИСЛОРОДА НА ДЫХАНИЕ РЫБ

Цель занятия: изучение влияния температуры воды, содержания углекислоты и кислорода в ней на дыхание рыб.

Материалы и оборудование: аквариум, термостат, оксиметр, рыба различных видов, секундомер.

Задание:

- 1) ознакомьтесь с теоретическим материалом;
- 2) определите количество дыхательных движений при различной температуре воды;
- 3) сделайте выводы.

Считается, что сильнейшее влияние на дыхательный центр продолговатого мозга оказывают газы крови. У рыб повышение напряжения углекислоты при неизменном содержании кислорода вызывает возбуждение центра дыхания. Недостаток кислорода при неизменном напряжении углекислоты также сопровождается возбуждением дыхательного центра, что выражается у рыб учащенными движениями жаберных крышек. Организм рыб отвечает на недостаток кислорода в воде повышением активности дыхания, причем происходит усиление работы как всасывающего, так и нагнетательного аппарата дыхания. Уже небольшие концентрации углекислоты, ниже 1 % атмосферного давления, оказывают вредное действие на дыхание рыб. Так как в воде, богатой углекислотой, последняя не может диффундировать из крови наружу, кровь накапливает неестественно высокое количество углекислоты. Вследствие этого напряжение, при котором происходит насыщение гемоглобина кислородом, становится намного выше, чем в норме, поэтому, несмотря на полное насыщение или даже перенасыщение вдыхаемой воды кислородом, кровь захватывает его недостаточно. Таким образом, потребление кислорода рыбами понижается.

Однако, несмотря на то, что рыбы очень чувствительны к повышению концентрации углекислоты, в природных условиях вредное действие ее проявляется редко, так как активной является только свободная углекислота, содержание которой обычно очень невелико.

Рыбы реагируют на недостаток кислорода в общем так же, как и другие позвоночные животные: недостаток кислорода вызывает у них

возбуждение дыхательного центра, сопровождающееся усилением и учащением дыхательных движений.

Ход работы. В заранее подготовленные аквариумы поместите рыб. Постепенно увеличивайте и уменьшайте температуру воды, фиксируя при этом содержание кислорода с помощью оксиметра и число дыхательных движений. Данные опыта занесите в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. **Зависимость числа дыхательных движений от температуры воды и содержания кислорода**

| Вид рыбы | Температура воды, °С | Содержание кислорода в воде, мг/л | Число жаберных движений, шт/мин |
|----------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Карась | | | |
| Форель | | | |
| Тилляпия | | | |

Контрольные вопросы

1. В каком отделе головного мозга располагается дыхательный центр у рыб?
2. Каким образом рыбы реагируют на недостаток кислорода в воде?
3. Как изменяется число жаберных движений у различных видов рыб с увеличением и понижением температуры воды?

Лабораторная работа 24. ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОРЕЦЕПЦИИ РЫБ

Цель занятия: изучение влияния температуры воды на жизнедеятельность рыб.

Материалы и оборудование: аквариум, термостат, оксиметр, рыба различных видов, секундомер.

Задание:

- 1) ознакомьтесь с теоретическим материалом;
- 2) определите устойчивость рыб к различным температурам;
- 3) сделайте выводы.

Рыбы являются холоднокровными (пойкилотермными) животными, поэтому температура воды для них имеет исключительно важное значение. У рыб активность ферментных систем проявляется в широком диапазоне температур. Поэтому и жизненная активность их не прекращается в осенне-зимний период, когда температура тела достигает 4 °С, а у полярных рыб – более низкой отметки.

Рыбы населяют всевозможные водоемы на планете Земля, а температурный диапазон природных водоемов, как известно, очень широк. Так, рыба семейства харацинидовых – лукания калифорнийская (*Cyprinodon macularis*) обитает в горячих источниках Калифорнии, выбирая участки водоема с температурой воды выше 50 °С, в то время как антарктическая сайка или ледяная рыба активны при отрицательной температуре воды (–2 °С), имея при этом несвойственный для других рыб белый цвет крови. Известно, что карась обыкновенный в нашей полосе способен вмерзать в лед, а после оттаивания (если не промерзает полостная жидкость) оживать, что является доказательством приспособленности рыб к самым разнообразным температурным условиям. Тем не менее в практике рыбоводства часто встречаются случаи массовой гибели рыб, которые не смогли приспособиться к изменениям температуры среды обитания. Причем гибель возможна как при понижении, так и при повышении температуры воды.

Рыб делят на stenotherмных, приспособленных к узкой амплитуде колебаний температуры окружающей среды, и эвритермных, выдерживающих большие перепады температур. У рыб высоких широт обмен веществ не угасает в широком диапазоне температур. Например, карп при температуре 1 °С обходится минимальной концентрацией кислорода в воде – 0,8 мг/л, а при температуре 30 °С – 1,8 мг/л. Однако у таких видов, как сиги, таймень, налим, повышение температуры на 7–10 °С снижает активность обмена веществ.

Естественно, что все виды рыб имеют зону температурного комфорта и предпочтительные температуры. Например, для тилапии это 28–30 °С, для карася и карпа – 25 °С, для ельца – 20 °С, для радужной форели – 15–18 °С, а для беломорской трески – всего 9 °С.

Причем у многих пресноводных европейских видов имеется летний и зимний температурный преферендум. Например, карп, плотва, лещ летом отдают предпочтение участкам водоема с температурой 25–27 °С, а в осенне-зимний период – 2–4 °С.

Питаются рыбы при узком температурном интервале, который ограничен 10–15 °С. Наибольшая интенсивность питания у большинства рыб средних широт приходится на 10–22 °С. Рыбы высоких широт при повышении температуры воды испытывают дискомфорт; максимум их пищевой активности наблюдается в довольно узком диапазоне температур: от –1 до +4 °С.

Рост рыб также ограничен температурой среды. Температурный интервал всего 5–7 °С. За пределами этого «ростового коридора» рыба проявляет пищевую активность при отсутствии роста.

С температурой среды связана и функция размножения рыб. В зоне с резкими сезонными перепадами температур для большинства рыб сигналом к нересту является не только увеличение светового дня, но и весенний прогрев водоема. Исключения здесь редки (лососевые, налим).

Многие черноморские рыбы реагируют на повышение температуры воды даже на 0,03 °С. Большинство видов рыб средней полосы проявляют меньшую термочувствительность, которая не превышает десятых долей градуса Цельсия.

Специальных органов терморцепции у рыб не обнаружено. Считают, что чувствительные к температуре нервные окончания имеются на всей поверхности тела рыбы. Вероятно, к терморцепции способны многие чувствительные окончания, включая баро-, механорецепторы, а также боковую линию и ампулы Лоренцини.

Ход работы. В заранее приготовленные аквариумы поместите рыб. Постепенно увеличивайте и уменьшайте температуру воды, фиксируя нижнюю границу зоны пессимума и верхнюю, а также выделите зону оптимума. Данные занесите в табл. 3.

Таблица 3. Границы толерантности рыб к температуре воды

| Вид рыбы | Температура воды, °С | Зона нижнего пессимума, °С | Зона оптимума, °С | Зона верхнего пессимума, °С |
|----------|----------------------|----------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Карась | | | | |
| Форель | | | | |
| Тиляпия | | | | |

Контрольные вопросы

1. Что такое терморцепция?
2. Как влияет температура воды на рост и развитие рыб?
3. Чем отличаются эвритермные рыбы от stenотермных?

Лабораторная работа 25. ПЛАВАТЕЛЬНЫЙ ПУЗЫРЬ КАК ГИДРОСТАТИЧЕСКИЙ ОРГАН РЫБ

Цель занятия: изучение роли плавательного пузыря для рыб.

Материалы и оборудование: емкость, прибор для откачивания воздуха из емкости, рыбы различных видов.

Задание:

- 1) ознакомьтесь с теоретическим материалом;

2) проведите опыты по резкому изменению давления и реакции различных рыб на него;

3) сделайте выводы.

Плавательный пузырь является основным гидростатическим органом костных рыб. Он образуется в раннем онтогенезе, как вырост кишки в области пищевода, и расположен позади кишечника в виде продольного непарного мешка, который сообщается с глоткой посредством воздушного хода (рис. 51).

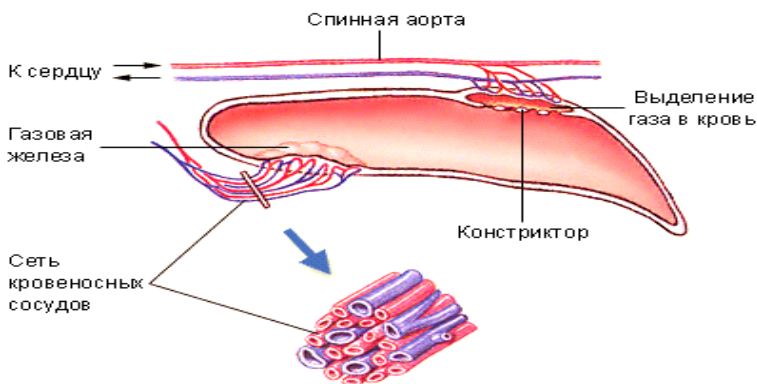


Рис. 51. Плавательный пузырь рыб и его кровоснабжение

На стороне, обращенной к полости тела, плавательный пузырь покрыт серебристой пленкой брюшины. Позади он примыкает к почкам и позвоночнику. Встречаются различные формы плавательного пузыря. У лососевых он в виде трубки, а у карповых разделен на две части. Внутренняя стенка пузыря покрыта слоем эпителиальных клеток. Под эпителиальными клетками лежит слой рыхлой соединительной ткани. В стенке плавательного пузыря находятся гладкие мышечные волокна, а также множество нервных элементов в виде волокон.

Рыбы, имеющие плавательный пузырь, делятся на две группы: открытопузырные, к которым относят большинство костистых, и закрытопузырные, к которым относят всех колочеперых (окунь, судак, тиляпия). У закрытопузырных на эмбриональной стадии имеется также открытый пузырь, но позднее воздушный ход зарастает.

Наполнение пузыря происходит вскоре после вылупления эмбрионов. Эмбрион поднимается к поверхности воды и заглатывает воздух.

В дальнейшем поднятие рыб к поверхности и заглатывание воздуха происходит при понижении давления внутри плавательного пузыря.

Состав газов плавательного пузыря различен у различных видов рыб. У окуня кислорода 25 %, карпа – 2,5, щуки – 19, красноперки – 5,8 %. Углекислоты от 0,7 до 6,2 %. Остальную часть занимает азот. При некоторых обстоятельствах возможно содержание и других газов (например, водорода у аквариумных до 80 %).

Секреция газов в плавательном пузыре находится под управлением нервной системы и регулируется рефлекторно, через нервы вегетативной нервной системы, подходящие к плавательному пузырю.

Тело рыб по удельному весу несколько тяжелее воды, и наполнение плавательного пузыря газами дает рыбе возможность уменьшить свой удельный вес и держаться на определенном уровне.

Ход работы. В емкость с водой поочередно поместите открытопузырную рыбу (карась) и закрытопузырную (тиляпия). Емкость плотно закройте крышкой и подсоедините шланг от прибора для откачивания воздуха. Затем откачайте воздух и проследите, как отреагирует та и другая рыба на повышение давления.

Пояснение к опыту. Тилляпия не может быстро резорбировать газы из плавательного пузыря, поднимается вверх и беспомощно лежит на поверхности. Карп при понижении давления выпускает избыток газов через рот и продолжает плавать. При быстром подъеме – наоборот.

Описанный опыт должен подтверждать важную роль плавательного пузыря как гидростатического органа. Большинство свободно плавающих рыб имеют плавательный пузырь. Однако при быстрых вертикальных миграциях плавательный пузырь скорее вреден, так как обмен газов между кровью и пузырем занимает продолжительное время.

Для придонных (бентических) видов наличие газа в пузыре было бы скорее недостатком, чем достоинством, поскольку требовало бы больших затрат энергии для того, чтобы достичь дна. В связи с этим не удивительно, что у многих придонных видов плавательный пузырь редуцирован, а у некоторых он совсем отсутствует.

Макрель является одним из лучших плавцов. Но чтобы продержаться на одном месте, необходимо колоссальное количество энергии. Вот почему у нее температура тела на несколько градусов выше температуры окружающей среды.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой плавательный пузырь и какую функцию он выполняет?
2. Как карась и тиляпия реагируют на резкое изменение давления воздуха?

Лабораторная работа 26. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ РЫБАМИ КИСЛОРОДА

Цель занятия: изучение потребления рыбами кислорода из воды.

Материалы и оборудование: живая рыба, установка для определения потребления рыбами кислорода из воды, оксиметр, секундомер.

Задание:

- 1) ознакомьтесь с теоретическим материалом;
- 2) исследуйте потребление рыбами кислорода из воды;
- 3) сделайте выводы.

Наиболее важным моментом в исследовании обмена веществ и энергии у животных является определение количества поглощаемого кислорода в единицу времени. Методы определения этой физиологической величины чрезвычайно разнообразны в зависимости от желаемой точности, объекта исследования и т. д.

Для исследования потребления кислорода рыбами чаще всего пользуются методом, который основан на определении количества поглощаемого кислорода в условиях проточной среды. Прибор состоит из верхнего резервуара *a* со значительным запасом воды.

Из резервуара *a* вода спускается по сифону в регулятор давления *б*. Этот регулятор представляет собой высокий узкий стакан с отводной трубкой. Он служит для поддержания на одном и том же уровне протекающей жидкости (а следовательно, и давления) в течение всего опыта. Поднимая и опуская регулятор *б*, можно увеличивать или уменьшать давление. Количество воды, притекающей из резервуара *a* в регулятор, должно быть несколько больше, чем количество воды, вытекающей через трубку, идущую от регулятора к сосуду с рыбой. Избыток воды из регулятора через отводную трубку стекает в сосуд *в*. Из регулятора вода поступает в змеевик *д*, из змеевика – в камеру *е* с подопытной рыбой (рис. 52).

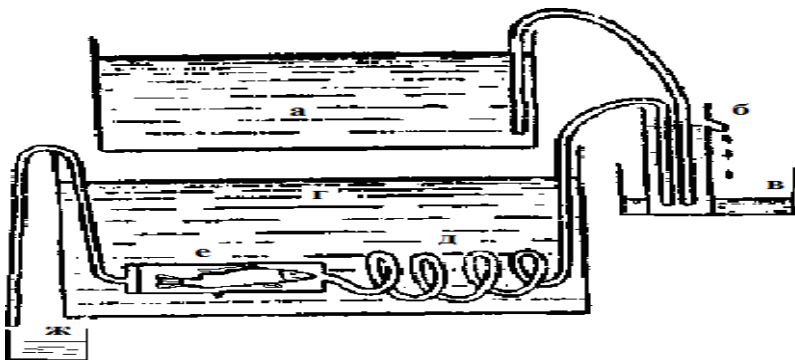


Рис. 52. Аппарат для изучения потребления кислорода рыбами

Ход работы. Определите содержание кислорода в воде верхнего резервуара *a* и в воде, прошедшей через камеру с рыбой. Одновременно определите скорость тока воды в сосуде, где находится опытная рыба. Для этого под конец трубки *ж* подставьте мензурку и отметьте количество воды, вытекающей из нее за единицу времени (например, за 1 мин).

Узнав разницу содержания кислорода в воде до и после прохождения сосуда с рыбой и определив скорость протекания воды через сосуд *e*, вычислите потребление рыбой кислорода за час или за сутки.

Контрольные вопросы

1. Какое значение имеет кислород для жизни рыб?
2. Как рассчитать потребление кислорода рыбами?

Лабораторная работа 27. ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕЛУДОЧНОГО СОКА РЫБ

Цель занятия: изучение желудочного сока рыб.

Материалы и оборудование: живая рыба, вата, пинцет, 0,1 N раствор NaOH, рН-метр (либо лакмусовая бумага).

Задание:

- 1) ознакомьтесь с теоретическим материалом;
- 2) исследуйте рН желудочного сока хищных и мирных рыб;
- 3) сделайте выводы.

Секреторная функция желудка у рыб существенно отличается от таковой у наземных теплокровных животных. Она регулируется нейрогуморальным путем, как и у других животных, но у рыб имеется и своя специфика, вызванная их систематическим положением и образом жизни. Растяжение стенки желудка (у хищных рыб) приводит к возбуждению пищеварительных центров в центральной нервной системе. По блуждающему нерву к секреторному аппарату желудка поступает стимул.

В регуляции секреции не меньшую роль играет и местная эндокринная система желудка, которая посредством биологически активных веществ – гастрина, гистамина, ацетилхолина – стимулирует секрецию желудочного сока.

Ацетилхолин является первым исполнителем воли центра. Он обладает разносторонним действием. Прежде всего, он выступает в роли медиатора в синапсах. Ацетилхолин способен непосредственно возбуждать секреторные клетки желудка. Он стимулирует выделение гастрина, вызывает усиление синтеза гистамина.

Гастрин в 1,5 раза активнее гистамина стимулирует выделение соляной кислоты. Оба слабо влияют на синтез пепсиногена. Гастрин действует на клетки слизистой желудка через кровь, т. е. с определенной временной задержкой.

Гистамин обладает паракриновым эффектом в отношении секреторных клеток желудка, т. е. действует непосредственно и, следовательно, быстро.

Суммарный секрет желудка называется *желудочным соком*. Слизь создает барьер между слизистой желудка и желудочным соком и таким образом препятствует самоперевариванию желудка.

Основными компонентами желудочного сока рыб являются слизь, ферменты и соляная кислота. Физиологическая роль соляной кислоты исключительна и сводится к следующему: она активизирует зимогены и превращает, например, пепсиноген в пепсин – активную форму.

Пепсин (от греч. πέψις – пищеварение) – протеолитический фермент класса гидролаз, вырабатываемый главными клетками слизистой оболочки желудка; осуществляет расщепление белков пищи до пептидов. Присутствует в желудочном соке большинства рыб. Пепсин не расщепляет белки до конца, он только «раскладывает» крупную белковую молекулу на части, доступные для действия пищеварительных ферментов кишечника.

Соляная кислота создает оптимальное значение pH в желудке, что важно для максимально эффективной работы ферментов. По данным

разных исследователей, рН желудочного сока колеблется от 1,2 до 5,0. Пепсин максимально активен при рН 1,0–2,0.

Соляная кислота способствует разрыхлению пищи, растворяет кости, кальцинированные кожные образования – чешую, жучки, наружный скелет и панцирь моллюсков, кораллов и т. д., а также участвует в регуляции процесса эвакуации желудочного содержимого в кишечник.

У некоторых рыб, например типичных хрящевых рыб – акул, концентрация соляной кислоты в желудочном соке достигает 3 %, поэтому тело жертвы, извлеченное из желудка акулы спустя несколько минут после потребления, как правило, уже лишено различных кальцинированных образований.

Количество производимого пепсина у рыб находится в зависимости от температуры воды. Как резкое повышение, так и понижение температуры воды уменьшают секрецию фермента.

Количество соляной кислоты и слизи в большей мере определяется количеством поступившей в желудок пищи. Растяжение стенок желудка сопровождается усилением секреции соляной кислоты.

Кроме протеолитических ферментов в желудке хищных рыб обнаруживается фермент липаза. В желудке некоторых видов, например, угря, радужной форели обнаруживают фермент хитиназу, что связано с потребляемой пищей.

Для желудочных рыб характерной является и высокая лизосомная активность. Для рыб, питающихся зоопланктоном с высоким содержанием различных полисахаридов в качестве строительного материала покровных тканей, это очень важно.

Ход работы. Для изучения желудочного сока используют два способа:

1) прижизненное получение желудочного сока. Этот способ заключается в следующем: готовят кусочек ваты, через который протягивают нить. Пинцетом вату вводят в ротоглоточную полость рыбы и оставляют в желудке (рыба проглатывает кусочек) на 1 мин. Вата пропитывается желудочным соком, и за нитку ее вытаскивают обратно. Затем вату помещают в стаканчик, куда добавляют 10 мл 0,1 N раствора NaOH, и измеряют рН с помощью лакмусовой бумажки. Содержимое стаканчика становится кислым, так как кислые радикалы желудочного сока нейтрализуют все щелочные радикалы в результате высокой концентрации (наличие HCl в желудочном соке рыб);

2) измерение рН сока путем вскрытия рыбы, отделения и удаления желудка и помещения его в тот же стаканчик с 10 мл 0,1 N раствора NaOH.

Для изучения ферментов желудочного сока используют чаще всего второй метод.

В случае если в рыбоводной практике необходимо изучить все содержимое пищеварительного тракта (например при изучении избирательной способности в питании рыб), то действия должны сводиться к следующему: работу выполняют два человека: один держит рыбу головой вниз над глубокой тарелкой, другой вводит в прямую кишку рыбы наполненный водой шприц, на который надет катетер или резиновая трубка. Затем осторожно нажимает на поршень шприца, постепенно, в течение 2–3 мин, промывая пищеварительный канал. Например, для промывки пищеварительного тракта рыб массой 20 г достаточно 2 мг воды.

Контрольные вопросы

1. Дайте пояснение понятия «желудочный сок».
2. Назовите основные ферменты желудочного сока рыб.
3. Опишите способы изучения желудочного сока.

Лабораторная работа 28. ВЛИЯНИЕ ФОНА НА ОКРАС РЫБ

Цель занятия: изучение влияния фона на окрас рыб.

Материалы и оборудование: живая рыба, емкость, затемнитель (цветная бумага), искусственное освещение.

Задание:

- 1) ознакомьтесь с теоретическим материалом;
- 2) исследуйте влияние фона на окрас рыб;
- 3) сделайте выводы.

Окраска покровов тела рыб необыкновенно разнообразна. Она различна у отдельных видов рыб, зависит от целого ряда экологических и физиологических условий. Основной является пелагическая окраска, темная спина и светлое брюхо, – это покровительственная окраска. Темная спина делает рыбу мало заметной на фоне темного дна при взгляде сверху, а светлые бока отражают свет от поверхности воды, делая ее практически незаметной при рассматривании снизу. Подобная окраска характерна для рыб, обитающих в открытой воде.

Для оседлых видов, обитающих на определенных территориях (например, пескарь, бычок, камбала), характерен другой вид окраса – рудловый. Окраска этих рыб, как и многих других придонных видов,

максимально точно повторяет окраску дна, на котором рыба находится в данный момент. Так, камбала мгновенно меняет цвет под фон дна, на котором она находится.

Разнообразная окраска рыб обусловлена наличием в их теле пигментных клеток. Всего таких клеток выделяют четыре вида:

меланофоры – содержащие черный пигмент меланин;

ксантофоры – содержащие соответственно ксантофилл и другие каротиноидные, желтые и оранжевые, пигменты;

эритрофоры – содержащие красный астаксантин;

гуанофоры – содержащие блестящий гуанин.

Цвета, присутствующие в окрасе рыб при ограниченном количестве имеющихся пигментов, образуются следующим образом: слои пигментных клеток накладываются один на другой, и в результате смешения возникают различные цвета и оттенки тела рыб. Эти клетки способны накапливать в себе пигменты, которые вырабатываются рыбой или поступают в ее организм с потребляемым кормом. Так, например, лососевые за время миграции потребляют большое количество ракообразных, содержащих в теле много пигмента астаксантина, который накапливается в эритрофорах рыб. При достижении мест икрометания рыбы приобретают ярко-красный брачный наряд (например, горбуша).

Процесс изменения цвета может протекать с разной скоростью и вызываться различными физиологическими процессами в организме рыбы. Изменение окраски тела рыб происходит вследствие сжатия или экспансии пигмента в хроматофорах.

Гуморальное воздействие на окрас рыб – это воздействие посредством гормонов, вырабатываемых ею в преднерестовый и нерестовый периоды. Центры пигментации тела у рыб лежат в спинном мозгу. При гуморальном регулировании окраса важное значение имеют гормоны, выделяемые гипофизом рыб. Недостаточная секреция гипофиза или его полное удаление ведут к сильному сжатию пигмента в меланофорах, и рыба при этом заметно светлеет.

Еще одно изменение окраски – стрессовое или агрессивное. Рыбы, пребывая в этих состояниях, либо заметно темнеют, либо, наоборот, становятся нехарактерно светлыми. Это объясняется тем, что к клеткам, содержащим черные пигменты (меланофорам), подходят нервные окончания и изменение цвета происходит под воздействием нервного импульса.

Меланофоры бывают двух типов: расположенные в эпидермисе (поверхностные) и расположенные в коже более глубоко.

Меланофоры, которые располагаются в коже, могут резко менять цвет за счет того, что зерна меланина собираются к центру (светлая окраска) или рассредоточиваются по всей клетке (темная окраска). Именно так меняет окраску камбала.

А вот меланофоры, располагающиеся самым нижним слоем и произвольно регулируемые рыбой, могут, бледнея или темнея, акцентировать или приглушать яркие тона, расположенные выше. На светлом фоне тела рыбы желтый цвет отчетливо виден, но если она темнеет, он никуда не пропадает, а просто становится незаметным, то же происходит и со многими другими оттенками.

Все приведенные механизмы цветообразования и его регуляции протекают в организме рыбы параллельно и оказывают воздействие друг на друга.

Питание рыб оказывает следующее влияние на окраску: голодающая рыба постепенно теряет красный и желтый окрас. Это объясняется тем, что именно эти пигменты участвуют в обмене веществ.

Ход работы. Одну емкость с живой рыбой поставьте на 45 мин в темное место, другую – на подоконник, а третью – посреди аудитории и наполовину оборачивайте поочередно разноцветной бумагой. Проследите, как изменится окрас рыб в зависимости от фона и освещения.

Контрольные вопросы

1. Чем обуславливается способность рыб изменять окраску?
2. Какие пигментные клетки вы знаете и за какую окраску они отвечают?
3. Опишите известные механизмы образования цвета у рыб.
4. Назовите факторы, влияющие на окраску рыб.

Лабораторная работа 29. ИЗУЧЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ РЫБ

Цель занятия: изучение методики расчета скорости движения рыб и факторов, на нее влияющих.

Материалы и оборудование: живая рыба, емкость, плакаты, линейка, секундомер.

Задание:

- 1) ознакомьтесь с теоретическим материалом;
- 2) изучите методику расчета скорости движения рыб;

- 3) определите факторы, влияющие на скорость движения рыб;
- 4) сделайте выводы.

Известно, что вода имеет большую плотность по сравнению с воздухом, но при этом рыбам удается достичь очень высоких скоростей. Например: рыба-меч – 130 км/ч; голубой марлин – 90; голубой тунец – 80 км/ч. Для обеспечения таких скоростей природа наделила рыб рядом приспособлений (морфологических, гидродинамических и метаболических).

Скорость движения рыбы в воде пропорциональна частоте и амплитуде колебаний тела и хвоста и поддается определенным математическим расчетам. Например, для представителей местной ихтиофауны предельная скорость плавания определяется по формуле

$$V = (1 / 4) [L(3f - 4)],$$

где L – длина тела, м;

f – частота колебаний тела (хвоста), Гц.

Поскольку предельные абсолютные скорости рыб зависят от их линейных размеров, предлагается использование для сопоставления скоростных возможностей рыб (так как одни имеют длину несколько сантиметров, а другие несколько метров) относительного показателя – коэффициента скорости, определяемого по формуле $K_v = V / \sqrt{L}$.

Этот коэффициент характеризует скорость рыбы, равную числу ее корпусов (длин) в секунду. Применяя данный коэффициент, все виды рыб можно классифицировать как минимум на шесть категорий (табл. 4).

Таблица 4. Коэффициент скорости разных видов рыб

| Категория | Вид рыб | Характеристика | K_v |
|-----------|--------------------------|-----------------------------|------------|
| 1 | Рыба-меч, тунцы | Очень быстро плавающие | 70 и более |
| 2 | Скумбрия, лосось, акулы | Быстро плавающие | 60–30 |
| 3 | Кефаль, треска, сельди | Умеренно быстро плавающие | 30–20 |
| 4 | Сазан, лещ, карп, плотва | Умеренно медленно плавающие | 20–10 |
| 5 | Бычки, сомы | Медленно плавающие | 10–5 |
| 6 | Рыба-луна, морской конек | Очень медленно плавающие | Менее 5 |

Согласно этой классификации рыбы с одинаковыми максимальными скоростями движения, но с различной длиной тела могут относиться к разным категориям.

Рыбы, у которых изгибы тела затруднены, используют для передвижения плавники. Плавники совершают либо волнообразные, либо

гребковые движения. При этом скат и морской конек используют грудные плавники, угорь – анальный.

Различают следующие скорости движения рыб:

1) *крейсерская скорость* V . С такой скоростью рыба может плыть часами, перемещаясь на большие расстояния. Она составляет 1,5–2 длины тела рыбы в секунду, т. е. $V = 1,5...2L$, где L – длина тела рыбы, м;

2) *максимальная скорость* V_{\max} . Такую скорость рыба может поддерживать в течение 0,5–1 мин. Она составляет 3,5–7 длин тела рыбы в секунду, т. е. $V_{\max} = 3,5...7L$.

3) *бросковая скорость* (скорость броска рыбы) V_6 . Такую скорость рыба может выдерживать в течение 3–5 с.

Для уменьшения гидродинамического сопротивления рыбы применяют две тактические уловки. Во-первых, они сохраняют ламинарность (без беспорядочных, быстрых изменений скорости) обтекающего потока по всей длине тела от головы до хвостового плавника.

Достигается это сглаживанием неровностей тела. У активных пловцов даже глаза могут быть закрыты жировыми веками, создающими своеобразные обтекатели. Все плавники, за исключением хвостового, прижимаются к телу, а у тунцов даже убираются специальные желоба и впадины тела. Многие рыбы при движении с большими скоростями переходят на так называемое пассивное дыхание. При этом вода как бы самотеком проходит через ротовую полость и жабры. На выходе из жаберного аппарата вода не создает турбулентных завихрений, как у малоподвижных видов при активном прокачивании воды через жабры, а ламинируется.

Снижение сопротивления достигается и за счет снижения трения тела о водную массу. Этому способствуют эластические свойства кожи, чешуя и кожная слизь. В опытах со щукой искусственное удаление слизи с ее тела повышало гидродинамическое сопротивление на 50 %. Слизь выступает главным фактором ламинирования обтекающего тело водяного потока у таких рыб, как угри и сомы. Эти рыбы не отличаются высокой скоростью плавания, но способны на короткие броски с высокой стартовой скоростью, что требует ламинирования потока. Однако у быстрых рыб – тунцов и акул – слизи на коже очень мало и кожа имеет шершавую, а не гладкую поверхность. Подмечено, что размер и распределение чешуи по телу также связаны с гидродинамическими характеристиками рыбы. Наличие чешуи на туловище препятствует образованию складок кожи при мышечных сокращениях, т. е. сохраняет обтекаемость тела рыбы. Крупная чешуя характерна для

малоподвижных рыб с коротким, но высоким телом, мелкая – для рыб с вытянутым телом, совершающих угревидные движения. Лучшие пловцы среди рыб имеют среднюю и мелкую чешую, причем у последних она может вообще отсутствовать в наиболее гибкой части хвостового стебля.

Неожиданно высокая мощность скелетной мускулатуры рыб отчасти объясняется повышением температуры тела во время движения. Так, у тунцов разница между температурой воды и температурой тела составляет 5–13 °С. Однако, оставаясь холоднокровными животными, рыбы проявляют большую зависимость от температуры окружающей среды. Доказано, что максимальную скорость движения каждый вид рыб проявляет в определенных температурных диапазонах. Для нерки температурным оптимумом является температура воды в 15 °С. Только при такой температуре она развивает крейсерскую скорость 5 L/c в течение 1 ч движения.

Подобная закономерность обнаружена и у других видов рыб – карася, пикши, нототении, но в другом температурном диапазоне, нередко очень узком. Например, нототения наиболее активна при температуре –1,8 °С и уже при 2 °С прекращает движение.

Влияние температуры окружающей среды на крейсерскую скорость рыб осуществляется путем изменения интенсивности обмена веществ и вязкости воды в зоне контакта с кожными покровами рыбы. У рыб с хорошо выраженным бросковым характером двигательной активности несколько другие свойства. Бросковые скорости остаются высокими в широком диапазоне температур, что увязывают с некоторым прогревом мышц при броске. Двигательная активность рыбы зависит и от некоторых дополнительных факторов. Так, предельные скорости движения у большинства рыб с хорошим зрением достигаются лишь при достаточном уровне освещенности.

Снижение концентрации кислорода в воде с 2 до 1 мг/л сопровождается снижением скорости движения с 3 до 1 L/c, т. е. в 3 раза. Еще большей чувствительностью к содержанию кислорода в воде отличается форель. Уменьшение концентрации кислорода в воде с 2,5 мг/л всего на 0,5 мг/л сопровождается четырехкратным падением крейсерской скорости рыбы.

Скорость и характер движения рыбы меняются при изменении солености, осмотического давления, содержания диоксида углерода в водной среде. Скорость движения зависит и от физиологического состояния рыбы. Так, критические скорости движения леща после нереста уменьшаются в 3–5 раз. Лососи с незрелыми половыми продуктами

(1–3-я стадии зрелости) развивают большую скорость и проявляют большую выносливость, чем рыбы перед нерестом. Отмечены половые различия в скоростных возможностях рыб одного вида. Самцы развивают более высокую скорость по сравнению с самками.

Известно и влияние сытости (голода), наличия (отсутствия) течений на двигательную активность рыб, причем эти влияния различны. Голодные рыбы более активны по сравнению с сытыми, однако предельные крейсерские скорости выше у сытых рыб.

Контрольные вопросы

1. По какой формуле рассчитывается предельная скорость рыб?
2. Какие типы скоростей движения рыб вы знаете?

Лабораторная работа 30. ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ЖЕЛЧИ

Цель занятия: изучение химического состава и функций желчи в процессе пищеварения.

Материалы и оборудование: штатив с пробирками, фарфоровая чашка, две воронки, пипетки, желчь, растительное масло, 30 % раствор тростникового сахара, концентрированная серная кислота, смесь азотной и азотистой кислот, фильтровальная бумага.

Задание:

- 1) ознакомьтесь с методикой проведения опытов и приготовьте необходимые материалы и оборудование;
- 2) проведите опыты в соответствии с ходом работы, результаты их запишите в конспект;
- 3) проанализируйте полученные данные и сделайте выводы о составе и функциях желчи в процессе пищеварения.

Желчь производится клетками печеночной паренхимы и представляет собой своеобразный пищеварительный сок. По протоку из желчного пузыря она поступает в переднюю часть кишечника и участвует в пищеварении и абсорбции липидов и подобных им веществ, например жирорастворимых витаминов (А, Д, Е, К). В состав желчи входят желчные кислоты и их соли, холестерин, неорганические соединения (соли калия, кальция, натрия и т. д.), ферменты (амило- и протеолитические).

Цвет желчи зависит от присутствия в ней пигментов – билирубина и биливердина, продуктов распада гемоглобина (билирубин) и его окисления (биливердин). Желчь участвует в процессе пищеварения

благодаря присутствию в ней желчных кислот. Желчные кислоты являются активаторами панкреатической липазы и способны усиливать действие протеолитических и амилалитических ферментов. Вместе с тем желчные кислоты понижают поверхностное натяжение воды, способствуют образованию стойких жировых эмульсий. Эмульгированный под влиянием желчи жир является более доступным для действия липазы, благодаря значительному увеличению поверхности.

Желчно-кислые соли играют значительную роль в процессе всасывания самих жиров. Вступая в соединения с жирными кислотами, они образуют растворимый комплекс, подлежащий всасыванию.

Желчь, как и другие пищеварительные соки, нейтрализует кислую реакцию поступающей из желудка пищевой массы. Благодаря этому приостанавливается действие пепсина и создаются оптимальные условия для работы трипсина. Помимо этого она оказывает бактериостатическое действие на кишечную флору, предупреждая развитие гнилостных процессов.

Считается, что выделение желчи представляет собой непрерывный процесс, однако работа печеночных клеток может усиливаться под влиянием отдельных факторов. Секреция желчи, производимой в течение суток, находится под регуляцией нервной и гуморальной систем. Раздражение блуждающего нерва сопровождается заметным усилением желчеобразования. Гуморальными возбудителями желчеобразования являются секретин и желчные кислоты. Акт еды вызывает усиление секреции желчи рефлекторным и гуморальным путем.

Распределение непрерывно образующейся желчи между пузырем и кишечным трактом основано на координированной деятельности мышц желчного пузыря и сфинктера. Когда сфинктер сокращен, а мышечные слои пузыря расслаблены, желчь направляется в пузырь. При расслаблении сфинктера и одновременном сокращении желчного пузыря желчь поступает в кишечник. Процесс выхода желчи в кишечник регулируется рефлекторно. Эффекторный путь рефлекса проходит через волокна блуждающего и симпатического нервов. При раздражении блуждающего нерва сокращаются мышцы пузыря и угнетается тонус сфинктера. Раздражение симпатического нерва, наоборот, угнетает тонус пузыря и вызывает сокращение сфинктера.

Кроме того, деятельность мышц системы, выводящей желчь, регулируется и гуморальными факторами. В переднем отделе кишечника вырабатывается специальный гормон – холецистокинин, который усиливает сокращение мышц пузыря, одновременно угнетая тонус сфинк-

тера. Таким образом этот гормон способствует опорожнению пузыря и поступлению желчи в кишечник.

Качественные реакции на составные части желчи.

1. *Реакция Петтенкофера на желчные кислоты.* В пробирку налейте равные объемы (2–3 мл) желчи и 30 % раствора сахара. Полученную жидкость тщательно перемешайте и охладите под струей холодной воды или во льду. Затем осторожно по стенке пробирки прибавляйте по капле крепкую серную кислоту. При этом после добавления каждой капли пробирку необходимо охладить во избежание обугливания сахара.

При добавлении серной кислоты первоначально из раствора выпадает буро-желтый осадок желчных кислот за счет вытеснения их серной кислотой из солей, а затем, по мере добавления кислоты в избытке, осадок растворяется, в результате чего образуется прозрачная жидкость вишневого цвета, которая при взбалтывании приобретает пурпурный цвет.

2. *Реакция Гмелина на желчные кислоты.* В пробирку налейте 1 мл смеси концентрированных азотной и азотистой кислот. По стенке этой пробирки из пипетки осторожно добавьте желчь таким образом, чтобы не происходило смешивания и жидкости наслаивались одна на другую. При этом в результате окисления желчных пигментов на границе между двумя слоями жидкостей появятся кольца различного цвета – желтого, красного, фиолетового, синего, зеленого. Последовательный ряд окраски будет соответствовать степени окисления билирубина. Аналогичные результаты можно получить на фильтровальной бумаге или в белой фарфоровой чашке. Для этого на фильтровальную бумагу или в фарфоровую чашку надо налить желчь до образования капли диаметром 1,5–2,0 см. В центр образовавшейся капли желчи пипеткой нанести несколько капель концентрированной смеси азотной и азотистой кислот. Вокруг кислоты появятся концентрические кольца характерной окраски в соответствии с глубиной окисления.

Действие желчи на жиры.

1. *Эмульгирование жиров желчью.* Приготовьте две чистые пробирки. В одну из них налейте 1,0–1,5 мл желчи, в другую – такой же объем воды. В обе пробирки добавьте такие же объемы (1,0–1,5 мл) растительного масла и тщательно взболтайте до образования жировой эмульсии. Обратите внимание на цвет образовавшихся жидкостей. Поставьте обе пробирки в штатив на 10–15 мин и отметьте различия в стойкости эмульсии по наличию расслоения жидкостей. Если между слоями жидкостей в пробирке граница не намечается и отсутствует

расслоение, то такая эмульсия является стойкой. В случае расслоения жидкостей эмульсия является нестойкой.

2. *Влияние желчи на фильтрацию жира.* В две воронки вложите бумажные фильтры и смочите один желчью, другой водой. Поставьте обе воронки в пробирки и налейте в каждую из них растительного масла. Отметьте различия в фильтрации масла через фильтры, смоченные желчью и водой.

Ход работы. Проведите качественные реакции на составные части желчи. Результаты опытов запишите в рабочую тетрадь и сделайте соответствующие выводы по каждому пункту лабораторной работы, объяснив наблюдаемые процессы.

Контрольные вопросы

1. Опишите механизмы образования желчи и ее выведения.
2. Назовите качественный состав желчи.
3. Обоснуйте функциональную роль желчи в процессе пищеварения.

Лабораторная работа 31. ИЗУЧЕНИЕ СПЕРМАТОЗОИДОВ РЫБ

Цель занятия: ознакомление с техникой исследования половых продуктов рыб.

Материалы и оборудование: сперма рыбы, этанол, 5 % раствор эозината натрия, микроскоп, предметные и покровные стекла, вата, часовые стекла, препаровальные иглы, глазные пипетки или тонкие стеклянные палочки, стеклянные стаканчики вместимостью 50–100 мл, фотоэлектроколориметр, камера Горяева, счетчики для подсчета форменных элементов крови, резиновая груша, лед, секундомер.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) рассчитайте количество сперматозоидов в 1 мм семенной жидкости;
- 3) оцените качество спермы различных видов рыб;
- 4) сделайте выводы.

Сперма рыб вырабатывается в мужских половых железах – семенниках. Объем спермы и концентрация в нем спермиев различаются у разных рыб в широких пределах. Суммарное количество спермы, полученное от рыбы за репродуктивный сезон, может превышать массу

ее семенников, так как отдельным видам свойственно порционное икрометание. При этом, как правило, чем больше объем эякулята (разовое количество спермы), тем меньше концентрация клеток в семенной жидкости. Величина сперматокрита (процент спермиев в семенной жидкости) изменяется в широких пределах: лосось – 25 %, карп – 45 %, камбала – 97 % и т. д. Сперматозоиды, полученные непосредственно из гонад, не имеют активности. Они приобретают подвижность при смешении с секретами придаточных желез, причем она резко возрастает при попадании спермиев в воду. Морфология сперматозоидов имеет видовую специфику. Двигательная способность спермиев в воде быстро возрастает и достигает максимума в 50–100 мкм/с, а затем постепенно снижается. Общее время движения спермиев в воде у разных видов рыб от 40 до 150 с. За время движения спермий может самостоятельно продвинуться всего на 20–100 собственных длин, т. е. не более чем на 1,5 см. Проникновение спермия происходит через микропиле и носит вероятностный характер.

Качественными показателями спермы являются:

- концентрация (количество сперматозоидов в 1 мкл семенной жидкости, которое устанавливают в камере Горяева);
- активность (продолжительности поступательных движений сперматозоидов в воде);
- оплодотворяющая способность (процент оплодотворения);
- вид.

Измерение объема эякулята и визуальная оценка спермиев по цвету и консистенции. Для получения спермы насухо протрите марлей брюшко рыбы, особенно в области генитального отверстия, брюшных и анального плавников. Легкими массажными движениями в направлении от брюшных плавников к хвосту отцедите сперму в заранее приготовленную емкость. Сперму соберите таким образом, чтобы в нее не попала вода, моча, содержимое кишечника, слизь, кровь. Пробирку с эякулятом поместите в емкость со льдом.

Объем эякулята измерьте с помощью мерного сосуда с точностью до 0,1–0,2 мл. Визуально проведите оценку спермы по ее консистенции: густая, средняя или жидкая.

Густая сперма, в зависимости от вида рыбы, течет обильной (плотной) струей или стекает густыми каплями и имеет вид сгущенного молока с желтым оттенком.

Сперма средней консистенции имеет молочно-белый цвет и течет, как обычное молоко.

Редкая (плохая) сперма имеет вид разбавленного молока с голубоватым оттенком.

Определение активности спермиев. В стеклянную посуду вместимостью 50–100 мл налейте воды, поместите термометр и глазную пипетку или тонкую стеклянную палочку для взятия капель воды.

В посуде с водой поддерживайте температуру в пределах нересловых температур, характерных для исследуемого вида рыбы.

Подготовьте микроскоп, подбирая объективы с увеличением (объектив 8–20×, окуляр 10–15×).

Нанесите пипеткой или стеклянной палочкой каплю воды на часовые стекла. Препаровальной иглой внесите небольшое количество спермы в каплю воды и одновременно включите секундомер. Понаблюдайте за движением спермиев и отключите секундомер, когда большинство (50–60 %) спермиев перейдет от поступательного движения к колебательному.

Определяйте активность спермиев в каждой пробе не менее трех раз и по полученным данным вычислите средний результат.

Определение соотношения живых и мертвых спермиев. Соотношение в эякуляте живых и мертвых спермиев определяют двумя способами: оценкой спермы по 5-балльной шкале и с помощью окрашивания.

Определение соотношения живых и мертвых спермиев по 5-балльной шкале. Очень маленькую каплю спермы поместите на предметное стекло, добавьте каплю воды для активации спермиев, препарат быстро накройте предметным стеклом и рассматривайте под микроскопом при большом увеличении (40×10 или 40×15).

Качество эякулята оцените по следующей шкале:

5 баллов – в мазке сперматозоиды проявляют очень быстрое и энергичное поступательное движение, за счет которого чрезвычайно быстро возникают вихреобразное движение и небольшие завихрения, постоянно изменяющиеся в поле зрения;

4 балла – быстрое поступательное движение сперматозоидов и внезапное формирование вихреобразного движения и завихрений в просматриваемом мазке;

3 балла – устойчивое, средней силы поступательное движение сперматозоидов. Вихреобразное движение и небольшие завихрения более медленные в поле зрения;

2 балла – слабое поступательное движение, отмечаются остановки

и возобновления движения сперматозоидов. Вихреобразное движение и завихрения отсутствуют;

1 балл – слабое волнообразное или колебательное движение сперматозоидов;

0 баллов – отсутствие в мазке подвижных сперматозоидов.

Определение соотношения живых и мертвых спермиев с помощью окрашивания. Приготовьте 5 % раствор эозината натрия. На чистое обезжиренное предметное стекло нанесите небольшую каплю спермы и добавьте к ней относительно большую каплю водного раствора эозината натрия. Смешивайте в течение 1–3 с стеклянной палочкой сперму с красителем и шлифованным краем другого стекла нанесите тонкий мазок, подсушите на воздухе (30–50 с).

Под микроскопом при 300–400-разовом увеличении рассмотрите в пяти полях зрения по 100 спермиев, подсчитайте отдельно число погибших (прокрашенных) и живых спермиев, которые выделяются на розовом фоне белыми головками.

Определение потенциальных свойств спермиев. В камере Горяева протрите покровное стекло до появления радужных колец. В пробирку наберите 4 мл воды и добавьте из пипетки от гемометра Сали 0,02 мл спермы. Сперму тщательно смешайте с водой. Каплю полученной суспензии поместите в камеру Горяева и оставьте на 3–5 мин для осаждения спермиев. Подсчитайте спермии в пяти больших (80 малых) квадратах. Подсчет производите в больших квадратах, размещенных по диагонали сетки. В каждом квадрате учитывайте спермии, которые находятся в середине и размещены на левой и верхней линиях квадрата.

Концентрацию спермиев вычислите, используя формулу

$$C = nD / NV \cdot 1000000,$$

где C – концентрация спермиев, млн/мм³;

n – число подсчитанных спермиев, шт.;

D – степень разбавления спермы (200);

N – число подсчитанных малых квадратов, шт.;

V – объем малого квадрата (1/4000 мм³);

1000000 – множитель для пересчета концентрации спермы.

Определение концентрации спермиев с помощью фотоэлектрокolorиметра. Приготовьте суспензию спермы, набрав в пробирку 4 мл воды и добавив 0,02 мл спермы. Полученную суспензию тщательно смешайте. Определение проведите в светофильтре, используя

кюветы с толщиной поверхности жидкости 1 мм. Концентрацию спермиев 10–30 самцов определите параллельно с помощью камеры Горяева и фотоэлектроколориметра.

Полученные данные периодически перепроверяйте перерасчетом 2–3 проб в камере Горяева.

Результаты исследований занесите в табл. 5.

Т а б л и ц а 5. Результаты исследований спермы

| Показатель | Значение |
|---|----------|
| Возраст рыбы, лет | |
| Масса рыбы, г | |
| Длина рыбы, см | |
| Визуальная оценка эякулята | |
| Объем эякулята, см ³ | |
| Активность спермиев (при температуре воды, °С), с | |
| Количество живых спермиев, % | |
| Концентрация спермиев, млн/мм ³ | |

Контрольные вопросы

1. От каких факторов зависит подвижность сперматозоидов рыб?
2. Как проводят визуальное определение качества спермы рыб?
3. Каким образом определяют активность сперматозоидов?
4. Опишите методику определения соотношения живых и мертвых сперматозоидов.

Лабораторная работа 32. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛОВЫХ ГОРМОНОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛА У МАЛЬКОВ РЫБ

Цель занятия: выяснение влияния половых гормонов на формирование пола у рыб.

Материалы и оборудование: мальки рыб, два аквариума, стероидные гормоны – эстроген и андроген или их синтетические аналоги.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) приготовьте гормональные препараты для опытов;
- 3) проведите опыты по предлагаемой методике;
- 4) сделайте выводы.

Управление полом при искусственном разведении рыб имеет

большое практическое значение. Особенно важным этот технологический прием считается при разведении ценных рыб – осетровых и лососевых, так как ввиду особого спроса на деликатесную пищевую икру в стаде рыб желательно иметь большое поголовье самок. Но половые признаки у этих видов проявляются довольно поздно, когда уже затрачено много средств и времени.

Регулировать пол в индустриальных условиях выращивания удается за счет применения стероидных гормонов. Считается, что андрогены и эстрогены не разрушаются в желудочно-кишечном тракте, поэтому они с успехом добавляются в различные корма для рыб. В качестве искусственного заменителя андрогена очень эффективно использование метилтестостерона. При добавлении в рацион форели этого гормона (3 мг/кг) все особи превращались в самцов.

В качестве заменителя эстрогена успешно используют гормон эстрадиол. При введении его в рацион лососевых рыб (20 мг/кг) полностью формируется (на 100 %) женское стадо.

Таким образом, гормональная регуляция пола с помощью синтетических или природных стероидов является важным технологическим приемом в рыбоводстве.

Ход работы. Одновозрастные мальковые группы рыб поместите в два аквариума. В один из них добавьте метилтестостерон, в другой – эстроген. Мальков следует выращивать до появления половых признаков, после чего в каждом аквариуме необходимо подсчитать число самок и самцов и сравнить результаты.

Приготовление 0,01 % раствора метилтестостерона. Две таблетки препарата (по 0,05 г) разотрите в порошок и растворите в 10 мл 70 % этанола. Затем в смесь добавьте воду до объема 100 мл, перемешайте и профильтруйте. Приготовленный раствор залейте в аквариум через день из расчета 10 капель на 15 л воды.

Контрольные вопросы

1. Назовите половые гормоны рыб.
2. Опишите методику получения гомосексуального стада у рыб.

Лабораторная работа 33. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОНАДОТРОПНОЙ АКТИВНОСТИ ГИПОФИЗА РЫБ И ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНИКИ ВВЕДЕНИЯ ГОРМОНОВ В ОРГАНИЗМ РЫБ

Цель занятия: овладение методикой определения активности гипофиза рыб и освоение техники введения гонадотропного гормона.

Материалы и оборудование: самцы лягушек, сухой препарат гипофиза рыб, аналитические весы, шприцы, инъекционные иглы.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) приготовьте гипофизарные инъекции для опытов;
- 3) проведите опыты по предлагаемой методике;
- 4) сделайте выводы.

Гипофиз рыб (от лат. *hypophysis* – отросток) – мозговой придаток в форме округлого образования, расположенного на нижней поверхности головного мозга. Вырабатывает гормоны, влияющие на рост, обмен веществ и репродуктивную функцию рыб. Является центральным органом эндокринной системы, тесно связан и взаимодействует с гипоталамусом (рис. 53).

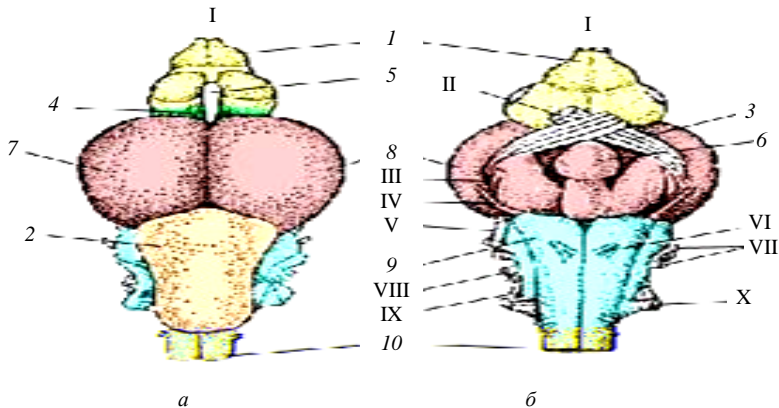


Рис. 53. Головной мозг форели (по Видерсгейму): *а* – вид сверху; *б* – вид снизу;
 I – обонятельная луковица; 2 – мозжечок; 3 – перекрест зрительных нервов;
 4 – промежуточный мозг; 5 – эпифиз; 6 – гипофиз; 7 – зрительные доли среднего мозга;
 8 – средний мозг; 9 – продолговатый мозг; 10 – спинной мозг;
 I–X – головные нервы

При внутримышечных инъекциях суспензии гипофиза рыб производителям гонадотропный гормон поступает в кровь и стимулирует у них переход половых желез от IV к V стадии зрелости (стадии по Киселевичу), получение зрелой, способной к оплодотворению икры у самок и доброкачественной спермы у самцов. При такой искусственной стимуляции созревания производителей путем введения им суспензий гипофизов, взятых от других рыб, происходит увеличение количества гонадотропного гормона гипофиза в крови.

В ряде случаев гонадотропный гормон обладает видовой специфичностью, т. е. гипофиз, взятый у рыб одного вида, может оказаться неэффективным для других видов рыб. Например, гипофизы судака не подходят для стимуляции созревания у карповых рыб, поэтому на рыбоводных предприятиях для стимуляции созревания производителей используют, как правило, гипофизы того же вида рыбы. Гипофизы берут только у рыб, находящихся на IV стадии зрелости. Наилучшее время заготовки гипофизов – преднерестовая миграция.

В природной среде то же самое происходит под влиянием нерестовых условий, усиливающих выделение собственного гонадотропного гормона. Для того чтобы обеспечить длительность хранения гипофизов, извлеченных у рыб-доноров, их подвергают обработке химически чистым ацетоном, который обезживает и обезжиривает ткань гипофиза. Последовательность приготовления гипофизарных препаратов показана на рис. 54.

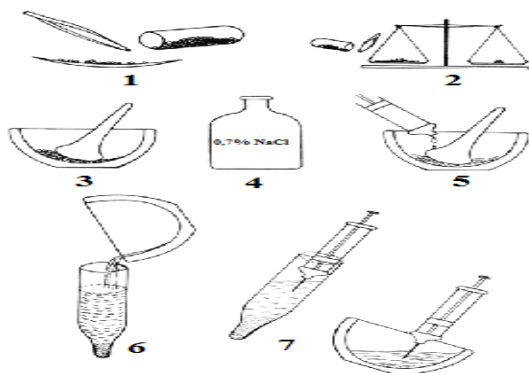


Рис. 54. Приготовление гипофизарного препарата: 1 – отбор гипофиза; 2 – взвешивание; 3 – растирание в ступке; 4 – физиологический раствор; 5 – смешивание физраствора и гипофиза; 6 – перенос готового препарата в колбу; 7 – отбор необходимого объема препарата для инъекции

Доза гипофизов для приготовления гипофизарных инъекций при физиологическом методе стимулирования созревания половых продуктов во многом зависит от их качества. Поэтому перед инъекцированием проводят тестирование гипофизов.

Тестирование гипофизов. До настоящего времени не существует способа химического анализа содержания гонадотропных гормонов, поэтому для определения качества гормона используют различные реакции органов животных, получивших инъекцию исследуемых препаратов. Такой способ оценки содержания гормона называется биологическим тестированием, а используемые животные – тестами-объектами. Наиболее удачными тестами-объектами для оценки гонадотропной активности гипофиза рыб можно считать самок вьюна и самцов лягушек.

Биологическую активность гипофиза определяют во вьюновых единицах (ВЕ) и лягушачьих единицах (ЛЕ).

Вьюновая единица – это минимальное количество гонадотропного гормона, которое вызвало через 30–50 ч после инъекции созревание и овуляцию икры у зимних самок вьюна массой 35–45 г с гонадами в IV стадии зрелости при температуре воды 16 °С в лабораторных условиях.

Лягушачья единица – это минимальная доза гипофиза, вызвавшая реакцию спермации у самцов лягушек.

От техники введения гонадотропного гормона полностью зависит эффективность действия его. Гонадотропные гормоны вводят на столе с мягким покрытием. Работу проводят два человека: один вылавливает рыбу и держит ее во время инъекцирования, а второй вводит суспензию гипофиза либо в спинную часть, либо в мышцы грудного плавника с помощью иголки со шприцем.

Ход работы. Разделите на три группы 15 самцов лягушек. Для инъекцирования отберите несколько высушенных гипофизов, взвесьте их на аналитических весах с точностью до 0,1 мг. Вводите суспензию гипофиза в спинные лимфатические мешки лягушек так, чтобы самцам первой группы было инъекцировано по 0,2 мг сухого препарата гипофиза, второй – по 0,3 и третьей – по 0,4 мг.

Позитивная реакция у лягушек проявляется в появлении в их сперме (клоаке) подвижных сперматозоидов. Реакция наступает через 40–50 мин. Тестирование дает хорошие результаты при температуре 18–23 °С.

Показателем биологической активности испытуемого препарата

гипофиза является его минимальная доза, вызвавшая реакцию спермации приблизительно у половины проинъецированных лягушек.

Биологическая активность препарата определяется делением единицы на массовый показатель минимальной эффективности дозы.

При введении гонадотропного гормона в организм рыб иголку необходимо ввести на всю длину под наклоном с таким расчетом, чтобы не вызвать у рыбы заболевание. Суспензию вводят медленно в мышцы спины выше боковой линии в первую треть тела рыбы (рис. 55).

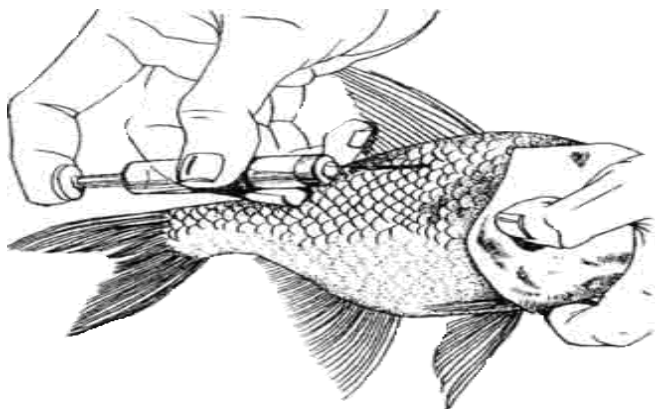


Рис. 55. Техника введения суспензии гормона в мышцы рыб

Значительно реже гонадотропный гормон вводят в мышцы грудного плавника. Место укола прижмите пальцем и после удаления иглы несколько секунд помассируйте его, так как часть введенной суспензии может вылиться наружу и доза гонадотропного гормона может быть занижена.

Для мышечной инъекции используют тонкие и длинные иголки длиной 50–60 мм, так как они меньше травмируют кожу и глубоко проникают в мышечную ткань.

Контрольные вопросы

1. Что такое гипофиз?
2. Какова функция гипофиза рыб?
3. Назовите оптимальные дозы гипофизарных инъекций для рыб и их способы.

Лабораторная работа 34. РАСЧЕТ ДОЗЫ ГОРМОНАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ОВУЛЯЦИИ И СПЕРМАЦИИ

Цель занятия: изучение методики расчета дозы гормонального препарата.

Материалы и оборудование: рыбы различных видов, препараты для гормональных инъекций, аналитические весы, шприцы, инъекционные иглы.

Задание:

- 1) изучите теоретический материал;
- 2) рассчитайте дозы гормональных инъекций;
- 3) проведите инъекции;
- 4) сделайте выводы.

Получение зрелых производителей при заводском методе обеспечивается путем гормональной стимуляции. Гормональная стимуляция производителей карпа производится:

- при наступлении нерестовых температур;
- раннем получении икры в условиях регулируемого температурного режима;
- температуре воды ниже нерестового порога в условиях нерегулируемого температурного режима.

В каждом конкретном случае в зависимости от степени зрелости половых продуктов производителей карпа и температурных условий используют разные схемы гипофизарных инъекций. Следует помнить, что выбор схемы гормональной стимуляции созревания половых продуктов у самок в основном зависит от степени зрелости овоцитов старшей генерации, так как овоциты младшей генерации не реагируют на гипофизарные инъекции.

Степень зрелости половых клеток у самок определяют по положению ядра: если ядро в овоцитах смещено к оболочке, то степень зрелости высокая; если же ядро находится почти в центре, то овоциты далеки от зрелости. Икру для определения степени зрелости берут щупом.

При нерестовых температурах воды получение зрелых производителей обеспечивается при однократной инъекции. Доза сухого вещества гипофиза для самок составляет 2,0–2,5 мг на 1 кг массы тела, а для самцов – в 2 раза меньше. Содержание самок при нерестовых температурах до инъекции составляет 4–5 сут.

После инъектирования самок и самцов помещают в отдельные садки, в которых обеспечивают постоянную проточность. В садках в за-

висимости от температуры воды продолжительность созревания самок колеблется от 6–9 ч ($t = 24\text{--}26\text{ }^\circ\text{C}$) до 23–28 ч ($t = 15\text{--}16\text{ }^\circ\text{C}$).

При раннем получении икры в условиях регулируемого температурного режима необходимо использовать дробную схему гипофизарных инъекций.

Следует помнить, что промежуток между первой (предварительной) дозой инъекции и второй (разрешающей) дозой должен быть от 12 до 24 ч. За более короткий промежуток времени в овоцитах не успевают произойти необходимые морфологические изменения, вызванные введением первой дозы гонадотропного гормона. В этом случае инъекция второй большой дозы гормона может вызвать нарушение процессов созревания.

Ход работы. Сделайте расчет доз гипофизарных инъекций для дозревания половых продуктов у растительноядных рыб массой не более 5–6 кг.

Согласно нормативам, для дозревания половых продуктов и получения эффекта овуляции самкам средней массой 5–6 кг требуется 3–4 мг сухого вещества гипофиза на 1 кг массы тела, самкам большей массы – 5–6 мг на 1 кг массы.

Предварительная доза инъекции составляет $\frac{1}{8}\text{--}\frac{1}{10}$ общей дозы (т. е. приблизительно 0,3 мг гипофиза на 1 кг массы самки). Разрешающая доза составляет $\frac{9}{10}$ общей дозы. Самцов инъецируют однократно половиной дозы самок во время введения разрешающей дозы самкам. Температура воды во время инъецирования растительноядных рыб должна быть 20–25 °С.

Пример. Партия гипофизов (100 шт.) общей массой 250 мг (средняя масса гипофиза 2,5 мг). Количество самок для инъецирования – 10 экз. общей массой 30 кг, самцов – 5 экз. общей массой 10 кг. Температура воды во время инъецирования 20–25 °С.

Расчет для самок. Предварительная доза сухого вещества гипофиза должна составить: $0,5\text{ мг/кг} \cdot 10\text{ шт.} \cdot 30\text{ кг} = 150\text{ мг}$.

Разрешающая доза составит: $4,5\text{ мг/кг} \cdot 10\text{ шт.} \cdot 30\text{ кг} = 1350\text{ мг}$.

Таким образом, общая масса гипофизов для самок составит: $150\text{ мг} + 1350\text{ мг} = 1500\text{ мг}$, или 600 шт. гипофизов ($1500\text{ мг} / 2,5\text{ мг}$).

Расчет для самцов. Общая необходимая масса гипофизов составит: $2,5\text{ мг/кг} \cdot 5\text{ экз.} \cdot 2\text{ кг} = 25\text{ мг}$, или 10 гипофизов ($2,5\text{ мг} / 2,5\text{ мг}$).

Объем суспензии. Во время проведения предварительной дозы инъекции самкам объем суспензии не должен превышать 0,5 мл на одну рыбу. Следовательно, для введения предварительной дозы гипофиза

самкам объем ее составит: $0,5 \text{ мл} \cdot 10 \text{ самок} = 5 \text{ мл}$; объем разрешающей дозы равен: $1 \text{ мл} \cdot 10 \text{ самок} = 10 \text{ мл}$.

Самцам необходимо ввести: $5 \text{ экз.} \cdot 0,5 \text{ мл} = 2,5 \text{ мл}$ суспензии.

Контрольные вопросы

1. При каких условиях проводят гипофизарные инъекции рыбам?
2. Что такое предварительная и разрешающая доза?
3. Назовите оптимальные дозы гипофизарных инъекций для самок и самцов.
4. Рассчитайте дозы инъекций для конкретного вида рыб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Верещагина, В. А. Основы общей цитологии: учеб. пособие / В. А. Верещагина. – Санкт-Петербург: Academia, 2009. – 176 с.
2. Калайда, М. Л. Общая гистология и эмбриология рыб. Практикум: учеб. пособие / М. Л. Калайда, М. В. Нигметзянова, С. Д. Борисова. – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2012. – 88 с.
3. Котуранов, П. Н. Морфология рыб / П. Н. Котуранов. – Горки: БГСХА, 2004. – 112 с.
4. Кузнецов, С. Л. Лекции по гистологии, цитологии и эмбриологии: учеб. пособие / С. Л. Кузнецов. – Москва: МИА, 2009. – 480 с.
5. Макеева, А. П. Эмбриология рыб / А. П. Макеева. – Москва: МГУ, 1992. – 180 с.
6. Иванов, А. А. Физиология рыб / А. А. Иванов. – Москва: Изд-во «Лань», 2011. – 288 с.
7. Яржомбек, А. А. Физиология рыб: учеб. пособие / А. А. Яржомбек. – Москва: Колос, 2007. – 156 с.
8. Житенева, Л. Д. Основы ихтиогематологии (в сравнительном аспекте) / Л. Д. Житенева, Э. В. Макаров, О. А. Рудницкая. – Ростов-на-Дону: Эверест, 2004. – 312 с.
9. Физиология рыб / П. А. Дехтярьов [та інш.]. – Київ: Вища шк., 2001. – 127 с.
10. Голодец, Г. Г. Лабораторный практикум по физиологии рыб / Г. Г. Голодец. – Москва: Пищепромиздат, 1955. – 92 с.
11. Яхонтов, А. А. Зоология для учителя: Хордовые / А. А. Яхонтов; под ред. А. В. Михеева. – 2-е изд. – Москва: Просвещение, 1985. – 448 с.: ил.
12. Научно-информационный журнал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biofile.ru/bio>. – Дата доступа 13.08.2015.
13. Будниченко, В. А. Физиология рыб: метод. указания по выполнению лабораторных работ / В. А. Будниченко. – Керчь, 2009. – 54 с.
14. Биотехника размножения сельскохозяйственных животных: метод. указания: в 3 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост.: Г. Ф. Медведев, Н. И. Гавриченко, И. А. Долин. – Горки, 2008. – Ч. 2: Получение и оценка качества спермы самцов сельскохозяйственных животных и птиц. – 52 с.
15. Строение рыб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://titorovanatali.ru/index.php/lectures-zoology/220-klass-ryby>. – Дата доступа: 21.04.2017.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение..... | 3 |
| Раздел 1. Морфология рыб..... | 4 |
| Лабораторная работа 1. Строение клетки. Органоиды, включения, специализированные структуры..... | 4 |
| Лабораторная работа 2. Деление клетки: митоз, мейоз, амитоз..... | 7 |
| Лабораторная работа 3. Строение и развитие половых клеток..... | 11 |
| Лабораторная работа 4. Ранние этапы эмбрионального развития..... | 15 |
| Дробление. Гастрюляция..... | 15 |
| Лабораторная работа 5. Эмбриональное развитие карпа..... | 20 |
| Лабораторная работа 6. Эмбриональное развитие растительноядных рыб (белый амур)..... | 25 |
| Лабораторная работа 7. Эмбриональное развитие сиговых рыб (омуль)..... | 28 |
| Лабораторная работа 8. Эмбриональное развитие лососевых рыб (радужная форель)..... | 30 |
| Лабораторная работа 9. Строение внешних покровов рыб..... | 33 |
| Лабораторная работа 10. Строение скелета рыб..... | 38 |
| Лабораторная работа 11. Морфофункциональные особенности дыхательной системы рыб..... | 44 |
| Лабораторная работа 12. Топография внутренних органов рыб..... | 47 |
| Лабораторная работа 13. Морфофункциональные особенности кровеносной системы рыб..... | 52 |
| Лабораторная работа 14. Морфофункциональные особенности нервной системы рыб..... | 54 |
| Лабораторная работа 15. Морфофункциональные особенности мочеполовой системы рыб..... | 58 |
| Лабораторная работа 16. Морфофункциональные особенности органов чувств рыб..... | 60 |
| Раздел 2. Физиология рыб..... | 65 |
| Лабораторная работа 17. Способы взятия крови у рыб..... | 65 |
| Лабораторная работа 18. Видовые различия форменных элементов крови рыб. Приготовление и окраска мазков..... | 67 |
| Лабораторная работа 19. Определение количества форменных элементов в крови рыб..... | 70 |
| Лабораторная работа 20. Определение количества гемоглобина в крови рыб..... | 73 |
| Лабораторная работа 21. Определение реакции оседания эритроцитов..... | 75 |
| Лабораторная работа 22. Определение лейкоцитарной формулы..... | 78 |
| Лабораторная работа 23. Влияние температуры воды, содержания углекислоты и кислорода на функцию дыхания рыб..... | 80 |
| Лабораторная работа 24. Изучение терморецепции рыб..... | 81 |
| Лабораторная работа 25. Плавательный пузырь как гидростатический орган рыб..... | 83 |
| Лабораторная работа 26. Исследование потребления рыбами кислорода..... | 86 |
| Лабораторная работа 27. Исследование желудочного сока рыб..... | 87 |
| Лабораторная работа 28. Влияние фона на окрас рыб..... | 90 |
| Лабораторная работа 29. Изучение скорости движения рыб..... | 92 |
| Лабораторная работа 30. Изучение состава и свойств желчи..... | 96 |

| | |
|---|-----|
| Лабораторная работа 31. Изучение сперматозоидов рыб..... | 99 |
| Лабораторная работа 32. Определение влияния половых гормонов на формирование пола у мальков рыб..... | 103 |
| Лабораторная работа 33. Определение гонадотропной активности гипофиза рыб и изучение техники введения гормонов в организм рыб..... | 105 |
| Лабораторная работа 34. Расчет дозы гормональных препаратов для овуляции и спермации..... | 109 |
| Библиографический список..... | 112 |

Учебное издание

Усов Михаил Михайлович

МОРФОЛОГИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ РЫБ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Н. Н. Пьянусова*

Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 20.11.2017. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 6,74. Уч.-изд. л. 5,72.

Тираж 60 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.

Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.