

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. В.П. Астафьева

ФАКУЛЬТЕТ БИОЛОГИИ, ГЕОГРАФИИ И ХИМИИ  
Кафедра физиологии человека и методики обучения биологии

**НАЙМАН МАКСИМ АНДРЕЕВИЧ**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**МЕТОДИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ И ФОНДЫ  
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ОСВОЕНИИ  
СРАВНИТЕЛЬНО-ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА В  
ШКОЛЬНОЙ БИОЛОГИИ**

Направление подготовки: 44.04.01 Педагогическое образование  
Направленность (профиль) образовательной программы: Теория и методика  
естественнонаучного образования

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
биологии, химии и экологии,  
д.б.н., профессор Антипова Е.М.

13.05.2021 Е.М. Антипова

Руководитель магистерской  
программы

д.п.н., профессор Смирнова Н.З.

Н.З. Смирнова  
Научный руководитель

д. б. н., профессор Баранов А.А.

А.А. Баранов  
Дата защиты « 30 » июня 2021 г.

Обучающийся Найман М.А.

М.А. Найман  
Оценка отлично

Красноярск 2021

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СРАВНИТЕЛЬНО-ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА В ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИИ.....	8
1.1. Ретроспектива проблемы становления сравнительного метода в биологии животных .....	8
1.2. Теоретические основы инновационного сравнительно-эволюционного подхода в изучении биологии .....	24
1.3. Сравнительно-эволюционный подход при изучении школьной биологии в свете ФГОС ООО.....	39
ГЛАВА II. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕАЛИЗАЦИИ СРАВНИТЕЛЬНО- ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА В ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИИ.....	51
2.1. Модель экспериментальной методики применения сравнительно- эволюционного подхода на уроках биологии.....	51
2.2. Экспериментальная методика сравнительно-эволюционного подхода при изучении биологии 7 класса в разделе «Хордовые животные».....	56
ВЫВОДЫ.....	100
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	102
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	108

## ВВЕДЕНИЕ

Модернизация школьного образования, реализуемая в настоящее время в рамках Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. № 1897, зарегистрирован Минюстом России 01 февраля 2011 года), на первое место выдвигает требования к результатам образования, которые должны быть значимы за пределами системы образования [1].

Глобализация современного мира заставляет перестраиваться все государственные системы, в том числе и образование. Возрастают требования к выпускникам, все больше ценится способность к быстрой адаптации обучающегося к условиям международной конкуренции и это является важнейшим фактором успешного и устойчивого развития. Особенно эта тенденция набирает силу в процессе реализации Национального проекта РФ «Образование» до 2024 года. Образовательная политика России ставит главным приоритетом доступность качества образования. И на данный момент на каждом из уровней образования значительное место выделяется для исследования качества подготовки обучающихся. В отношении развития гражданских, бытовых, профессиональных компетенций личности, качество образования как социальная категория является показателем результативности и состояния образовательного процесса в обществе.

В связи с реализацией Национального проекта РФ требуются новые подходы к целеполаганию, отбору содержания образования, координации форм и методов организации образовательного процесса. Этот процесс обновления требует даже не столько реконструкции содержания обучения и воспитания, а как совершенствования методической работы в общеобразовательных учреждениях.

Современный период является сложным этапом как в развитии школы, так и в развитии биологического образования в частности. Многие уважаемые ученые (кандидаты и доктора биологических наук) отмечают

большое количество проблем, касающихся современного состояния биологии в школе: начиная с устаревших данных в учебниках и заканчивая отсутствием интереса обучающихся к биологии вообще [53].

Все это сводится к одному: учителя дают учащимся перечень тезисов, терминов по той или иной теме. Обычно, эти тезисы никак не связываются между собой, не устанавливаются причинно-следственные связи, поэтому у обучающихся работает в основном механическая память. Но как показала практика, они быстро забывают материал предыдущих уроков.

В чем же причины такой ситуации? По большей части, проблема кроется в самих образовательных программах. В настоящее время содержание биологии перенасыщено невзаимосвязанной (обычно частной) информацией, преимущественно морфологического характера. Высокая информативность предметов, нехватка времени, отведённого на изучение предмета сильно сказывается на образовательном процессе [32]. Если раньше учитель был основным носителем информации, и дети слушали его объяснения, если можно так выразиться, «раскрыв рты», то сегодня традиционный подход в обучении, который опирается на репродуктивный, объяснительно-иллюстративный методы не приносит удовлетворения ни учителю, ни, соответственно, ученикам. Возникла проблема поиска таких форм и методов обучения, которые позволили бы повысить эффективность усвоения биологических знаний и умений, обеспечить понимание и усвоение большого объёма информации без потери интереса к предмету, помогли бы распознать в каждом школьнике его индивидуальные особенности и возможности, и на этой основе воспитывали бы у него стремление к познанию и творчеству.

Для решения вышеставленной проблемы есть много методов и подходов. Один из них – пересмотрение структуры биологического содержания, его существенная интерпретация на основе применения относительно нового в школьной практике сравнительно-эволюционного

подхода, который базируется (именно в данной проблеме) на внутрипредметной интеграции биологического содержания.

Разрозненное изучение классов хордовых животных (отсутствие теоретических связей между ними) в курсе биологии 7 класса нарушает построение причинно-следственных связей и выведение биологических закономерностей в знаниях обучающихся. Поэтому необходима внутрипредметная интеграция содержания, чтобы сформировать целостное представление о живой природе (о животном мире, в частности).

Впервые в отечественной (и мировой) зоологии идеи сравнительно-эволюционного подхода появляются в трудах И.И. Шмальгаузена, который как раз и предложил интегрированное изучение Хордовых животных, ставя на первый план принцип функциональности, а не морфологическое описание хордовых животных. Также над этой проблемой работали Ф.Я. Дзержинский, С.П. Наумов, К. Шмидт-Ниельсон. Но трудов по интерпретации данного содержания для общеобразовательной школы не существовало. Важным этапом в модернизации школьного курса биологии стало создание учебного пособия «Закономерности морфофункциональной организации и эволюции хордовых животных». Поэтому возникает необходимость в написании методического пособия, для более простого внедрения содержания и идей данного учебного пособия в педагогическую практику учителей биологии.

Возникает проблема в поиске и применении методов и приемов при планировании уроков биологии по изучению хордовых животных в условиях реализации сравнительно-эволюционного подхода. Проблема усугубляется тем, что внутрипредметная интеграция и сравнительно-эволюционный подход слабо изучены в методике обучения биологии, что сводится к почти полному отсутствию не только методических рекомендаций, но и оценочных материалов.

Цель исследования: разработка методического сопровождения по реализации сравнительно-эволюционного подхода и интеграции содержания раздела «Хордовые животные» на уроках биологии в 7 классе.

Объект исследования: процесс обучения биологии в основной школе.

Предмет: методическое сопровождение при освоении сравнительно-эволюционного подхода в школьной биологии.

Задачи исследования:

1. Определить место сравнительно-эволюционного подхода в системе школьного биологического образования в условиях требований ФГОС ООО.

2. Разработать содержание методического сопровождения организации учебных занятий в условиях реализации сравнительно-эволюционного подхода.

3. Выявить эффективность реализации экспериментальной методики при изучении раздела «Хордовые животные» на уроках биологии в 7 классе.

Гипотеза исследования содержит предположение о том, что методика, разработанная в условиях реализации сравнительно-эволюционного подхода, выступит как средство повышения качества биологического образования, если:

- учебные цели будут ориентированы на повышение уровня качества биологических знаний;

- будут выявлены принципы создания методической разработки;

- определены критерии и формы оценки качества биологических знаний и уровня достижения метапредметных результатов.

Для решения поставленных задач и проверки выдвинутой гипотезы использовались следующие методы исследования:

- *теоретические* – анализ психолого-педагогических, методических работ по теме исследования, нормативных документов, учебно-методических материалов по обучению в школе; проектирование модели методики практико-ориентированной деятельности; прогнозирование образовательных результатов;

- *эмпирические* – наблюдение, обобщение педагогического опыта, педагогический эксперимент; качественный и количественный анализ экспериментальных данных;

– *статистические* – обработка данных, полученных в ходе экспериментально-опытной работы средствами математической статистики.

Научная новизна и практическая значимость исследования заключается в том, что разработана методика реализации относительно нового в школьной биологии сравнительно-эволюционного подхода освоения содержания раздела «Хордовые животные» в курсе биологии 7 класса.

Опытно-экспериментальная работа проводилась с обучающимися 7 класса на базе муниципального бюджетного общеобразовательного учреждения «Средняя школа № 27 имени военнослужащего Федеральной службы безопасности Российской Федерации А.Б. Ступникова» г. Красноярск.

Этапы научного исследования:

1. Диагностический этап (2019). Поиск, исследование и анализ базовой литературы. Изучение научной литературы и ее анализ по теме исследования. Изучение и анализ передового педагогического опыта и оценка полученных результатов.

2. Подготовительный этап (2020). Разработка программы практической части исследования и места ее проведения.

3. Основной этап (2020-2021 гг.). Проведение исследования, анализ и систематизация полученных материалов. Обработка полученных результатов.

Общий объем работы составляет 122 страницы. Основной текст диссертации сопровождается 12 рисунками, 15 таблицами и 1 приложением. Библиографический список включает 69 источников.

# ГЛАВА I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СРАВНИТЕЛЬНО-ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА В ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИИ

## 1.1. Ретроспектива проблемы становления сравнительного метода в биологии животных

В процессе того как накапливались знания о животных, их строении, а также о их сходстве и различии по разным признакам, сравнительная анатомия расширяла свои возможности вместе с развившейся на ее основе морфологией как наукой о закономерностях строения животных. Эти успехи в становлении двух наук были связаны с именами Жоржа Кювье и Жоффруа Сент-Илера.

Ж. Кювье работал в трех областях биологии: сравнительная анатомия, систематика животных и палеонтология, позволивших ему сформировать первое представление о природе организма в 90-е годы XVIII в.

Важным постулатом в его работах стал принцип *корреляции частей*, который был сформулирован следующим образом: «Всякое организованное существо образует целое, единую замкнутую систему, части которой соответствуют друг другу и содействуют, путем взаимного влияния, одной конечной цели. Ни одна из этих частей не может измениться без того, чтобы не изменились другие и, следовательно, каждая из них, взятая отдельно, указывает и определяет все другие» [8].

Поясняя свою идею, Ж. Кювье характеризует строение организма хищника. Он отмечает, что если пищеварительная система (в частности, кишечник) хищного животного устроена так, что способна переваривать только мясо, следовательно, у животного должны быть соответствующие челюсти, что проявляется в наличии зубов, пригодных для захвата, удержания и разрезания плоти добычи. Для завершения этой картины специфическое строение должны иметь и конечности хищника: они должны быть оснащены когтями для захвата и раздиранья жертвы. В общем, вся система органов движения должна быть приспособлена для эффективного преследования и ловли добычи.

Продуманность деталей принципа корреляция частей поражает. Однако есть случаи, когда взаимоотношение частей недостаточно ясно. Например, почему у животных имеется раздвоенное копыто и рога на лбу? На этот вопрос Кювье ответить не мог. Для этого нужно было изучить эволюцию соответствующих видов, а эволюцию Кювье не признавал. Кювье так же широко применял данные сравнительной анатомии для классификации животных, чего не делали другие систематики, в частности, Карл Линней. Кювье утверждал, что сравнительная анатомия и зоология неразрывно связаны между собой и дополняют знания друг друга.

Одним из главных смыслов сравнительной анатомии является то, что сравнение отдельных органов разных групп животных демонстрировало, что есть органы, встречающиеся у всех животных одной таксономической группы, и органы, которые у разных групп различаются. Например, позвоночник имеется у всех животных, которые объединены по данному признаку в одну группу – подтип Позвоночные, но, с другой стороны, у представителей отдельных классов этого подтипа такой орган как сердце имеет разное строение. Таких примеров можно приводить много. В таких сопоставлениях, в частности в этом примере, позвоночник является «преобладающим» признаком, общей чертой морфофункциональной организации позвоночных животных, а сердце — «подчиненный» признак. Кювье часто использовал данный принцип при классификации животных, двигаясь от «преобладающего» признака (общих закономерностей организации) к признакам «подчиненным», которые являются изменчивыми (например, идиоадаптации). Но так как в пределах групп с одинаковым образом жизни обнаруживается тесная взаимосвязь органов, четко прослеживается принцип корреляции.

Описывая, сравнивая и классифицируя органы, Кювье основывался на выполняемых ими *функциях*, тем самым он поддерживал идею Аристотеля (дыхательная система, органы чувств и т. д.). Такое последовательное

изучение органов разных групп животных стало большим шагом вперед в развитии сравнительной анатомии.

Но труды Кювье не ограничивались изучением только ныне живущих животных. Так как при расширении знаний сравнительной анатомии он изучал и сопоставлял ископаемые останки вымерших животных, его можно по праву считать одним из основоположников палеонтологии. Конечно, изучая останки скелетов, при этом опираясь на свой принцип корреляции, он хотел найти место этих вымерших животных в своей «естественной системе». Но он не задумывался о том, что сформировал большую базу для определения переходных форм в эволюции животных. Именно его принцип корреляции позволял реконструировать, хоть и приблизительно, давно вымерших животных, чем и поражал современников. Несмотря на то, что Кювье сам никак не принимал и опровергал всевозможные эволюционные теории и предположения своих современников, его же собственноручно собранный материал и являлся обоснованием самой эволюции.

Одним из современников Кювье был Этьен Жоффруа Сент-Илер, который придерживался других теоретических позиций в сравнительной анатомии. Главный принцип его деятельности говорил о том, что животные построены по одному морфологическому плану, гомологические части которых сохраняются у разных видов животных, независимо от формы и функции этих частей, т.е. для сравнения отдельных органов (или их систем) животных надо сопоставлять их строение, убирая на второй план форму и функции этих органов.

Жоффруа назвал свою идею «теорией аналогов», где под «аналогами» он подразумевал морфологически одинаковые (гомологичные) органы животных. Например, рука приматов, как передняя конечность, гомологична передним конечностям копытным, крылу птицы и т. д. Это означает, что независимо от внешнего вида конечностей позвоночных, в их анатомическом строении прослеживается гомология костей, хоть они и претерпели изменения. Но сам термин «гомология» Жоффруа не использовал. Это

нововведение принадлежат Р. Оуэну, который сам признает, что вдохновлялся трудами Жоффруа, в частности принципом коннекции органов[14].

Эту идею приняли многие ученые-современники. Она стала новшеством в зоологии благодаря тому, что в этой теории разграничивалось гомологическое сходство от сходства по функции и по форме. Исходя из современных теорий, мы разграничиваем понятия «аналоги» (строение и происхождение органов различно, но функции сходны) и «гомологи» (строение и происхождение сходны, но функции различны). Но в зоологии начала XIX века учение о гомологичности органов стало большим прорывом.

В связи с развитием своей теории, Жоффруа сформулировал «принцип коннекции частей» (или «закон места»). Суть данного принципа заключается в том, что гомологичные органы располагаются одинаково относительно других соседних органов. Например, в передних конечностях локтевая и лучевая кости, находящиеся рядом параллельно друг другу, располагаются ниже плечевой кости.

Жоффруа предполагал, что многообразие животных при сходном строении их организма вероятнее всего объясняется воздействием окружающей среды. Для подтверждения или опровержения своей гипотезы, он тщательно изучал разные факты из закономерностей эволюции животных и из онтогенеза разных групп животных.

Новые формы (виды) животных могут появляться внезапно, благодаря воздействию на зародыш условий окружающей среды. Путем качественного «скачка» могут возникать новые виды и даже высшие категории. Жоффруа считал, что в результате такого «скачка» определенные виды рыб мгновенно превратились в земноводных.

Одним из первых Жоффруа сопоставил онтогенез и филогенез животных и выявил хорошо известную ныне схожесть (как назвал эту теорию его ученик И.Ф. Меккель, «закон параллелизма»). В своей идее Жоффруа выдвигал мысль, что для сравнения различных групп животных,

для обнаружения эволюционных переходов между ними необходимо изучать и сопоставлять их эмбрионов.

Как один из деятелей науки палеонтологии, на ее данных Жоффруа хотел разработать систему, в которой бы продемонстрировал появление новых видов животных в результате превращение одного вида в другой. Исследования он проводил на основе ископаемых останков крупных рептилий, которые были похожи на современных крокодилов, и смог выстроить эволюционный ряд, который позволил в то время связывать современных крокодилов с их вымершими предками. Это позволило ему сделать вывод, что те виды животных, которые сейчас обитают на Земле, произошли от давно вымерших животных, пройдя через непрерывную цепочку смены поколений. Поэтому Жоффруа был глубоко убежден в эволюции организмов.

Жоффруа Сент-Илер, используя свои методы и теории, доказал общность строения рыб, рептилий, птиц и млекопитающих, тем самым объединив их в один тип позвоночных животных. Данную закономерность он вывел в ходе сравнения скелетов представителей этих классов. Он даже смог сопоставить скелеты сильно различных животных, таких как рыбы и млекопитающие. Именно Жоффруа принадлежит открытие, что три слуховые косточки в черепе млекопитающих – это претерпевшие изменения жаберные дуги рыб.

Одновременно с Жоффруа Сент-Илером над развитием сравнительной анатомии и зоологии работал немецкий ученый Иоганн Вольфганг фон Гёте. Он видел устройство природы совершенно иначе, в отличие от мировоззрений К. Линнея, Ж. Кювье и других ученых.

В своих трудах Гёте обособил такую науку как морфологию, присвоив ей статус особой биологической дисциплины. В понимании Гёте, морфология – это наука об «образовании и преобразовании органических существ». Он понимал строение организмов как динамический процесс, который происходил во времени. Гёте утверждал, что существует некий

единый морфологический тип (или просто тип), который в действительности проявляется в своих бесчисленных «метаморфозах», т. е. современные животные – это разные варианты единого типа, которые сформировались с течением времени. В доказательство своей теории он приводил факты из сравнительной анатомии: например, у разных представителей млекопитающих в строении черепа можно найти одинаковые кости, но также у каждого из этих видов кости черепа обладают своими особенностями, да и у отдельного представителя эта же самая кость появляется и изменяется в процессе онтогенеза.

Схожесть скелетов позвоночных животных зацепила Гёте, тем самым подтолкнув его к дальнейшим исследованиям. Он пришел к выводу, что в основе всех позвоночных животных лежит первичный остеологический (костный) тип. В своих исследованиях он сравнивал структуру скелетов млекопитающих и человека. Гёте выявил, что каждая структурная часть этого «единого костного типа» присутствует как у животных, так и у человека, т.е. для любой кости животного находился аналог в скелете человека, несмотря на то, что эти аналогичные кости могли различаться по форме и размерам [11].

Одним из ученых, который принял сторону Ж. Кювье и, соответственно, его идеи, был русский ученый Карл Эрнст фон Бэр. Как и вышеуказанные ученые, он был основоположником сравнительной анатомии. Долгое время он работал над изучением и сопоставлением зародышей разных стадий развития разных групп позвоночных животных. В своих исследованиях он пришел к открытию, что на самых ранних стадиях своего развития зародыши даже очень далеких представителей позвоночных трудно различимы между собой, даже почти идентичны. Именно в процессе дальнейшего развития у различных зародышей начинают проявляться отличительные особенности, причем эти изменения происходят согласно определенной закономерности, которая потом была названа «законом Бэра» или «законом зародышевого сходства». Согласно этой закономерности в

процессе эмбрионального развития позвоночных животных последовательно проявляются признаки типа, потом класса, отряда, семейства и т. д. и, в итоге, формируются индивидуальные признаки самой особи. Бэр заметил, что лапки рептилий и амфибий, крылья и ноги птиц, конечности млекопитающих формируются из одних и тех же зачатков и схожим образом развиваются.

Исследования Бэра в области эмбриологии еще раз подтверждают взаимосвязь процессов филогенеза и онтогенеза. Согласно эволюционной теории, в ходе своего индивидуального развития организм проходит все те стадии, которые прошли его предки, в ходе их исторического развития. Это стало одним из важных этапов становления современной сравнительной анатомии, и, конечно же, сравнительно-эволюционного подхода.

Одним из важнейших обобщений в биологии на рубеже XVIII-XIX вв. стало учение о *параллелизме* смены стадий онтогенеза и ряда форм животных (в частности позвоночных) от низших к высшим. Один из основоположников учения о параллелизме был К. Кильмейер. Для него процесс развитие зародыша человека представлялось как чередование этапов, первые из которых характеризовались только чисто растительной жизнью, далее появлялись сходства с низшими животными, которые лишены всяких ощущений, и, в итоге, формируются черты сходства с животными высшими, обладающими способностью к движению и ощущению.

Это было одно из первых полных толкований закона *параллелизма*. Но, когда в начале XIX в. стали появляться достаточно серьезные исследования в области сравнительной анатомии и эмбриологии, в частности, принадлежавшие И.Ф. Меккелю и Э. Серра, которые способствовали корректировке учению параллелизма и его укреплению. Новые открытия порождали сомнения в правдивости утверждения о том, что стадии эмбрионального развития животных полностью совпадают (тождественны) взрослым организмам, которые расположены на более низких уровнях иерархии. Э. Серра пришел к выводу, что в ходе эмбрионального развития

повторяется не само строение организмов, расположенных на низших уровнях, а имеет место повторение только строения их органов. И.Ф. Меккель больше других погрузился в изучение соотношения онто- и филогенеза. Он немного дополнил утверждение Э. Серра отметил, что в процессе развития организма на эмбриональной стадии можно наблюдать только приблизительное сходство этапов онтогенеза и ряда животных форм, т.е. животные, которые расположены на высших ступенях иерархии (например, млекопитающие), только в самых основных чертах в своем развитии повторяют морфофункциональную организацию животных низших ступеней организации. Заключение Меккеля были не голословны, он подкреплял свою формулировку теории параллелизма экспериментальными данными в сфере сравнительной анатомии эмбриологии. Хотя первоначальная формулировка была изменена, но суть ее осталась неизменна. Меккель, как сторонник эволюционного учения, хоть и неуверенный до конца в нем, настаивал на том, что учение параллелизма должно быть неразрывно связано с представлениями о единстве строения животного мира.

Ярым противником учения параллелизма был К. Бэр. Он признавал, что между четырьмя типами животных нет переходов, они независимы, их развитие изолировано друг от друга. Поэтому Бэр отвергал всякую идею о том, что в своем эмбриональном развитии организм проходит через каждую ступень иерархии животных. По результатам своих исследований в области эмбриологии, которые уже были описаны выше, Бэр сделал вывод (1828 г.), что эмбрион в процессе развития никак не может перейти из одного типа в другой, например, эмбрион млекопитающего на любой стадии своего развития даже приблизительно не будет повторять строение какого-либо взрослого моллюска или червя. Простыми словами, эмбрионы позвоночных будут похожи только на других эмбрионов представителей этого типа. Идею параллелизма полностью отвергал не только Бэр, но и многие другие ученые-

сторонники теории типов, так как они не признавали наличие процесса эволюции животного мира.

Закон, сформулированный Бэром, сохраняет свое значение и на сегодняшний день. Хотя Бэр и отрицал эволюцию и не принимал идею параллелизма, но в действительности его законы говорили об обратном, о чем говорил и сам Бэр. Причину успеха идеи Бэра несложно понять, так как по тем временам его концепция являлась прогрессивной. Важна сама суть идеи: происходит усложнение организации зародыша, его переход от общего (простого) к частному (сложному). Намного позднее закон Бэра стал рассматриваться как «эмбриологическое доказательство эволюции» и свидетельство происхождения от общего предка животных, принадлежащих одному типу.

Второй шанс идее параллелизма дал Чарльз Дарвин в 1859 г., который сформулировал свой закон эволюционной рекапитуляции и создал первую четко сформулированную теорию соотношения онтогенеза и филогенеза. Именно поэтому вторая половина XIX в. стала этапом расцвета сравнительной анатомии, когда данная наука достигла больших успехов в исследовании закономерностей морфофункциональной организации и эволюции животных. Этот период знаменуется появлением теорий Ч. Дарвина, Э. Геккеля, А. Мильн-Эдвардса, Г. Бронна, Р. Оуэна и других ученых, которые внесли в науку большой объем фактического и теоретического материала.

Огромную роль в развитии сравнительной анатомии сыграл английский ученый Ричард Оуэн. По результатам своей научной деятельности в сфере сравнительной анатомии и физиологии беспозвоночных и позвоночных животных он написал фундаментальные труды. Также он ввел в науку понятия, которые стали основными в сравнительной анатомии, например, учение о гомологии органов.

В своем учение о гомологии, Оуэн отмечал, что между органами животных существует два типа сходства – аналогия и гомология. Именно он впервые развел эти два понятия [59].

Оуэн выделял три вида гомологий (рисунок 1) [14]:

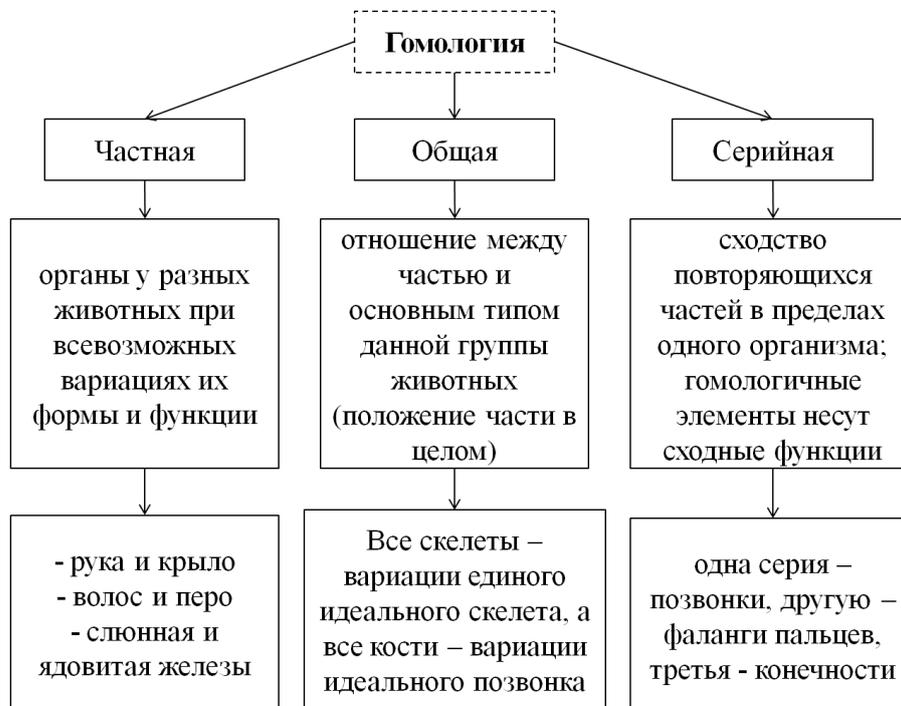


Рисунок 1. Виды гомологии по Р. Оуэну

В своем учении, Оуэн опирался на теорию архетипа. Архетип, по Оуэну, – это серия сходных по происхождению и строению морфологических элементов. Эти элементы Оуэн называл «позвонки» или сегменты внутреннего скелета. Архетип, как считал Оуэн, должен объединить в себе элементы, которые являются общими для скелета всех позвоночных от рыб до млекопитающих и человека. Чтобы познать его (так как понятие это весьма «интуитивное»), необходимо сопоставить и привести к общей закономерности реальные скелеты позвоночных.

Труды ученых-биологов первой половины XIX в. стали фундаментом для создания одной из самых известных теорий в современной биологии. Переосмыслив идеи Оуэна о гомологии и архетипе, Ч. Дарвин формирует *материалистическую теорию эволюции* [58].

Дарвин, так же как и Бэр, принимает идею существования некоего архетипа, просто интерпретирует это явления немного в ином ключе. Он говорил, что как бы сильно не отличались по образу жизни и строению две группы животных, если они проходят через сходные стадии эмбрионального развития, значит, они начинают свое происхождение от одной первичной (предковой) формы, поэтому для них может быть характерно близкое родство. Вывод здесь следующий: общие особенности строения зародыша разных животных говорит об общности их происхождения.

Эволюционная теория Дарвина привела к коренной перестройке теоретических основ всех морфологических дисциплин, в том числе и сравнительной анатомии. С момента появления направления дарвинизма в истории сравнительной анатомии начался новый период.

В своем учении Дарвин переосмыслил главные теоретические концепции, созданные на тот момент. Новую интерпретацию получило учение Оуэна о гомологичных органах. Главная мысль заключалась в том, что сходство гомологичных органов – это следствие общности их происхождения, а аналогичные органы – это результат кровного родства всего живого мира, что накладывает отпечаток на адаптацию животных к условиям окружающей их среды и образу жизни.

Изучение филогенетического древа животных стало приоритетом в сравнительной биологии, что объясняется влиянием дарвинизма. Теория Дарвина позволила понять, почему и в какой мере онтогенез вида повторяет его филогенез. Поэтому эмбриологический метод изучения стал одним из ведущих в сравнительной анатомии.

Проблема, с которой столкнулась сравнительная анатомия – поиск новых путей совершенствования методов исследования. Больших успехов в решении этого вопроса достиг А.Н. Северцов и его ученики. Их инновационный подход предполагал понимание организма как единого целого и комплексное его изучение, с учетом всех взаимосвязей между органами и их системами. Сравнительно-анатомический материал

дополнялся знаниями эмбриологии, палеонтологии, физиологии и экологии. По сей день учение Северцова по направлениям эволюции (биологические прогресс и регресс, а также ароморфоз, идиоадаптация, ценогенез и общая дегенерация) является основополагающим в сравнительной биологии.

Второй успешным направлением в формировании методов сравнительной анатомии стала школа К. Гегенбауэра. Задачу эволюционной сравнительной анатомии он видел в раскрытии общего плана строения животных и объяснении их морфофункциональной организации (принцип причинности строения). Сравнительный метод стал в его работах основным. Исследованиям в области сравнительной анатомии он придал филогенетическую направленность, тем самым определив установление филогенетических связей в эволюционном ряду животных желаемым результатом своей деятельности.

Но чем больше расширялись знания сравнительной анатомии, чем больше возникало новых вопросов, тем все меньше ученых удовлетворяли используемые ими методы. Сомнения, которые возникали в результате попыток доказать достоверность получаемых знаний, часто не могли быть устранены даже сочетанием сравнительно-анатомического метода (с упором на филогенез) с эмбриологическим. Проблемы также усугублялись тем, что многие ученые до сих пор критиковали эволюционное учение Дарвина и биогенетический закон, которые формировали основу эмбриологического метода.

В последарвиновском периоде можно выделить несколько проблем, которые критиковались больше всего:

- проблемы гомологии и аналогии;
- проблема происхождения черепа и конечностей позвоночных;
- проблема решения вопросов филогенеза на базе сравнительной анатомии;
- проблема типов.

И.И. Шмальгаузен в своих работах отводил большую роль учению о гомологии и называл основой сравнительной анатомии. Это учение свое истинное значение приобрело после того, как Ч. Дарвин вложил в понятие гомологии новый эволюционный смысл. Его работу продолжили Геккель, Ланкастер и Гегенбауэр. Они определили два критерия гомологии:

- 1) *филогенетический* – общность происхождения животного;
- 2) *онтогенетический* – происхождения органов из одних эмбриональных зачатков [8].

Под гомологией Гегенбаур понимал взаимосвязь между двумя органами, которые имеют одинаковое происхождение, т.е. возникли из одного зачатка, между которыми обнаруживается морфологическое сходство. Как и Р. Оуэн, Гегенбаур выделял виды гомологии, но эта классификация была доработанной. Он различал два вида гомологии:

- 1) *общая* – сходство однотипных органов, которые находятся в организме одного определенного животного;
- 2) *частная* – сходство между органами разных животных, которые связаны происхождения от одного органа общего предка.

Дальнейшее изучение теории гомологии привело к созданию Э. Геккелем принципа гомологизирования органов, которые развиваются из сходных зародышевых листков, к чему также привело выявление гомологичности зародышевых листков у разных животных. Геккель и Гегенбауэр различали полную и неполную гомологии, где под полной гомологией понималось сохранение данными органами их положения и связей в условиях преобразования формы, а под неполной – сходство между органами даже в случаях редукции или увеличения числа частей этих органов.

Учение о гомологии сформировало крепкий фундамент эволюционной сравнительной анатомии. Гомологический метод вместе с эмбриологическим помогал в построении филогенетических связей в мире животных, а также в определении филогении органов и их систем. Сформированное учение о

гомологии помогало в решение и других проблем эволюционной сравнительной анатомии, особенно проблемы происхождения и эволюции конечностей позвоночных. Большой ажиотаж вокруг этой проблемы объясняется очень просто: в том случае, если эта проблема будет решена, ученые смогут понять суть такого поворотного момента в эволюции животных, как переход позвоночных из водного образа жизни к наземному. Одним из первых предположений в этой области стала теория архиптеригия Гегенбауэра, предложенная им в 1870 г. Суть ее заключалась в том, что путем видоизменения архиптеригия (т.е. плавника), состоящего из главной оси, от которой отходили боковые лучи, сформировалась первичная пятипалая конечность [8]. Но оставался вопрос, где же находится эта главная ось? Это и породило большое количество споров и ложных выводов.

Многие проблемы в эволюции пятипалой конечности наземных позвоночных были решены А.Н. Северцовым. Он полноценно применил сравнительный метод, и не ограничивал свои исследования изучением только одного класса позвоночных животных, а были исследованы и рыбы, и земноводные, и пресмыкающиеся. Полученные факты он сопоставлял с материалами палеонтологии. В конечном счете, Северцов подтвердил теорию архиптеригия Гегенбауэра, но значительно доработал ее. Он сделал вывод, что пятипалая конечность позвоночных преобразовалась из более расчлененной конечности (может быть и семипалой) предков современных земноводных, кости в которой претерпели значительные изменения (редукция, слияние костей). И.И. Шмальгаузен также поддержал вывод Северцова. Он добавил следующее: конечность предков наземных позвоночных в своем строении объединяла черты и плавника, и конечности, снабженной пальцами.

На рубеже XIX-XX вв. в сравнительной анатомии наступает кризис. И.И. Шмальгаузен видит причины этому не в исчерпание объекта исследования, так как перед учеными стоял огромный перечень вопросов, а прежде всего в применение несоответствующей методологии. Главным

инструментом в руках исследователя-анатома Шмальгаузен видел анализ. Ошибка ученых заключалась в том, что они вырывали организм из его среды обитания и расчленяли тело на отдельные части, при этом забывая главный принцип сравнительной анатомии: живой организм – это единая целостная система, части которой по своей природе не могут функционировать отдельно друг от друга, что также и забывается при синтезе полученных знаний. Шмальгаузен настаивал, что орган необходимо изучать как неотъемлемую часть цельного организма обязательно в неразрывной связи с его выполняемой функцией. В связи с этим, и в изучении филогенеза преобразование органа изучается неразрывно с изменением его функции. Еще один вывод в исследованиях Шмальгаузена: изучение морфофункциональной организации животных, их филогенеза осуществляется вместе с одновременным изучением окружающей их средой. Ведь усложнение организации животных происходит в результате усложнения функций, которые выполняют те или иные органы (системы органов), что в свою очередь обосновывается адаптацией животных к изменяющимся условиям окружающей среды [64].

Дальнейшее развитие сравнительной анатомии проходило не так успешно. Последним крупным открытием в конце XIX в. является установление факта, что наземные позвоночные животные произошли от видов организмов родственных кистеперым рыбам. Долгое время ученые продолжали просто сравнительно-анатомические исследования, используя методики XIX в. Можно назвать таких ученых, как Э. Гудрич, Д. Ватсон, Э. Стеншио и др. Подобное отношение к сравнительной анатомии определило ее изолированность от других областей биологии. Но попытки сформировать интеграцию сравнительной анатомии с генетикой предпринимали в своих работах И.И. Шмальгаузен и Гейвин де Бир, но к большим успехам их попытки не привели.

В конце XX в. наступает этап возрождения сравнительной анатомии. Это явления ученые связывают с тем, что, во-первых, эмбриология

(дополненная генетикой) достигает уровня развития, при котором ее объединение с эволюционным учением стало необходимым условием. Формируется целое направление науки, называемое эволюционной биологией. Как мы выяснили выше, данное направление базируется в основном на методах и знаниях сравнительной анатомии, а именно это касается эволюции органов (систем органов) и их гомологии. Во-вторых, зарождается такая наука, как молекулярная филогенетика, позволяющая установить родственные связи между животными, структуры полимерных макромолекул (ДНК, РНК и белков). Данная наука позволяет сформировать готовое филогенетическое дерево (хотя и на основе современных видах) с уже установленным родством между живыми организмами. Это значительно упростило работу сравнительных анатомов по изучению закономерностей эволюции органов, так как раньше им нужно было одновременно формулировать гипотезы об эволюции животных и их органов, и гипотезы о родстве этих животных. А это очень часто заводило исследователей в тупики, тем самым зарождала сомнения в достоверности полученных выводов.

На современном этапе развития науки, под задачей сравнительной анатомии мы понимаем изучение общих закономерностей морфофункциональной организации и эволюции животных. На наш взгляд, это больше всего касается изучения именно вымерших животных, определение их родства с современными видами и их включения в общее филогенетическое древо животного мира. Ведь богатая история сравнительной анатомии позволила достаточно полно изучить ныне живущие типы, классы животных, установить их общие закономерности строения и эволюции. Доказательством тому являются фундаментальные труды И.И. Шмальгаузена и других ученых. Можно с уверенностью сказать, что ни в одной области знания, как в биологии, важность изучения истории не выступает с такой очевидностью. Поэтому, изучение истории животных организмов – важнейшая задача сравнительной анатомии.

Конечно, можно смотреть на эту задачу намного шире и добавлять объяснение этой истории, но это выходит за рамки самой сравнительной анатомии, захватывая предмет изучения эволюционной теории. Но как мы выяснили, анализируя теории и идеи XIX-XX вв. в этой области знания, сравнительная анатомия теряет свою силу без поддержки эволюционизма и эмбриологии [9]. Поэтому на современном этапе изолировать эти области знания друг от друга чревато теми же событиями, которые происходили с сравнительной анатомией в начале XX в. Именно поэтому, сравнительно-эволюционный подход, разрабатываемый нами, является актуальным и необходимым при рассмотрении истории развития животных и общих закономерностей их организации.

## **1.2. Теоретические основы инновационного сравнительно-эволюционного подхода в изучении биологии**

Без знания биологии невозможно сформировать экологическое мышление, обеспечить понимание научных принципов взаимодействия в системе «Человек-Природа», поэтому можно с уверенностью сказать, что биологические знания – это важная составная часть современной общечеловеческой культуры. Сохранение живой природы на Земле во всем ее биоразнообразии, развитие человека в современном мире возможны в том случае, если население будет биологически грамотным. Даже элементарно человеческая жизнь основывается на базовых биологических знаниях.

Как у любой другой науки, у биологии имеются свои методы изучения. Основных можно выделить четыре: наблюдение, описание, сравнение и классификация. Все эти методы применяются и развиваются у обучающихся на уроках биологии в школе, тем самым выполняя большую часть требований ФГОС [16].

Особое внимание стоит уделить методу сравнения, которому в школе сейчас отводится мало внимания. Этот метод заключается в исследовании сходств и различий в строении, поведении живых существ и их

физиологии. Данный метод заключается в том, что в ходе сопоставления двух объектов между собой или с другими объектами, мы осуществляем их изучение. В период становления и развития биологии именно этот метод дал возможность систематизировать и классифицировать весь накопленный биологический материал. Полученные после сравнения данные позволяют объединять исследуемые объекты в определенные группы по сходным признакам строения и, главное, происхождению. Именно на основе сравнительного метода строилась и строится систематика всех живых организмов, населяющих Землю. А также идентифицируются организмы, останки которых находят палеонтологи в разных местах Земли. Этот метод использовался при создании большого количества современных биологических теорий, законов: клеточной теории, теории происхождения и развития жизни на Земле и т.д. И сейчас роль данного метода в процессе изучения живого мира не уменьшилась.

Одна из основных задач школьного биологического образования – это сформировать у обучающихся систему биологических знаний в условиях современной образовательной среды. ФГОС ООО предъявляет требования не только к уровню формирования предметных знаний по предметам базисного учебного плана, но и к уровню развития метапредметных знаний и умений, которые проявляются как универсальные учебные действия (УУД): коммуникативные, познавательные, регулятивные и личностные. Конечно, познавательные УУД играют большую роль в образовательном процессе, так как подразумевают под собой основные методы и приемы работы с информацией в разных ее проявлениях [2]. Следовательно, формирование познавательных УУД можно выдвинуть на первый план при построении образовательного процесса. Поэтому, на современном этапе развития биологического образования набирает популярность относительно новый подход в обучении биологии – сравнительно-эволюционный. В фундаментальных трудах по сравнительной анатомии многих деятелей науки XX в. прослеживаются некоторые черты сравнительно-эволюционного

подхода. В этой области науки работали такие ученые, как Шмальгаузен И.И. («Основы сравнительной анатомии позвоночных животных»), Шмидт-Ниельсон К. («Физиология животных: приспособление и среда») и т.п. Но в школьных учебниках и другой биологической литературе для обучающихся сравнительно-эволюционный подход теряет свою структуру и главную суть.

Сравнительно-эволюционный подход находит широкое применение в курсе биологии 7 класса «Животные», а именно в таком разделе как морфология и анатомия позвоночных животных, который является одним из самых интересных. Но у этого раздела есть и «обратная сторона»: большое количество терминов, закономерностей, что делает его одним из сложных.

Программа биологии 7 класса продолжает развивать те знания и умения, которые были сформированы в процессе реализации программы биологии 5 и 6 классов. Учитывая тот факт, что в курсе биологии 7 класса разнообразие живых организмов значительно расширяется (беспозвоночные и позвоночные животные), знания и умения обучающихся существенно дополняются. Впервые в школьном курсе биологии рассматриваются основные планы строения всех крупных групп царства Животные, что, по крайней мере, должно осуществляться в сравнении.

Всех хорошо известно, что тело любого живого организма на Земле представляет собой сложную систему, структурная организация которой представлена взаимосвязью формирующих ее элементов и подсистем. Каждая часть системы находится в неразрывной взаимосвязи между собой, несмотря на то, что каждая из них выполняет специфическую для нее функцию, позволяющая организму существовать в условиях окружающей его среды [5].

Если организм – это система, то процесс его жизнедеятельности можно представить как совокупность процессов, которые реализует те или иные органы или их системы. Для более полного понимания этого факта, его можно представить в виде схемы (рисунок 2).

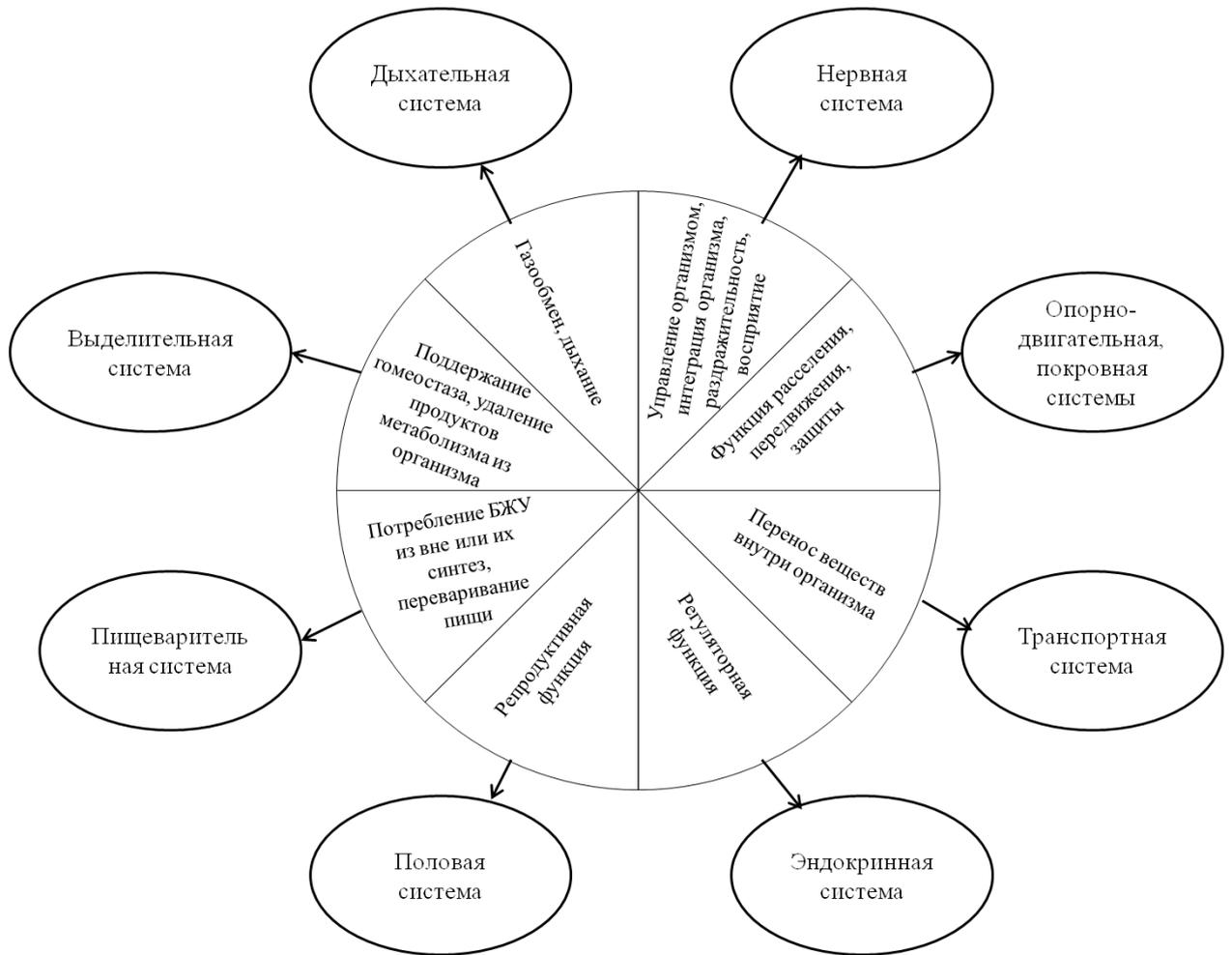


Рисунок 2. Организм как целостная биологическая система

Главная суть сравнительно-эволюционного подхода заключается в том, что системы органов в теле живого организма изучаются в их функциональной взаимосвязи друг с другом и с окружающей средой, при этом анализируют их развитие в процессе онтогенеза и филогенеза животного. Поэтому сравнительно-эволюционный подход противопоставляется традиционному изолированному (который представлен в современных учебниках биологии) рассмотрению отдельных классов животных, отдельных систем и их функций. При реализации сравнительно-эволюционного подхода мы получаем целостное понимание в изучении морфофункциональной организации всех представителей животного царства (в частности, позвоночных животных).

Когда мы изучаем не строение представителей отдельных классов животных, а эволюцию функции, которую выполняет та или иная система

органов в структуре организма, то это позволяет избавиться от повторений в тех случаях, когда та или иная система органов у разных групп животных по своей организации сходна. При этом вместо повторного изучения материала можно перейти к повторению и закреплению знаний самими обучающимися, например, с помощью опорных конспектов. Анализ морфофункциональной организации животных на уроках биологии согласно этому принципу позволяет уделить больше времени изучению преобразований тех систем органов, которые в эволюции жизни на Земле играли первостепенную роль.

Применение сравнительно-эволюционного подхода позволяет выстроить эволюционную причинно-следственную цепочку усложняющихся структур и систем как постепенное совершенствование их фундаментальных функций и строения. Такой подход, на основе конкретного зоологического материала, является важным пропедевтическим курсом для общей биологии, которая формирует свою систему понятий: закономерности эволюции, биологический прогресс и пр.

На наш взгляд, в 7 классе необходимо не просто изучать многообразие животного мира, но и отвечать на вопрос: «В связи с чем сформировалось это многообразие?». Именно на этот и многие другие вопросы отвечает предложенный подход. А без минимальных знаний по эволюции (9 класс) данную систему знаний не сформировать.

Основная цель всех этих нововведений – достигнуть более глубокого целостного понимания обучающимися природы изучаемых животных, их строения в связи со средой обитания и жизнедеятельностью в ней.

При рассмотрении реализации сравнительно-эволюционного подхода в интерпретации содержания курса Зоологии (7 класс) можно выделить пять основных направлений изучения раздела:

- 1) Общие принципы и закономерности организации той или иной системы органов у группы организмов;
- 2) Основные функции отдельных органов и системы в целом;

3) Важнейшие тенденции прогрессивной эволюции системы органов у группы организмов;

4) Морфофизиологические изменения органов в процессе прогрессивной эволюции организмов (ароморфозы, идиоадаптации и ценогенезы);

5) Использование данных онтогенеза в целях установления гомологии органа в той или иной системе у организмов разного уровня организации для доказательства прогрессивной эволюции [6].

Именно на этих аспектах строится материал при изучении морфологии, анатомии и физиологии животных. Этот план является оригинальной схемой для интерпретации биологического содержания, так как ранее в подобном виде не применялся.

Как уже отмечалось, тело живого организма – это совокупность функций. Анализируя схему сравнительно-эволюционного подхода, можно сделать вывод, что подобное построение биологического содержания направлено на выявление основных тенденций совершенствования основополагающих функций организма, которые демонстрируют постепенное приспособление живых организмов к меняющимся условиям их среды обитания. Эти приспособления определяются усложнением той или иной функции и проявляются в двух аспектах.

Во-первых, *расширение перечня функций*. Помимо главной функции, которую выполняет система органов, ей присуще ряд других вторичных функций. С развитием сложного многоклеточного организма для поддержания его жизнедеятельности определенный орган (или их система) с каждым новым этапом эволюции добавляет в свой арсенал все новые роли. Это необходимо в плане интеграции (объединения) структур организма, а с другой стороны для облегчения выполнения других функций. Рассмотрим для примера транспортную систему. Ее главная функция – транспорт различных веществ (газы, питательные вещества, метаболиты, гормоны и т.д.) [15]. Эта система подобным способом функционирует и у

одноклеточных организмов, у и беспозвоночных. Но что происходит у более высокоорганизованных животных? Во-первых, помимо транспорта веществ, кровь (как главная транспортирующая ткань) приобретает защитную функцию благодаря способности свертываться, а у теплокровных животных (птиц и млекопитающих) к перечню добавляются перенос тепла и терморегуляция. С усложнением половой системы позвоночных и появлением копулятивных органов транспортная система участвует в процессе эрекции. Подобные процессы усложнения и расширения перечня характерны для каждой основополагающей функции [5].

Во-вторых, *появление и совершенствование конкретных морфофизиологических изменений в строении организма*. Анализ перестройки тела животных, определяющейся приспособлением животных к условиям среды их обитания, основывается на учении Алексея Николаевича Северцова о биологическом прогрессе.

Рассматривая многообразие Хордовых животных, мы осознаем, что процесс эволюции очень сложный и ветвистый (разнонаправленный). Вопросом о направлении эволюции занимались многие философы, биологи, такие как Ж.Б. Ламарк, Ч. Дарвин, И.И. Шмальгаузен, К. Бэр, А.Н. Северцов и многие другие. Общим в их теориях была одна черта, которая говорила о том, что эволюция идет как по пути усложнения общей организации, так и по пути увеличения разнообразия на каждом из достигнутых уровней сложности этой организации.

Эту мысль развивал в своих учениях А.Н. Северцов. Он выделил как два общих направления эволюции – «биологический прогресс» (путь прогрессивного развития животных, повышение уровня организации) и «биологический регресс» (снижение уровня организации, упрощение строения), так и четыре частных направления эволюционного процесса (рисунок 3):

1. *ароморфоз* (арогенез) – морфо-физиологические изменения, обеспечивающие выход организма в новую адаптивную зону (повышение уровня организации, повышение уровня метаболизма);
2. *идиоадаптация* (аллогенез) – морфо-физиологические изменения, формирующие видовое многообразие животных на данном уровне организации;
3. *ценогенез* – изменения, увеличивающие уровень выживаемости на эмбриональном и личиночном периодах (новообразования действуют только на этих стадиях развития организма);
4. *общая дегенерация* – общей упрощение организации организма (характерно для паразитов) [51].

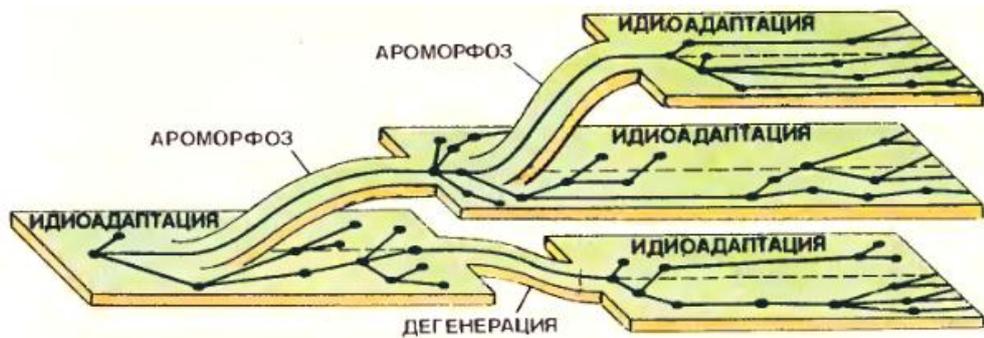


Рисунок 3 – Главные направления эволюции живых организмов  
(по А.Н. Северцову)

Понимание конкретных ароморфозов и идиоадаптаций имеет важное значение при изучении путей совершенствования функций, так как они позволяют выстроить вышепредставленную (рисунок 3) эволюционную лестницу. Это демонстрирует те морфофизиологические преобразования, способствующие освоению новых адаптивных зон и повышению уровня обмена веществ (ароморфозы), что является движущей силой биологического прогресса. Знание идиоадаптаций также производят определенный образовательный эффект: в живой природе есть виды животных, которых называют *реликтовыми* – виды, сохранившиеся в неизменном виде с прошлых геологических эпох (крокодилы, утконос, ехидна, латимерия, гаттерия и пр.). Обычно, они отличаются от современных родственных видов

определенными органами, которые ставят их на более высокую ступень по сравнению с другими (или наоборот нижнюю, как яйцекладущие млекопитающие): четырехкамерное сердце крокодила, зачатки легких латимерии и пр. Это дает почву для размышления по поводу того, почему их приспособления не развились и т.д. В большинстве же случаев, идиоадаптации демонстрируют разные формы ароморфозов и дополнения к ним, позволяющие максимально приспособиться к окружающей среде.

Исходя из основополагающих функций, видно, что их усложнение и совершенствование преследует две цели:

- воспроизводство себе подобных (эволюция половой системы);
- повышение уровня метаболизма [18].

Действительно, чем выше на эволюционной лестнице стоит животное, тем процессы обмена веществ интенсивнее. Эту тенденция должна проходить красной линией через содержание, интерпретированное с применением сравнительно-эволюционного подхода. Необходимо показать, что функция усложнялась не просто так, а выживали те организмы, обмен веществ которых соответствовал условиям внешней среды. Благодаря методу проб и ошибок, животные смогли освоить сушу: дышать воздухом, добывать пищу, размножаться. В этом и заключается один из главных принципов сравнительно-эволюционного подхода – *принцип функциональности*. Те факты, которые представлены почти во всех учебниках биологии за 7 класс, несут чисто описательный характер в форме перечисления: они не демонстрируют причинно-следственные связи, на которых и строится биология как наука. Когда обучающиеся смогут ответить на вопрос: «Почему тело организма функционирует и построено именно так?», можно, предположить, что их взгляд на мир живой природы (в частности позвоночных животных) изменится, как и отношение к биологии в целом.

Сравнительно-эволюционный подход предлагает совершенно иное построение школьного биологического содержания, за счет введения *блочной системы*. В школьных учебниках в разделе «Позвоночные животные»

параграфы объединены согласно классам данного типа: рыбы (надкласс), земноводные, пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие. При реализации сравнительно-эволюционного подхода, с одной стороны, темы группируются согласно функциям и системам органов, которые их реализуют, а с другой – вводится несвойственная многим школьным программам классификация хордовых животных.

Всех животных делят на две большие группы – беспозвоночные и позвоночные (*Chordata*). Сравнительно-эволюционный подход можно реализовывать при рассмотрении обеих этих групп, но больший эффект будет достигаться при изучении именно хордовых животных, так как именно они составляют основу биоразнообразия Земли. Представители этого типа одни из лучших натуральных наглядных материалов, благодаря своим размерам и частоте встречаемости. Люди каждый день встречается на улице с птицами, многие в роли домашних животных содержат кошек, собак, хомяков, ящериц, змей, попугаев и т.д. Да и сам человек разумный, как биологический вид, относится к классу млекопитающих. Это открывает возможность обучающимся осуществлять морфологическое наблюдение, описание, так как процесс усложнения функции в эволюции позвоночных выражается не только в анатомических, но и в морфологических (внешних) перестройках организма. Посещение зоопарков, живых уголков, зоологических музеев и различных выставок расширяет спектр наблюдений, что позволяет всесторонне изучать процесс эволюции, ее основные направления, а также на наглядном материале самостоятельно сравнивать животных, относящихся как к одному таксону, так и к разным.

Тип *Chordata* – самая высокоорганизованная группа животных, представители которой освоили все среды жизни (кроме организменной) и заселили весь земной шар. Всех позвоночных, в зависимости от среды обитания, особенностей строения и эмбрионального развития, условно делят на две группы:

- *Anamnia* – первичноводные;

- *Amniota* – наземные животные [5, 67].

*Anamnia* и *Amniota* не являются таксонами или систематическими категориями. Это деление основывается на особенностях морфо-функциональной организации животных.

По каким же признакам тот или иной класс Хордовых относят к одной из этих групп? Для каждой из этих групп есть свои общие закономерности (хотя, в силу особенностей той или иной среды или места обитания, животные могут отходить от этой схемы), которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение морфо-функциональной организации первичноводных и наземных хордовых

<i>Anamnia</i>	<i>Amniota</i>
Живут в воде	Живут на суше
Дышат жабрами растворенным в воде кислородом	Дышат легкими атмосферным кислородом
Плавниковый тип конечностей	Пятипалые конечности рычажного типа
Зародышевые оболочки не образуются	Формируются зародышевые оболочки: амнион, аллантоис, серозная оболочка
Зародыш развивается в воде окружающей среды	Зародыш развивается в воде, которая заполняет амнион. Яйцо на суше

Много вопросов возникает вокруг земноводных, которые в своем строении и физиологии объединили как черты первичноводных (откладывание икры в воде, дыхание жабрами и через кожу и пр.), так и особенности наземных позвоночных (наличие функционирующих легких, пятипалая конечность). Поэтому этот класс выделяют в отдельную группу, которая играет роль переходного звена между водной и наземно-воздушной средами обитания.

Такая классификация хордовых животных – основополагающий принцип сравнительно-эволюционного подхода. Несмотря на то, что представители этих групп обитают в двух противоположных средах (водной и наземно-воздушной), в строении их организмов выделяется много схожих черт, что и обуславливает выделение общих закономерностей строения и функционирования. А также, по общепризнанной теории, эволюция

организмов шла именно от водных животных к наземным. Этот факт позволит нам проследить эволюцию живых организмов.

Выявление общих закономерностей – важная особенность сравнительно-эволюционного подхода. Сравнение подразумевает под собой выявления черт сходства и различия двух объектов. В данной работе сравниваются не просто внешнее или внутренне строение хордовых животных, а сравнивается их морфофункциональная организация. Общие закономерности организации и функционирования демонстрируют единство хордовых в плане происхождения и приспособления (адаптации) к среде обитания и ее условиям. Каждая функция в живом организме действует по одному принципу. Общие закономерности в функционировании систем могут проявляться в одинаковых этапах, процессах и конечном результате. Для сравнения возьмем дыхательную систему и сравним два разных класса хордовых животных – костные рыбы и млекопитающие. На первый взгляд, организация этой системы у представителей данных классов сильно различаются: у рыб органом дыхания является жаберный аппарат, а у млекопитающих функционируют легкие, имеющие альвеолярный тип строения. Обычно, примерно так описывается внутреннее строение хордовых во многих школьных учебниках, и функционирование некоторых систем раскрыто не полностью, хотя это является главным в понимании организации животных. На самом деле, если в школьное содержание биологии 7 класса включить минимальные данные по физиологии, то дыхательную систему можно изучить с другой стороны. На данном этапе необходимо вводить такие биологические понятия, как газотранспортная система, диффузия, осмос, клеточное дыхание, вентиляций, циркуляция и пр. Независимо от среды обитания (водная или наземно-воздушная), от уровня организации животного, для дыхательной системы всех хордовых и большинства беспозвоночных действует одна общая схема (рисунок 4) [46].

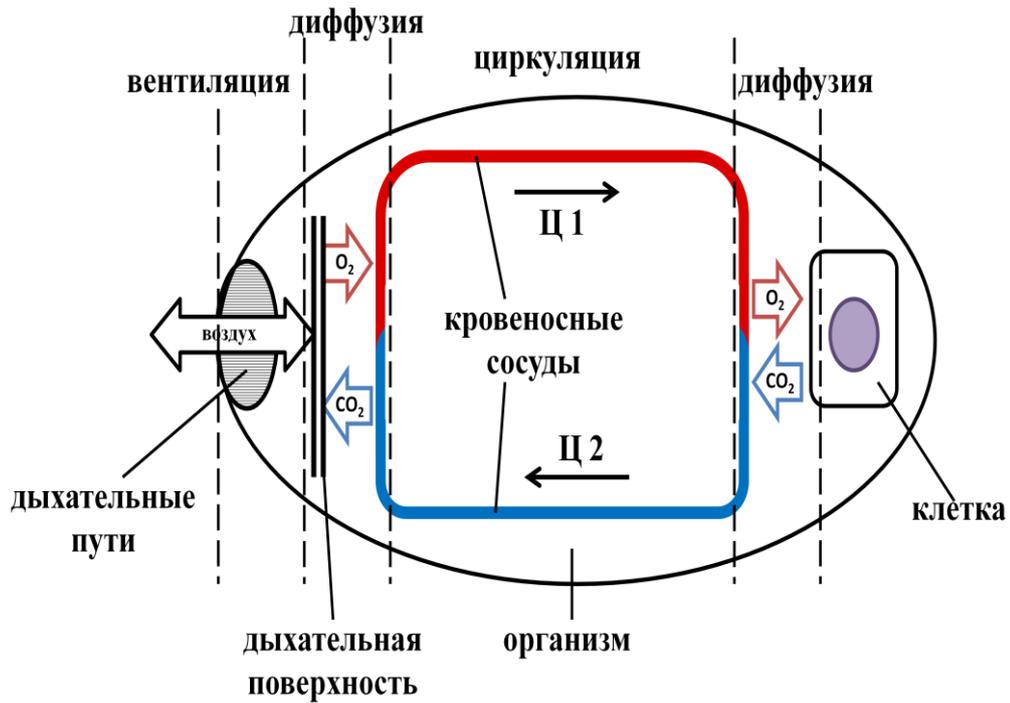


Рисунок 4. Этапы газотранспортной системы животных

Подобных общих закономерностей придерживаются все системы органов организма. Закономерности отображают суть функции и ее значение в жизнедеятельности организма. У обучающихся при таком подходе формируется знание не просто о наличии тех или иных структур, а знания об их значимости. Сформировав знания о функционировании живого организма в 7 классе и создав соответствующую понятийную базу, материал биологии 8 класса будет намного проще изучать (в том случае, если школа использует концентрический курс биологии). Он будет играть роль повторения, в ходе которого обучающиеся изучат высшую ступень развития основополагающих функций живого организма на примере человеческого тела. Обучающимся, основываясь на материале прошлого года обучения, будут понятны пути становления человека, а также значимость ароморфозов и идиоадаптаций в ходе его эволюции.

Из вышесказанного видно, что в ходе прогрессивной эволюции общие закономерности функционирования организма не изменяются, а совершенствуются структуры их выполняющие. Добавляя в образовательный процесс этот элемент, как уже говорилось, обучающиеся должны

проследить тенденцию, при которой животные стремятся повысить общий уровень своего метаболизма для освоения новых адаптивных зон.

Важным моментом в реализации сравнительно-эволюционного подхода являются знания об основах развития хордовых животных. Развитие как процесс тоже имеет ряд общих закономерностей.

*Развитие* (Большой Энциклопедический словарь) – биологический процесс тесно взаимосвязанных количественных (рост) и качественных (дифференцировка) преобразований особей с момента зарождения до конца жизни (индивидуальное развитие, или онтогенез) и в течение всего времени существования жизни на Земле их видов и других систематических групп (историческое развитие, или филогенез) [10].

Анализируя это определение, видно, что развитие подразделяется на два основных типа:

- онтогенез – индивидуальное развитие;
- филогенез – историческое развитие.

Изучая и анализируя пути совершенствования морфо-функциональной организации хордовых животных, мы раскрываем суть исторического развития животных – филогенеза, т.е. процесса становления сложных организмов из простых (примитивных). Этими знаниями обучающиеся продолжают формировать образ филогенетического дерева животного мира.

Филогенез – это эволюционное понятие, которое необходимо формировать одновременно с другими терминами: конвергенция и дивергенция, аналогичные и гомологичные органы. На данной ступени изучения биологии эти понятия важны, так как они объясняют:

- многообразие видов животных (в данном случае хордовых);
- наличие общих закономерностей морфо-функциональной организации хордовых животных;
- механизм влияния условий окружающей среды на функционирование и строение организма;
- принципы адаптации животных к условиям среды обитания.

При описании закономерностей организации и эволюции позвоночных животных демонстрируется процесс дивергенции – расхождение признаков у особей, имеющих общего предка и относящихся к одной систематической категории (например, тип *Хордовые*), что связано с приспособлением к разным условиям среды обитания. Например, изучая идиоадаптации млекопитающих, которые освоили разные биотопы, можно заметить, что в плане организации опорно-двигательной системы разные группы (жители открытых пространств, околоводные виды, древолазы и т.д.) будут иметь определенные особенности морфологии. При дивергенции, даже если тело сильно изменяется, органы и их системы являются гомологичными [21].

Примером гомологичных органов могут служить передние конечности амниот: лапа кошки, рука человека, крыло птицы, лапа бобра или крота. Такие конечности имеют одно строение (плечо/бедро, предплечье/голень, кисть/стопа), но в связи с приспособлением к разным условиям их внешнее строение и функции (бег, плавание, полет или хватание) видоизменились.

В свою очередь, конвергенция – это процесс схождения (совпадение) признаков у представителей разных систематических групп (т.е. родство здесь роли не играет), что вызвано с приспособлением к сходным условиям (например, к водной среде). В данном случае, органы являются аналогичными: например, плавники рыб и ласты дельфинов (необходимы для плавания), крыло птицы и летучей мыши (для полета) и т.д.

Термины филогенез и онтогенез связаны между собой. Согласно эволюционной теории, в ходе своего индивидуального развития организм проходит все те стадии, которые прошли его предки, в ходе их исторического развития. Согласно одному из законов К. Бэра (1828 г.) – закону последовательности появления признаков различного систематического ранга, первоначально в эмбриональном развитии появляются признаки типа, затем подтипа, класса, отряда, семейства, рода, вида и, наконец, индивидуальные особенности [4].

Многие эволюционные теории были доказаны благодаря изучению этапов онтогенеза многих хордовых животных. В рамках образовательного процесса знания об онтогенезе классов хордовых животных формирует целостную картину об эволюции животного мира, а также доказывает процесс прогрессивной эволюции, что является итогом изучения каждого раздела. Это является необходимым, так как сравнительно-эволюционный подход придерживается теории *монофилии* (происхождение всех дочерних таксонов от одного исходного вида), которая была сформулирована Ч. Дарвином и Э. Геккелем, а также развивалась в трудах И.И. Шмальгаузена и др. ученых-биологов.

### **1.3. Сравнительно-эволюционный подход при изучении школьной биологии в свете ФГОС ООО**

В системе образования вопрос о его качестве всегда стоит на первом месте. Под *качеством образования* понимается комплексная характеристика образовательной деятельности и подготовки обучающегося, выражающая степень их соответствия федеральным государственным образовательным стандартам, федеральным государственным требованиям и (или) потребностям физического или юридического лица, в интересах которого осуществляется образовательная деятельность, в том числе степень достижения планируемых результатов образовательной программы (закон Об образовании, ст. 2) [2].

Достижение высокого уровня качества образования – это одна из основных задач современной школы, решить которую помогает выполнение требований федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования (ФГОС ООО). Исходя из определения качества образования, одним из его аспектов является степень достижения обучающимися планируемых результатов. ФГОС ООО включает не столько сами результаты образования, сколько требования к этим результатам:

предметным, метапредметным (универсальные учебные действия, или УУД) и личностным [33].

Вся система этих требований формируется на основе тех запросов, которые предъявляет общество к выпускникам школ (рисунок 5).

В связи с этим, одна из задач современной школы заключается в подготовке обучающихся, соответствующих этим запросам общества, которые легли в основу формулирования требований к результатам освоения обучающимися основной образовательной программы основного общего образования (ООП ООО).

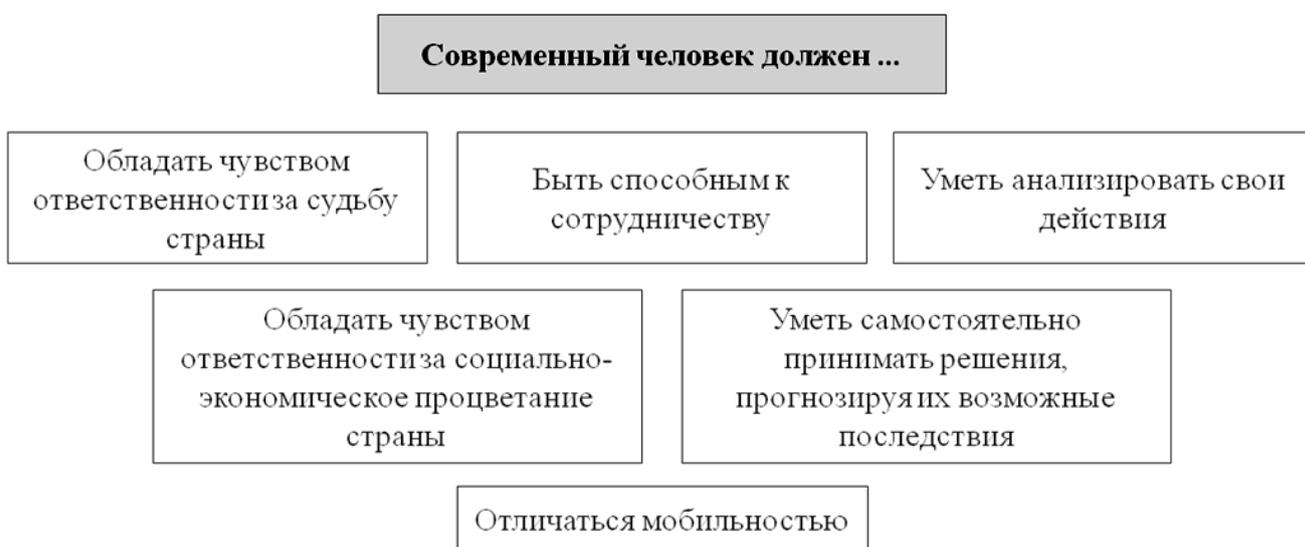


Рисунок 5. Основные запросы общества к выпускнику школы

Всем известно, что методологическую основу ФГОС составляет системно-деятельностный подход. Поэтому в виду его особенностей основной результат обучения можно определить как освоение обучающимися УУД через изучение предметного материала, т.е. достижение предметных результатов, что также должно обеспечить формирование компетенций, которые необходимы обучающимся для реализации своей деятельности в разнообразных условиях и на качественно высоком уровне. Системно-деятельностный подход ставит перед собой цель воспитания личности обучающегося как субъекта деятельности [29]. Под этим подразумевается становление ребенка «хозяином» своей деятельности, что

предполагает самостоятельную постановку цели, решение задач по ее достижению, а также умение отвечать за результаты своей работы.

Можно выделить несколько составляющих деятельностного подхода (рисунок 6) в организации процесса обучения [56].

Эти компоненты характеризуют ту основную задачу, стоящую перед системно-деятельностным подходом, которая была описана выше. Все это образует фундамент для формирования образовательной программы школы, проектирования рабочих программ по предметам и, соответственно, организации и проведения уроков. С одной стороны, грамотная организация деятельности обучающихся на уроках по разным школьным предметам является важной составляющей образовательного и воспитательного процессов. И сейчас существует большое количество современных технологий (проблемного обучения, критического мышления и др.), помогающих учителям организовывать уроки таким образом, чтобы обучающийся сам являлся субъектом деятельности: выявлял проблему, ставил цель, формулировал и решал задачи, делал выводы и т.п. Но, с другой стороны, без грамотно построенного содержания того или иного школьного предмета сложно организовать деятельность обучающихся, которая окажет на них мощный образовательный эффект.

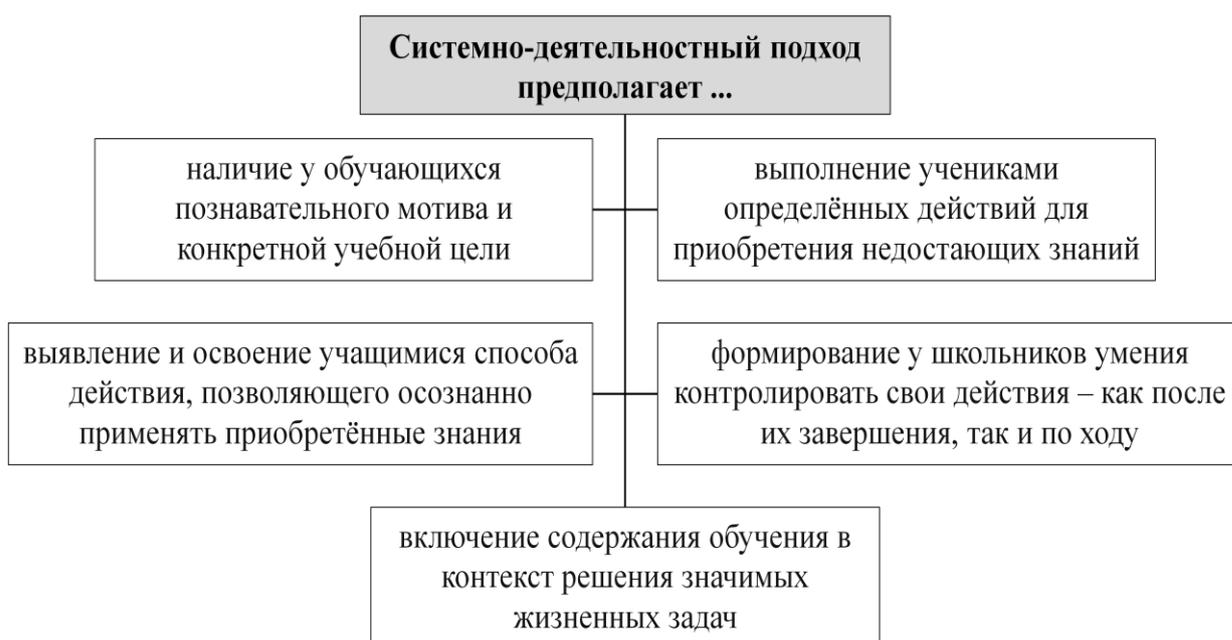


Рисунок 6. Основные принципы системно-деятельностного подхода

Что же мы подразумеваем, когда говорим о «высоком качестве образования»? Каждый человек вкладывает в эти слова разный смысл. На наш взгляд, о качественном образовании можно говорить в том случае, когда обучающиеся вооружены осознанными, систематизированными и прочными знаниями, а также развитым мышлением. А это возможно в том случае, если обучающийся получает знания не в готовом виде (перечень фактов, причин и следствий, иногда даже несвязанных между собой), а добывают их в ходе осуществления самостоятельной познавательной деятельности. В этом и заключается системно-деятельностный подход.

Анализируя особенности сравнительно-эволюционного подхода, можно сделать вывод, что его использование при обучении биологии имеет большой потенциал, на наш взгляд, он способен хорошо проявить себя в концепции системно-деятельностного подхода, так как дополняет его. Одной из особенностей сравнительно-эволюционного подхода на уроках биологии в школе является постановка проблемного вопроса («почему...?», «с чем связано ...?» и т.д.). Становится понятно, для того чтобы ответить на такой вопрос, необходимо активизировать мыслительную деятельность (анализ, синтез, сравнение, классификация и т.п.). Мы видим, во-первых, проблему, из которой обучающиеся должны сформулировать цель, во-вторых, мы наблюдаем деятельность, в которой обучающиеся осуществляют разные мыслительные операции, и, в-третьих, по окончании занятия мы получим некий результат (закономерность, причинно-следственную связь и пр.). Такой порядок построения познавательной деятельности соответствует тем элементам, которые формируют системно-деятельностный подход.

Почему так важны грамотно выстроенная деятельность и содержание? Когда обучающиеся сталкиваются с проблемной ситуацией, то, для более полного их развития, найти решение они должны максимально самостоятельно. Перед обучающимися стоит задача сформулировать гипотезу, доказать (или опровергнуть) ее, тем самым отстаивая свою точку зрения. Проявляется некий исследовательский аспект познавательной

деятельности. В этом случае, знания и умения, полученные обучающимися, приобретают личностную значимость и становятся интересными по своей сути.

Учитель должен взять на себя роль направляющего, внося при необходимости корректировки в деятельность обучающихся. Это упрощается тем, что в концепции сравнительно-эволюционного подхода выработан план изучения биологического содержания (но только на основе хордовых животных), поэтому обучающиеся и учитель понимают «что» изучать и «как». Если системно-деятельностный подход предлагает способы организации деятельности на уроке, то сравнительно-эволюционный – интерпретирует биологическое содержание. В этом и заключается взаимодополняемость этих двух подходов. Поэтому исследуемый нами инновационный подход в методике обучения биологии является актуальным в условиях реализации ФГОС ООО.

На уровне основного общего образования курс биологии направлен на формирование и развитие у обучающихся представлений об особенностях живой природы и ее многообразии и эволюции, о взаимодействии живых организмов между собой и окружающей средой, а также о человеке как биологическом и социальном виде. Все содержание строится на основе тех требований, которые предъявляет ФГОС ООО к результатам освоения обучающимися ООП ООО, которых выделяется три группы: предметные, метапредметные и личностные. Специфика сравнительно-эволюционного подхода заключается в том, что он способствует, в первую очередь, формированию и систематизации биологических знаний обучающихся, поэтому в данном вопросе нас интересует именно группа предметных результатов.

Анализ ФГОС ООО позволил выделить следующие требования к результатам освоения программы подготовки обучающихся основной школы по предмету «Биология» (рисунок 7). Предметные результаты освоения биологии, учитывая специфику этого предмета, а также требования

стандарта, формулируются таким образом, чтобы обеспечивать эффективный и успешный образовательный процесс на уровне ООО [1].

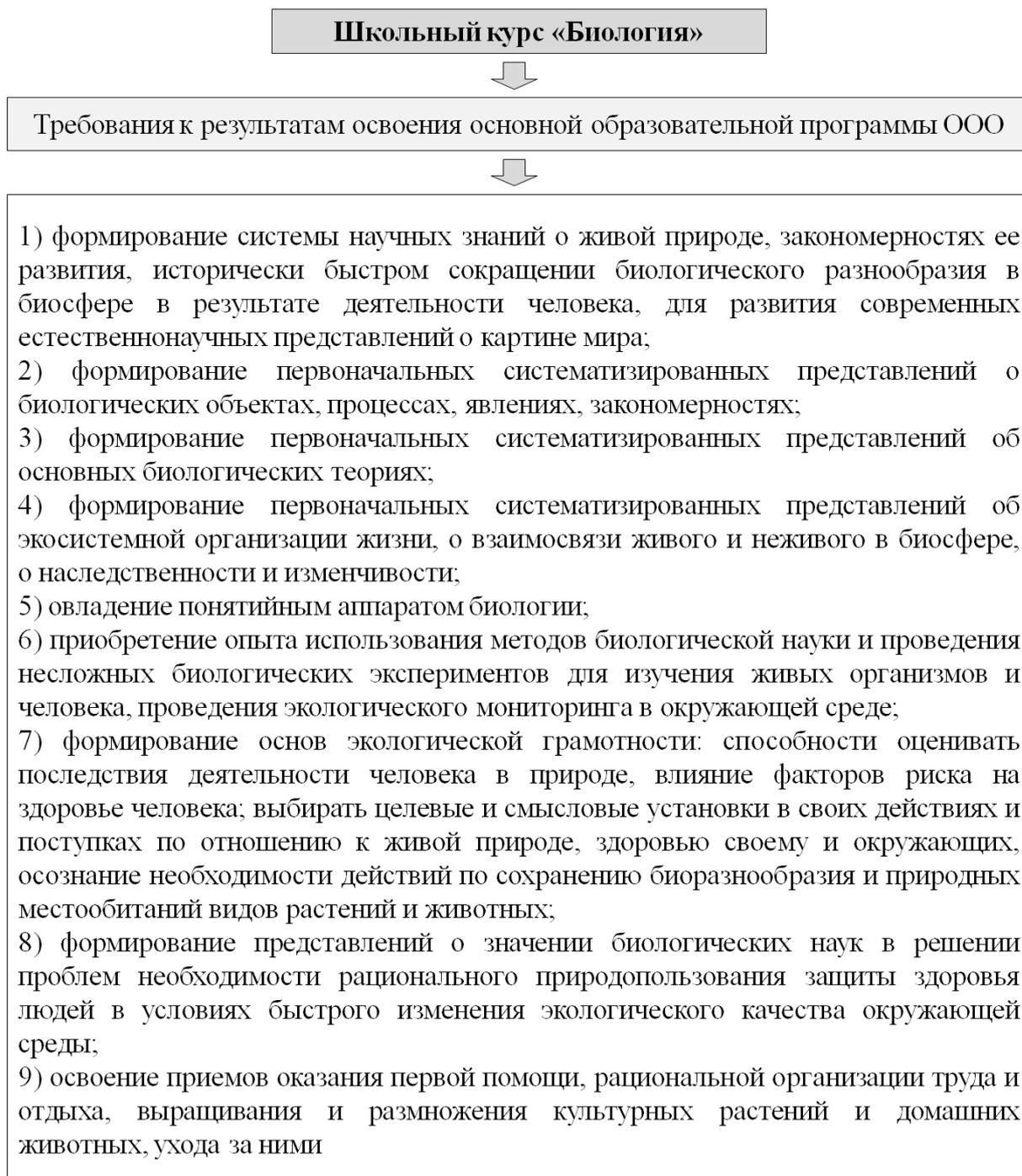


Рисунок 7. Требования к результатам освоения программы подготовки обучающихся основной школы по предмету «Биология»

Сравнительно-эволюционный подход, на данном этапе разработки, охватывает только одну группу живых организмов, которые изучаются в 7 классе на уроках биологии – хордовые животные. Согласно рабочей

программе к линии УМК И.Н. Понамаревой (концентрический курс), в 7 классе на изучение данной группы животных отводится 18 часов (из 34) и занимает, в основном, третью и четвертую четверти учебного года. Анализ рабочей программы и требований к предметным результатам показывает, что особое внимание при определении места сравнительно-эволюционного подхода в концепции ФГОС стоит обратить на пункты с 1 по 6 в схеме на рисунке 7. Курс биологии 7 класса раскрывает особенности строения, физиологии и образа жизни разнообразных животных, что соответствует этим пунктам. Остальные же требования (7-9) выполняются на базе содержания курсов «Человек и его здоровье» (8 класс) и «Общая биология» (9 класс) [45].

Согласно требованиям ФГОС ООО в процессе изучения биологии в основной школе (в частности, раздела «Многообразие живых организмов», 7 класс) у обучающихся должны формироваться знания о закономерностях живой природы и процессах, происходящих в ней, понимание основных биологических теорий и соответствующий понятийный аппарат, а также умения применять методы биологии как науки (наблюдения, эксперимент и пр.). Необходимо понять, каким образом эти требования формируют содержание биологии 7 класса (раздел «Хордовые животные»). С этой целью был проведен анализ рабочей программы (таблица 2) по биологии [42, 45]. За основу была взята программа к УМК И.Н. Понамаревой (концентрическая структура), так как учебные пособия именно этой линии используются в образовательном процессе МБОУ СШ №27 г. Красноярск, на базе которой проводился педагогический эксперимент.

Таблица 2

## Анализ рабочей программы к УМК И.Н. Понамаревой

Требования ФГОС ООО к результатам освоения предмета «Биология»	Темы раздела биологии «Животные» (7 класс)	Возможности школьного курса биологии 7 класса в формировании эволюционных понятий	Планируемые результаты освоения курса биологии 7 класса (по Понамаревой)
Формирование	- Общие сведения о мире	Вид, популяция,	- раскрывать роль

<p>системы научных знаний о живой природе, закономерностях ее развития, исторически быстром сокращении биологического разнообразия в биосфере в результате деятельности человека для развития современных естественнонаучных представлений о картине мира</p>	<p>животных</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Общая характеристика типа Хордовые. Бесчерепные, рыбы (промысловые рыбы, их использование и охрана)</li> <li>- Класс Земноводные (разнообразие и значение)</li> <li>- Класс Пресмыкающиеся (разнообразие и значение)</li> <li>- Класс Птицы (разнообразие и значение)</li> <li>- Класс Млекопитающие (разнообразие и значение)</li> </ul>	<p>эволюция, биологическое разнообразие, биологический прогресс</p> <p>Дивергенция и конвергенция</p>	<p>биологии в практической деятельности людей, роль различных организмов в жизни человека;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать и оценивать последствия деятельности человека в природе</li> </ul>
<p>Формирование первоначальных систематизированных представлений о биологических объектах, процессах, явлениях, закономерностях</p>	<p>Строение тела животных (Клетка. Ткани. Органы и системы органов)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Общая характеристика типа Хордовые. Бесчерепные, рыбы (общая характеристика, внешнее и внутреннее строение, размножение и развитие)</li> <li>- Класс Земноводные (общая характеристика, внешнее и внутреннее строение, размножение и развитие)</li> <li>- Класс Пресмыкающиеся (общая характеристика, внешнее и внутреннее строение, размножение и развитие)</li> <li>- Класс Птицы (общая характеристика, внешнее и внутреннее строение, размножение и развитие)</li> <li>- Класс Млекопитающие (общая характеристика, внешнее и внутреннее строение, размножение и развитие)</li> </ul>	<p>Гомологичные и аналогичные органы</p> <p>Идиоадаптации</p> <p>Ароморфозы, ценогенез</p> <p>Идиоадаптации, ароморфозы, ценогенез</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выделять существенные признаки биологических объектов (клеток и организмов животных) и процессов, характерных для живых организмов;</li> <li>- аргументировать, приводить доказательства различий животных;</li> <li>- осуществлять классификацию биологических объектов на основе определения их принадлежности к определенной систематической группе;</li> <li>- различать по внешнему виду, схемам и описаниям реальные биологические объекты или их изображения, выявлять отличительные признаки биологических объектов;</li> <li>- устанавливать взаимосвязи между особенностями</li> </ul>

			строения и функциями клеток и тканей, органов и систем органов
Формирование первоначальных систематизированных представлений об основных биологических теориях	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Класс Земноводные (происхождение)</li> <li>- Класс Пресмыкающиеся (происхождение)</li> <li>- Класс Птицы (происхождение)</li> <li>- Класс Млекопитающие (происхождение)</li> <li>- Развитие животного мира на Земле</li> </ul>	<p>Биогенетический закон, эволюционное учение, онтогенез, филогенез</p> <p>Естественный отбор, биологический прогресс и регресс</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- аргументировать, приводить доказательства родства различных таксонов животных;</li> <li>- объяснять общность происхождения и эволюции систематических групп животных;</li> <li>- сравнивать биологические объекты, процессы жизнедеятельности; делать выводы и умозаключения на основе сравнения</li> </ul>
Формирование первоначальных систематизированных представлений об экосистемной организации жизни, о взаимосвязи живого и неживого в биосфере, о наследственности и изменчивости	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Класс Земноводные (годовой жизненный цикл и среда обитания)</li> <li>- Класс Пресмыкающиеся (годовой жизненный цикл и среда обитания)</li> <li>- Класс Птицы (годовой жизненный цикл и среда обитания)</li> <li>- Класс Млекопитающие (годовой жизненный цикл и среда обитания)</li> <li>- Развитие животного мира на Земле</li> </ul>	<p>Гомологичные и аналогичные органы, дивергенция и конвергенция</p> <p>Наследственность, изменчивость</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выявлять примеры и раскрывать сущность приспособленности организмов к среде обитания;</li> <li>- сравнивать биологические объекты, процессы жизнедеятельности; делать выводы и умозаключения на основе сравнения</li> </ul>
Приобретение опыта использования методов биологической науки и проведения несложных биологических экспериментов для изучения живых организмов и человека, проведения экологического мониторинга в окружающей среде	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Лабораторные работы и экскурсии</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать методы биологической науки: наблюдать и описывать биологические объекты и процессы; ставить биологические эксперименты и объяснять их результаты;</li> <li>- знать и аргументировать основные правила поведения в природе;</li> <li>- анализировать и оценивать последствия деятельности человека в природе</li> </ul>

В процессе анализа мы хотели не просто выявить степень выполнения требований ФГОС к результатам освоения курса биологии 7 класса раздела «Хордовые животные», но и определить возможности программы и соответствующего ей учебника в формировании основных эволюционных понятий. При изучении многообразия животных нельзя пренебрегать этой категорией понятий, так как у обучающихся не сможет сформироваться целостное понимание причин и процесса появления этого многообразия. Конечно, в учебниках по биологии 7 класса (в частности, авторов В.М. Константинов, В.Г. Бабенко, В.С. Кучменко) присутствуют темы, описывающие происхождение разных классов хордовых животных (земноводных, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих), но материал выстраивается таким образом, что говорится только о предположительной группе организмов, от которой произошли представители данного класса, и о сходных чертах строения этих двух групп [25]. Именно здесь нарушается формирование целостной системы знаний обучающихся: особенности строения, например, земноводных были изучены на позапрошлом уроке, сейчас изучается происхождение этой группы животных, и в большинстве случаев обучающиеся не видят тех фундаментальных преобразований в морфофункциональной организации, которые позволили тем же самым земноводным освоить наземную среду обитания, что дало начало такой группе хордовых животных, как Amniota (первичноназемные животные).

Проблема, на наш взгляд, усугубляется отсутствием сопровождения материала научной терминологией. Сложно говорить о формировании многообразия животных, когда обучающимся не известны сущность процессов дивергенции и конвергенции, сложно сравнивать строение представителей двух классов хордовых животных, когда не сформированы понятия гомологичных и аналогичных органов, хотя они являются одними из главных в сравнительной анатомии животных, о чем было сказано в разделе 1.1. Конечно, в анализируемом учебнике биологии изучаются понятия «естественный отбор», «наследственность» и «изменчивость», но это

происходит только в самом конце курса, когда многие обучающиеся уже забыли большую часть информации об особенностях организации разных групп животных. Изучая рабочую программу, материалы учебника и сопоставляя их с интерпретированным с помощью сравнительно-эволюционного подхода биологическим содержанием, опираясь также на фундаментальные труды И.И. Шмальгаузена и других ученых-биологов, в традиционном подходе обучения биологии были определены темы, на которых можно формировать основные эволюционные понятия, представленные в таблице 2. Но велика вероятность того, что материалов учебников будет недостаточно, а тематика уроков не позволит полноценно раскрыть суть этих понятий.

Часто уроки биологии планируются таким образом, что при изучении, например, внутреннего строения млекопитающих вся деятельность обучающихся концентрируется на особенностях именно этой группы позвоночных. В этом случае без сомнений будут достигнуты планируемые результаты и требования ФГОС о «формировании систематизированных представлений о биологических объектах». Но стоит ли в этом случае говорить о полноценных, прочных знаниях обучающихся, когда факты, полученные на данном уроке, не были включены в единую систему знаний обучающихся по биологии? Какое значение обучающийся придаст тем фактам, что сердце у млекопитающих четырехкамерное, желудочки сокращаются одновременно, эритроциты лишены ядра? Преимущества сравнительно-эволюционного подхода в том, что обучающиеся в процессе своей деятельности изучают сразу целую группу хордовых животных (*anamnia*, *amniota*, иногда, *amphibia*) или весь тип сразу, не разделяя его на отдельные классы (как это представлено в учебниках биологии), так как выявляются общие закономерности морфофункциональной организации животных на уровне функций (транспортная, дыхательная и пр.), которые выполняют органы и их системы. Ведь организм животного приспосабливается к изменяющимся условиям окружающей среды благодаря

повышению уровня метаболизма, что обеспечивается усложнением основополагающих функций, что в свою очередь приводит к совершенствованию строения систем органов. Поэтому деятельность обучающихся необходимо концентрировать на выявлении закономерностей и тенденций эволюции функций организма, а не на простом описании морфологии и анатомии систем органов [34].

Благодаря своим особенностям сравнительно-эволюционный подход способен в большей степени решить эти проблемы, чтобы знания и умения обучающихся соответствовали планируемым результатам освоения курса биологии 7 класса, что, в свою очередь, будет выполнять требования ФГОС к подготовке обучающихся. Будет ли это способствовать решению проблемы качества образования? Конечно, данный подход укрепляет биологические знания и умения, но благодаря этому обучающиеся развивают очень важные приемы работы с информацией, что является важным элементом повышения качества образования.

## **ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕАЛИЗАЦИИ СРАВНИТЕЛЬНО-ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА В ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИИ**

### **2.1. Модель экспериментальной методики реализации сравнительно-эволюционного подхода на уроках биологии**

Организация деятельности обучающихся в процессе обучения всегда придерживается определенной модели. Каждая школа, каждый учитель формирует свою модель обучения, основываясь на требованиях ФГОС и других нормативных документов, и, конечно же, этот процесс выстраивается в соответствии с теми возможностями, которыми располагает образовательное учреждение.

В современной методике обучения тому или иному школьному предмету существует большое количество технологий и методик, которые позволяют всесторонне формировать личность обучающихся с его знаниями и умениями. К таким технологиям можно отнести, например, технологию развивающего обучения, технологию формирования критического мышления, проблемную и проектную технологии. Но все они основываются на системно-деятельностном подходе, который является ведущим в свете ФГОС любой ступени образования. У каждой технологии или подхода есть своя модель, в которой раскрываются все аспекты их реализации в образовательном процессе. В разделе 1.3 мы определили место сравнительно-эволюционного подхода в системе современного биологического образования, являющегося перспективным подходом в интерпретации содержания курса биологии 7 класса, и у него тоже есть своя модель.

В модели методики реализации сравнительно-эволюционного подхода (рисунок 8) можно выделить следующие блоки: основной; содержательный; организационно-методический; процессуально-деятельностный; оценочно-результативный.



Рисунок 8. Методика реализации сравнительно-эволюционного подхода в процессе изучения содержания раздела «Хордовые животные», 7 класс

Основной блок включают в себя основные принципы сравнительно-эволюционного подхода, напрямую определяющие способы организации познавательной деятельности обучающихся на уроках биологии в условиях реализации данного подхода, а также план, по которому осуществляется

интерпретация биологического содержания раздела «Хордовые животные». Данный план представлен на рисунке 9.

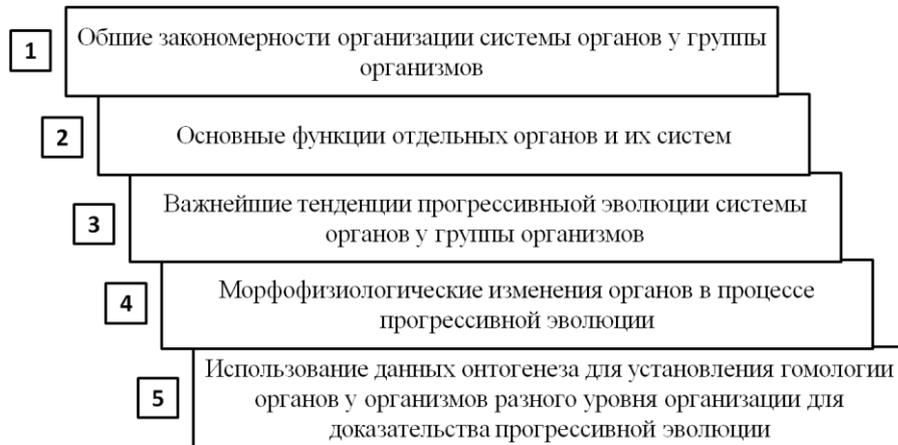


Рисунок 9. Основные направления изучения раздела «Хордовые животные»

Изучая теоретические аспекты реализации сравнительно-эволюционного подхода, можно выделить несколько основополагающих принципов, которые могут стать методической основой при планировании уроков биологии. Это тот фундамент, те тезисы, понимание которых является важным условием эффективной реализации инновационного подхода[32]. Основные принципы представлены на рисунке 10.



Рисунок 10. Основные особенности сравнительно-эволюционного подхода

Сравнительно-эволюционный подход играет роль в качестве средства интерпретации содержания раздела «Хордовые животные», о чем уже

неоднократно говорилось. Одна из его задач – сформировать у обучающихся понимание взаимосвязи строения и функционирования организма животного с особенностями условий среды его обитания. Чтобы решить эту и многие другие задачи, должна осуществляться интеграция сравнительно-эволюционного подхода с другими подходами в образовании. К ним может относиться:

1) Компетентностный подход, направленный на формирование умение обучающихся решать проблемы, работать с информацией, выстраивать коммуникацию.

2) Системно-деятельностный подход, в рамках которого обучающиеся получают знания в процессе собственной познавательной деятельности, придерживаясь девиза «Я учусь!», а не «Меня учат!». Принципы сравнительно-эволюционного подхода позволяют организовать исследовательскую деятельность обучающихся, так как выявление причинно-следственной связи «строение – окружающая среда» в большинстве случаев формируется в результате постановки проблемы и ее решения.

3) Личностно-ориентированный подход, в котором главной идеей является то, что каждый обучающийся уникален (индивидуален), поэтому в процессе обучения он имеет право выбора, так как должны учитываться его особенности интеллектуального развития, его способности, особенности восприятия информации и другие [50].

Содержательный блок подразумевает выбор средств обучения и определение организационно-педагогических условий реализации сравнительно-эволюционного подхода, а также развитие универсальных учебных действия в соответствии с ФГОС и основной образовательной программой [41].

Правильный выбор средств (рисунок 11) и формирование организационно-педагогических условий обеспечит более эффективное формирование УУД всех групп [57]. В условиях реализации сравнительно-

эволюционного подхода большое внимание уделяется формированию познавательных УУД, так как объем информации, с которым работают обучающиеся, увеличивается, как и увеличивается количество операций, по ее обработке. При организации подобных уроков учителю необходимо обеспечить инновационное планирование познавательной деятельности обучающихся, пересмотрев традиционные программы.

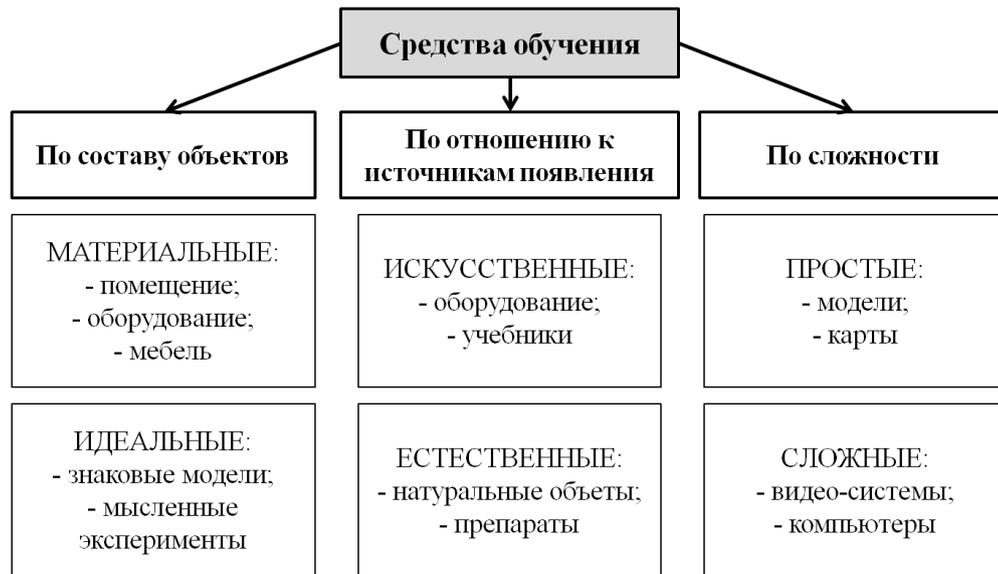


Рисунок 11. Классификация средств обучения по А.В. Хуторскому

В организационно-методическом блоке отражены методы обучения и форм организации учебной деятельности обучающихся. Говоря о методах обучения, стоит обратить внимание на классификацию В.П. Беспалько и В.А. Оганесян (рисунок 12) [7].

Стоит обратить особое внимание на методы поисковый, проблемный и творческой деятельности. Именно они играют важную роль в реализации сравнительно-эволюционного подхода, так как обучающиеся становятся субъектами самостоятельной познавательной деятельности, полноценно применяя разнообразные приемы работы по поиску и обработке информации.

Процессуально-деятельностный блок включает в себя те задачи, которые будут решаться в процессе познавательной деятельности обучающихся, для достижения определенных результатов, в частности, группы предметных, повышая уровень и расширяя знания по предмету.

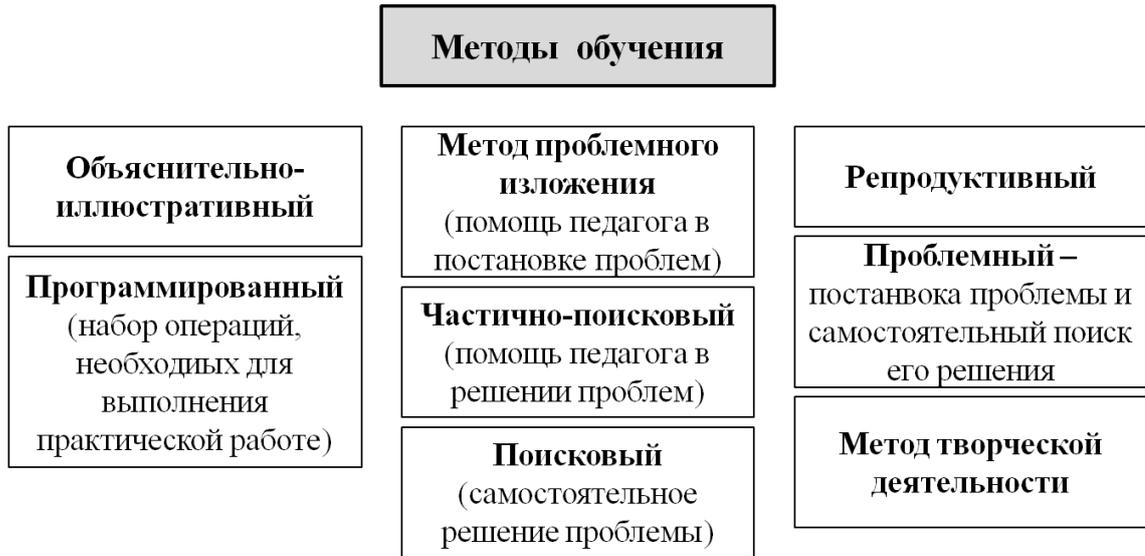


Рисунок 12. Методы обучения по В.П. Беспалько и В.А. Оганесяну

Последний блок – оценочно-результативный. Его основу составляет положительная динамика формирования знаний обучающихся по разделу «Хордовые животные». Для этого необходима понимать как и что проверять по результатам обучения, тем самым фокусируясь и на количественные, и на качественные показатели деятельности обучающихся.

Если методически правильно организовать уроки по реализации сравнительно-эволюционного подхода, обратив внимание на главные его принципы, подобрав соответствующие методы, средства обучения, то деятельность обучающихся продемонстрирует хорошие показатели усвоения биологического содержания раздела «Хордовые животные».

## **2.2. Экспериментальная методика по организации усвоения и контроля знаний при изучении биологии 7 класса в разделе «Хордовые животные»**

Реализация сравнительно-эволюционного подхода и его внедрение в процесс обучения школьной биологии является сложным процессом. Современная программа по биологии не предполагает таких кардинальных изменений в содержании и тематическом планировании. Возникает проблема, так как сравнительно-эволюционный подход требует серьезную интерпретацию содержания. Следовательно, современные учебники по

биологии также не подходят для реализации данного подхода, так как они напрямую отражают содержание примерной программы предмета. Возникновение этих проблем обосновывается тем, что разрабатываемый нами инновационный сравнительно-эволюционный подход предполагает изучение биологического содержания по определенному плану, который был уже представлен в разделе 1.2. Стоит обратить внимание, что сформулированный нами план применяется при построении содержания для изучения не конкретного класса хордовых животных (как это представлено в примерных программах), а для изучения морфофункциональной организации системы органов в организме животного, выполняющей, самое главное, ту или иную основополагающую функцию (например, транспорт веществ, газообмен). Эта идея является одной из ведущих и составляет основу сравнительно-эволюционного подхода.

В основном блоке модели реализации инновационного подхода было выделено несколько основополагающих принципов (рисунок 10), на которые необходимо опираться при планировании уроков биологии и организации деятельности обучающихся в условиях применения сравнительно-эволюционного подхода. Именно они легли в основу разработки экспериментальной методики и, соответственно, методического сопровождения, целью которого является внедрение сравнительно-эволюционного подхода в процесс обучения биологии.

Разрабатываемое нами методическое сопровождение состоит из двух компонентов:

- 1) *методические рекомендации* по внедрению в практику приемов сравнительно-эволюционного подхода;
- 2) *фонды оценочных средств*, представленные тематическими вопросами и заданиями, направленными на выявления уровня освоения знаний обучающихся в разделе «Хордовые животные».

В связи с тем, что полноценно реализовать методику инновационного подхода в условиях школы почти невозможно (основные причины этого

были описаны выше), разработка методических рекомендаций более чем оправдано. Они позволяют включить в содержание урока эволюционный компонент, что дает возможность начать формировать сложные понятия и законы эволюции, которые в основном формируются в курсе «Общей биологии 9-11 классов, при изучении конкретного биологического материала, т.е. морфофункциональной организации хордовых животных. Формирование эволюционных понятий, законов и закономерностей придает деятельности обучающихся исследовательский характер, так как сопровождается постановкой проблем, выдвижением гипотез, выявлением причинно-следственных связей, закономерностей [5, 62]. Это еще одна составляющая основы сравнительно-эволюционного подхода. Также основополагающим компонентом этого подхода является частое применение в познавательной деятельности обучающихся такого приема логического мышления как сравнение. Оно является важным инструментом упорядочения поступающей в сознание обучающихся информации, а также позволяет выделять как раз те необходимые закономерности и причинно-следственные связи. Развитие умения сравнивать помогает углублять и конкретизировать содержание, выявлять в изучаемом биологическом материале новые признаки в результате анализа сходств и различий, выстраивать взаимосвязи между объектами и процессами. Можно прийти к заключению, что благодаря такому детальному и углубленному изучению объектов живой природы (в частности, животных), применение сравнения в процессе изучения какого-либо материала способствует тому, что это содержание усваивается сознательно, а не формально.

Поэтому, прежде чем приступать к выявлению закономерностей морфофункциональной организации и эволюции хордовых животных, необходимо сформировать у обучающихся умение сравнивать биологические объекты (животных). Под сравнением, в широком смысле, понимается нахождение признаков сходства и различия между объектами. Что же означает «сравнивать объекты»? Для этого необходимо выполнить три

операции: во-первых, используя правила анализа, выделить сходства в двух или нескольких объектах, во-вторых, выделить признаки различия и, в-третьих, обязательно сделать вывод о сравниваемых объектах [17]. Обучающиеся должны осознавать весь процесс сравнения, независимо от того, на каком школьном предмете они применяют его, но на уроках биологии (7 класса) даже без реализации сравнительно-эволюционного подхода этот прием находит широкое применение.

Обучающиеся 7 класса обладают рядом возрастных особенностей, которые позволяют эффективно использовать некоторые приемы сравнительно-эволюционного подхода в процессе обучения биологии. Особое внимание стоит обратить на группы психологических и умственных особенностей, которые напрямую оказывают влияние на познавательную деятельность. Внимание обучающихся становится весьма противоречивым: с одной стороны, в этом возрасте (12-13 лет) формируется произвольное внимание, т.е. обучающийся сознательно концентрируется на каком-либо объекте, но с другой стороны, избыточная активность и импульсивность поведения предопределяет неустойчивость внимания, что приводит к быстрой его смене. Поэтому для таких уроков должна быть характерна смена деятельности. Говоря о развитии умственных способностей обучающихся, стоит отметить более сложное аналитико-синтетическое восприятие объектов и явлений, совершенствование мыслительных операций (анализ, сравнение, обобщение), что приводит к развитию абстрактного мышления, которое приобретает такую особенность, как критичность, что подразумевает формирование у обучающихся собственного мнения и желание его продемонстрировать. Хотя учебно-познавательная деятельность уходит на второй план, стоит отметить чрезмерную любознательность семиклассников. Поэтому нестандартное изучение школьного биологического содержания, которое позволяет реализовать сравнительно-эволюционный подход, способно создать, на наш взгляд, «площадку» для удовлетворения их любознательности и проявления познавательных способностей. Так как в

условиях предлагаемого подхода содержание раскрывается в основном через проблемные вопросы, то это открывает возможность для написания проектов и исследовательских работ [54]. Это будет оказывать большой образовательный эффект, ведь одним из ведущих видов деятельности обучающихся 7 класса является проектная деятельность, что также позволяет продемонстрировать самостоятельность учеников. Двойного эффекта можно достичь, организовав групповую работу обучающихся на уроке или для написания проектов, что определяется их потребностью в общении со сверстниками и участием в коллективной работе [31].

Принципы сравнительно-эволюционного подхода, возрастные особенности обучающихся 7 класса, а также требования ФГОС легли в основу разработки методических рекомендаций, которые для наглядности представлены в формате фрагментов уроков. Стоит обратить внимание, что тематика фрагментов определена согласно учебному пособию «Закономерности морфофункциональной организации и эволюции хордовых животных» и собственно методике сравнительно-эволюционного подхода. Значение фрагментов заключается в том, чтобы продемонстрировать разные способы реализации тех или иных аспектов инновационного подхода, которые представлены на рисунке 10.

Неоднократно отмечалось, что одним из главных принципов сравнительно-эволюционного подхода является принцип *функциональности*. При изучении хордовых животных (как и всех других живых организмов) у обучающихся необходимо сформировать представление о том, что морфофункциональная организация совершенствовалась не просто так, а выживали те организмы, обмен веществ которых мог поддерживать все процессы жизнедеятельности на высоком уровне независимо от меняющихся условий окружающей среды. Поэтому в разделе «Хордовые животные» необходимо организовать деятельность для изучения обучающимися особенностей сред обитания представителей данного типа животных. Если взять во внимание тот факт, что сравнительно-эволюционный подход

раскрывает закономерности эволюции на основе двух групп (кладов) хордовых – *anamnia* (первичноводные) и *amniota* (первичноназемные), то познавательная деятельность обучающихся должна быть направлена на выявление особенностей соответствующих им двух сред обитания – водной и наземно-воздушной. Пример решения данной проблемы на уроке биологии представлен в таблице 3.

Таблица 3

Фрагмент урока №1 «Особенности водной и наземно-воздушной сред обитания»

Деятельность учителя	Деятельность обучающихся, предполагаемые ответы	Формируемые понятия				
<p>- На Земле проживает огромное количество самых разных животных. Каждое из них нашло свое место и свою «профессию» в этом мире, тем самым приспособившись к определенным условиям природы. А где же проживают разные животные? Давайте вспомним такое понятие как «среды жизни». Что это такое, и какие они бывают?</p> <p>- Если посмотреть на эволюцию животного мира, то можно выделить две особо важные среды, которые и определили разнообразие живых организмов. На них мы обратим особое внимание.</p> <p>- В каждой среде обитания проживают определенные животные. Используя таблицу, «расселите» животных по соответствующим им средам жизни.</p> <p><i>Организует работу в парах. Предлагает обучающимся выполнить задание, в котором необходимо распределить животных по средам жизни.</i></p> <table border="1" data-bbox="240 1850 817 1924"> <thead> <tr> <th data-bbox="240 1850 485 1924">Водная</th> <th data-bbox="485 1850 817 1924">Наземно-воздушная</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="240 1924 485 1973"></td> <td data-bbox="485 1924 817 1973"></td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Организует взаимопроверку выполненного задания (пары обучающихся обмениваются работами)</i></p> <p><i>Один обучающийся заполняет таблицу</i></p>	Водная	Наземно-воздушная			<p>- <b>Среда обитания</b> – это часть природы, в которой обитают живые организмы, представленная совокупностью экологических факторов, оказывающих воздействие на эти живые организмы.</p> <p>- Выделяют водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную среды жизни.</p> <p><i>Выполняют задание: устанавливают соответствие между представителем хордовых животных и средой его обитания.</i></p> <p><i>Проверяют выполненное задание, оценивают одноклассников, заполняют таблицу на доске.</i></p>	<p>Среда обитания, наземно-воздушная среда, водная среда</p>
Водная	Наземно-воздушная					

<p><i>на доске.</i></p> <p>- Вы хорошо справились с заданием. Скажите, по какому признаку мы относим животное к той или иной среде обитания?</p> <p>- Получается, чтобы животное прекрасно чувствовало себя в своей среде обитания, ее организм должен всесторонне приспособиться к ней?</p> <p>- Почему животные наземно-воздушной среды обитания не могут выжить в водной среде и наоборот?</p> <p>- Давайте выясним, чем же отличаются эти две среды обитания, что определяет такие различия в строении животных.</p> <p><i>Организует работу в группах – смысловое чтение с последующим составлением кластера (ментальной карты) «Особенности среды обитания». Все группы делятся на два варианта: 1 вариант читает текст про водную среду обитания, 2 – про наземно-воздушную.</i></p> <p><i>После выполнения работы осуществляется сравнение кластеров двух вариантов, где выявляются различия двух сред обитания (в основном, физические показатели).</i></p> <p>- Мы с вами выявили различия двух сред жизни. Дальше же мы с вами станем настоящими исследователями. Ведь нам необходимо разобраться, как же эти условия отразились на строении животных. Так ли сильно влияет окружающая среда на живой организм? Или ему ничего не стоит обуздать ее?</p>	<p>- Одним из критериев является внешний вид животного: по определенным частям тела (органам) животное ассоциируется с представителями разных сред обитания.</p> <p>- Так как их организм не приспособлен к условиям той среды обитания, в которой они не обитают.</p> <p><i>Каждая группа составляет свой кластер по определенной теме, которая соответствует особенностям одной из двух сред обитания (водной и наземно-воздушной). Сравнивают два вида кластеров и выделяют основные различия двух сред обитания:</i></p> <p><u>водная среда:</u></p> <p>- низкая и непостоянная концентрация кислорода в воде (в 20 раз меньше чем в наземно-воздушной среде);</p> <p>- скорость диффузии кислорода в 10000 раз ниже;</p> <p>- высокая плотность.</p> <p><u>наземно-воздушная среда:</u></p> <p>- низкая плотность воздуха;</p> <p>- сильное воздействие силы тяжести;</p> <p>- резкие перепады температур;</p> <p>- сильная испаряемость.</p>	<p>Приспособление (адаптация)</p> <p>Условия среды обитания</p> <p>Диффузия, парциальное давление кислорода, концентрация кислорода, испаряемость</p>
---	--	---

Изучение особенностей сред обитания предполагает проведение *интегрированного урока* (или использование некоторых приемов), в котором биологическое содержание обучающиеся будут дополнять знаниями из географии и физики. В курсе географии 6 класса обучающиеся знакомятся с особенностями атмосферы и гидросферы Земли, в процессе чего раскрываются закономерности изменения разных физических показателей (температура, давление, концентрация кислорода и пр.) с увеличением глубины или высоты. На уроках физики 7 класса формируются знания о простых физических процессах диффузии и осмосе, которые имеют огромное значение в функционировании организма животных, а также о законах механики и основных силах природы (напрмиер, силе тяжести) [13]. Даже эти два блока знания позволяют объяснить многие вопросы успешного существования животных в соответствующей им среде обитания, а также невозможности полноценной жизни в противоположной среде.

Основная цель этого фрагмента урока – подготовить обучающихся к решению проблемы выявления взаимосвязи морфофункциональной организации животного и условий среды их обитания. Конечно, эти физические понятия можно формировать в процессе изучения определенной функции и системы органов, ее выполняющей (например, процесс диффузии и осмоса при изучении транспортной системы, парциальное давление кислорода при изучении дыхательной), но лучше всего посвятить этой проблеме отдельный урок (по возможности). Главная идея урока по этой теме – в результате сравнения водной и наземно-воздушной сред обитания показать их различия: концентрация кислорода, его парциальное давление, скорость диффузии газов, плотность воды и воздуха и т.д [61]. На первый взгляд может показаться, что это приводит к углубленному изучению биологии, но с другой стороны, бессмысленно изучать строение и функционирование организма животных, не понимая причину такой организации. Конечно, если данный материал не подкреплять конкретными примерами, то он почти никакой смысловой нагрузки не несет. Можно

привести простой пример: обучающийся при чтении текста выясняет, что парциальное давление кислорода на больших высотах сильно уменьшается. Сейчас для него эта информация почти не несет никакой смысловой нагрузки. Но при изучении дыхательной системы наземных позвоночных, этот факт поможет разобраться в вопросе сложной организации этой системы органов у птиц, что позволит, например, ответить на вопрос «почему птицы способны летать на больших высотах, где другие животные впадают в коматозное состояния?».

Как уже говорилось, особенности сред обитания хордовых животных можно изучать на этапе изучения конкретной системы органов и функции, но в подобных случаях на уроке будет затрачиваться дополнительное время. Поэтому после изучения всех основных особенностей окружающей среды и физических процессов эффективнее будет все-таки на последующих уроках данный материал сопровождать конкретными примерами, тем самым реализуя одну из особенностей сравнительно-эволюционного подхода: «системы органов изучаются в их функциональной взаимосвязи между собой и с окружающей средой» [65]. Один из примеров организации деятельности обучающихся по решению данной проблемы представлено в фрагменте урока из таблицы 4.

Таблица 4

Фрагмент урока №2 «Зависимость строения организма от условий окружающей среды. Идиоадаптация»

Деятельность учителя	Деятельность обучающихся, предполагаемые ответы	Формируемые понятия
<p>- Мы выявили общие закономерности организации дыхательной системы наземных позвоночных и отметили, чем она кардинально отличается от таковой у первичноводных позвоночных.</p> <p>- Но в одинаковых ли условиях обитают представители наземно-воздушной среды обитания? Давайте выясним, каковы особенности мест обитания и</p>		<p>Дыхательная система</p>

<p>образа жизни рептилий, птиц и млекопитающих.</p> <p><i>Организует работу в группах. Задание: охарактеризовать условия среды, мест обитания и образа жизни трех классов позвоночных животных на примере класса в целом или конкретного вида. Для упрощения работы предлагается план характеристики. Ответы оформляются в виде схемы или рисунка. При обсуждении ответов на задание, обучающиеся вносят основные положения в таблицу на доске.</i></p> <p>- Посмотрите на нашу таблицу. Основываясь на том, что мы изучили дыхательную систему, скажите представителям какого класса приходится сложнее в условиях наземно-воздушной среды обитания, исходя из их образа жизни? <i>Подводит обучающихся к выводу, что большинство птиц обитают в суровых условиях, в связи с полетом на больших высотах, где парциальное давление кислорода почти в два раза ниже.</i></p> <p>- Вспомните из уроков географии и физики, как изменяются физические показатели воздуха с высотой? <i>(температура, давление, концентрация газов, парциальное давление)</i></p> <p>- Итак, с какими же испытаниями сталкивается организм птиц во время полета?</p> <p>- По этим особенностям птицы очень похожи на рыб: они значительную часть своей жизни проводят в условиях кислородной недостаточности (только рыбы живут в условиях низкой концентрацией кислорода в воде, а птицы – в условиях разреженного воздуха).</p> <p>- Если мы наблюдаем такое разнообразие птиц на Земле, значит, они приспособились к этим условиям, смертельным для нас.</p> <p><i>Предлагает обучающимся вспомнить</i></p>	<p><i>Выполняют задание: группы характеризуют свой класс позвоночных животных по предложенному плану. Ответы оформляют в виде схемы. Проверяют и обсуждают выполненное задание, заполняя обобщающую таблицу на доске.</i></p> <p>- С наиболее суровыми условиями сталкиваются птицы, так как значительную часть своей жизни они проводят в полете на больших высотах.</p> <p>- С увеличением абсолютной высоты происходят следующие изменения: увеличивается скорость ветра, понижаются температуры воздуха и давление, что приводит к снижению парциального давления кислорода =&gt; воздух на больших высотах разреженный.</p> <p>- В связи с разреженным воздухом на больших высотах и пониженным парциальным давлением кислорода птицы во время полета находятся в условиях гипоксии (недостатка кислорода).</p> <p>- <b>Идиоадаптация</b> – морфофизиологические</p>	<p>Идиоадаптация</p> <p>Легкие, дыхательная поверхность</p>
--	---	---

<p><i>понятие «идиоадаптации».</i></p> <p>- Показателем эффективной работы легких является их большой объем: это достигается высокой эластичностью стенок легких и наличием складчатой структуры для увеличения дыхательной поверхности. Но у птиц легкие небольшие по объему, слабоэластичные... Так в чем же их секрет?</p>	<p>изменения (частные приспособления), формирующие видовое многообразие животных на данном уровне организации.</p>	<p>Противоточная система</p>
<p><i>Предлагает обучающимся подумать, как можно увеличить потребление кислорода, без увеличения объема легких. Обсуждают предположения обучающихся всем классом.</i></p> <p>- Вспомните, как рыбы приспособились к низкой концентрации кислорода в воде? У них функционирует противоточная система. В дыхательной системе птиц также сформировался подобный механизм: кровеносные сосуды и бронхи располагаются таким образом, что кровь движется по сосудам в противоположном направлении движению воздуха в бронхах. Это способствует постоянной разнице концентраций газов, что и поддерживает постоянную диффузию.</p>	<p><i>Отвечают на вопросы учителя. Реализуют прием «Мозговой штурм»: предлагают разные варианты приспособления дыхательной системы птиц в связи с полетом.</i></p>	
<p><i>По ходу обсуждения предлагает обучающимся зарисовать принцип действия противоточной системы птиц.</i></p> <p>- Но во время полета птицы затрачивают колоссальное количество энергии, а легкие их слаборастяжимы, так как всегда должны быть наполнены воздухом для уменьшения удельного веса. Значит одной противоточной системы мало.</p> <p>- Сравните легкие птиц и других наземных позвоночных. Чем органы дыхания птиц отличаются от таковых у других амниот?</p>	<p><i>Зарисовывают в тетради схему «Противоточная система птиц».</i></p>	<p>Воздушные мешки</p>
<p><i>На слайде представлены схематические рисунки органов дыхания рептилий и птиц. Обучающиеся должны отметить наличие у птиц системы выростов бронхов – воздушные мешки.</i></p> <p>- У птиц легкие дополняются еще и специфическими для этого класса образованиями – воздушными мешками. Всего их 11 (5 пар и один непарный). В отличие от легких они легко растяжимы, и условно их можно разделить на передние и задние. Возникает вопрос: как же функционируют воздушные мешки и каково</p>	<p><i>Сравнивают органы дыхания птиц и пресмыкающихся.</i></p> <p>- В отличие от других наземных позвоночных в дыхательной системе птиц есть новообразования, которые похожи на легкие.</p>	<p>Дыхательный цикл птиц, функционирование воздушных мешков</p>

<p>их значение в дыхании птиц? А роль их поистине огромна.</p> <p><i>Организует работу обучающихся по выявлению особенностей дыхательного цикла птиц и функционирования воздушных мешков. Задание: с помощью текста из учебного пособия выделить этапы движения воздуха в органах дыхания, заполнить пропуски в предложенной схеме и сделать выводы, ответив на вопросы.</i></p> <p>- К какому же заключению мы пришли: какую роль играют воздушные мешки в дыхании птиц?</p>	<p><i>Выполняют задание. Читают тексты с дополнительной информацией и заполняют схему. Отвечая на вопросы, формулируют выводы.</i></p> <p>- Функционирование воздушных мешков позволяет вдыхаемому воздуху дважды проходить через легкое: как при движении воздуха в задние мешки (вдох), так и при его движении в передние мешки (выдох). Это обеспечивает постоянное насыщение легких кислородом как во время вдоха, так и во время выдоха. В совокупности с противоточной системой легкие эффективно поглощают кислород из воздуха.</p>	
---	--	--

Когда мы изучаем строение и физиологию животных, то всегда должны помнить, что тело любого живого организма является сложной биологической системой, где каждый ее элемент находится в неразрывной взаимосвязи друг с другом, выполняя при этом свою специфическую функцию, что и позволяет ему существовать в тех условиях, которые сформировались в окружающей среде, или же приспособиться к новым. Каждое приспособление – это результат воздействия на тело животного определенных, в основном, абиотических факторов среды: если в воде мало кислорода, то у рыб формируются дополнительные органы дыхания, если на большой высоте воздух разреженный, то у птиц функционируют противоточная система и воздушные мешки, если животные обитают в условиях низких температур, то формируется волосяной или перьевогой

покров [12]. Когда организуется деятельность по изучению морфофункциональной организации хордовых животных, всегда по возможности необходимо ставить перед обучающимися вопрос: «в связи с чем сформировалось эта структура или орган?». На таких уроках у обучающихся будут формироваться очень важные в биологии понятия «ароморфоз» и «идиоадаптация», причем на конкретном биологическом материале. Необходимо не просто изучить эти основные направления эволюции, но и научить обучающихся различать их. Конечно, рассмотреть на уроках все идиоадаптации каждого класса хордовых животных невозможно, но некоторым все-таки нужно уделить время на уроке, тем самым продемонстрировав взаимосвязь строения организма и условий окружающей среды. Говоря о «некоторых идиоадаптациях», мы подразумеваем те, которые являются отличительными признаками определенного класса (или отрядов, семейств) хордовых: перепонки на лапах земноводных, некоторых птиц и млекопитающих; крылья, перья, клюв, цевка птиц; волосяной покров млекопитающих; противоточная система птиц и рыб и т.п. [26].

У любого класса хордовых животных, в любой системе органов можно выявить несколько идиоадаптаций, как и есть много способов и приемов организации деятельности обучающихся по их изучению. Но независимо от системы органов или класса животных можно придерживаться следующего плана:

1. Актуализировать знания об особенностях условий среды обитания.
2. В результате сравнения выявить различия в организации системы органов представителей хордовых животных внутри одной группы (anamniota или amniota), тем самым определив идиоадаптации.
3. Выявить особенности функционирования идиоадаптаций (функции), учитывая условия среды обитания (1 пункт плана).
4. Сделать вывод о значении изучаемых идиоадаптаций.

По этому плану разработан фрагмент урока из таблицы 4, где рассматриваются способы организации познавательной деятельности

обучающихся по изучению особенностей функционирования дыхательной системы птиц. Можно обратить внимание, что этот урок является проблемным, что придает деятельности обучающихся исследовательский характер. Постановка проблемы является одной из важных черт сравнительно-эволюционного подхода, ведь, в принципе, все изучение хордовых животных в условиях реализации этого подхода начинается с вопроса «в связи с чем сформировалось многообразие хордовых животных?», а биоразнообразие как раз является результатом появления идиоадаптаций, процессов дивергенции и конвергенции [35]. Поэтому при изучении тем по многообразию хордовых в курсе школьной биологии с целью формирования целостного представления об этом типе животных необходимо раскрывать пути формирования их разнообразия, что также является важным моментом в выявлении закономерностей эволюции всего царства животных.

Значение идиоадаптаций в формировании многообразия хордовых велико, но, в свою очередь, главным проявлением эволюции животного мира и способом достижения биологического прогресса является такой процесс как арогенез, который приводит к появлению крупных, совершенно новых приспособлений, повышающих уровень морфофункциональной организации животных (ароморфозов) [63]. В традиционном учебнике биологии 7 класса в разделе «Хордовые» классы животных как раз установлены в последовательность согласно направлению арогенеза: от головохордовых (ланцетник) до млекопитающих. Но это не совсем верно демонстрирует эволюцию животных, ведь современные представители классов пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие находятся почти на одном уровне филогенетического дерева. Поэтому классификация, используемая в методике сравнительно-эволюционного подхода, больше подходит для выявления закономерностей и направлений эволюции хордовых. Как уже говорилось, данный подход делит всех хордовых животных на две группы:

- первичноводные – anamnia – хордовые животные, которые размножаются и развиваются в водной среде;

- первичноназемные – amniota – хордовые, которые размножаются и развиваются на суше.

Целесообразность этой классификации в том, что она демонстрирует одно из важнейших событий в истории развития животного мира, а именно выход животных на сушу, полное обособление от водной среды обитания путем формирования зародышевых оболочек (амниона, аллантаоиса, серозной оболочки) [36, 37]. В связи с тем, что представители анамний (круглоротые, рыбы и земноводные) и амниот (рептилии, птицы и млекопитающие) обитают в одной среде, то и их строение в общих чертах будет схожим. Ведь мы уже отмечали, что особенности морфофункциональной организации животных – это результат приспособления к условиям окружающей среды. Поэтому в процессе сравнения представителей внутри одной или разных групп мы можем выявить:

- во-первых, общие закономерности в организации хордовых животных;

- во-вторых, этапы прогрессивной эволюции путем изучения ароморфозов.

Когда рассматривается процесс освоения совершенно новой для хордовых среды обитания (наземно-воздушной), мы говорим уже об ароморфозах, так как животные переходят в новую адаптивную зону. Такие изменения мы можем наблюдать в каждой системе органов, ведь организм животного – это целостная биологическая система: изменение одного компонента ведет за собой перестройку других. Почему эффективно изучать систему органов, а не отдельный класс позвоночных? Эволюция организма – это результат совершенствования основополагающих функций с целью повышения уровня метаболизма, что ведет за собой прогрессивные изменения в системах органов, выполняющих эти функции. Следовательно, анализируя и сравнивая функции и системы органов анамний и амниот, мы

наблюдаем направления и этапы прогрессивной эволюции. Это именно тот материал, который обучающиеся должны освоить в полном объеме.

Один из способов выявления и характеристики ароморфозов в результате сопоставления морфофункциональной организации первичноводных и первичноназемных реализован на примере изучения нервной системы и представлен в таблице 5.

Таблица 5

Фрагмент урока №3 «Морфофизиологические изменения органов в процессе прогрессивной эволюции. Ароморфозы»

Деятельность учителя	Деятельность обучающихся, предполагаемые ответы	Формируемые понятия
<p>- Одноклеточные организмы – это одни из самых простых по своей организации живые организмы. Одной единственной клетке необходимо реагировать на все «вызовы» (свет, температура, давление и пр.) окружающей среды, одновременно играя роль как рецептора (принимает сигнал), так и эффектора (отвечает на сигнал). С появлением многоклеточности все стало сложнее, ведь разные клетки получили свою специализацию. Поэтому каждая клетка не может своими силами уже дать достойный ответ.</p> <p>- Мы неоднократно говорили, что освоение новых сред и мест обитания приводит к совершенствованию (усложнению) строения организма, а также появление новых условий окружающей среды. Следовательно, для осуществления эффективной жизнедеятельности животные начинают выполнять много новых действий (движений или функций), которые нужно умело координировать, ну и конечно необходимо хорошо ориентироваться в новых условиях, функционировать, чтобы давать грамотный ответ на разные раздражители.</p> <p>- Скажите, какая система отвечает за координацию движений тела животных, а также формирование ответа на сигналы со стороны окружающей среды?</p> <p>- Давайте с вами вспомним особенности организации нервной системы такой группы животных, как первичноротые.</p>	<p>- Эти функции выполняют нервная система и органы чувств. <i>Называют типы нервных систем: сетчатая, лестничная,</i></p>	<p>Нервная система (узловая)</p>

<p>- Но с появлением хордовых формируется новый тип – трубчатая нервная система. Это общая черта всех хордовых животных. Как же организована данный тип нервной системы?</p> <p><i>Организует работу в группах по характеристике структуры нервной системы позвоночных животных. Используя материалы учебники и учебного пособия, необходимо вставить в текст пропущенные слова, а также на основе полученного текста нарисовать схему «Структура нервной системы позвоночных». После выполнения задания организуется обсуждение</i></p> <p>- Обратите внимание на полученную схему. Она в общих чертах характеризует организацию нервной системы всех хордовых животных. Но раз ее строение одинаково, тогда почему другие позвоночные так сильно отличаются от человека в плане нервной деятельности?</p> <p>- Чтобы ответить на этот вопрос, мы должны выяснить каким образом проходила эволюция нервной системы хордовых животных и какие существенные преобразования (т.е. ароморфозы) происходили в разных классах позвоночных.</p> <p><i>Организует работу в группах. Задание: изучая особенности организации нервной системы двух классов хордовых животных (костные рыбы – земноводные; земноводные – рептилии; рептилии птицы; рептилии – млекопитающие) выявить те преобразования, которые поднимали нервную систему и органы чувств позвоночных на новый уровень развития. Каждое преобразование обучающиеся изображают (схематично) на отдельном листе формата А4.</i></p> <p>- Вы справились с заданием. У каждой группы есть свой набор ароморфозов. Давайте с вами на доске с помощью ваших схем и рисунков выстроим последовательность этапов эволюции нервной системы и органов чувств хордовых животных.</p>	<p>узловая, а также те группы животных, которым они соответствуют (н/п, узловая – кольчатые черви, членистоногие и т.д.)</p> <p><i>Группы выполняют задание. Заполняют пропуски в тексте. На основе полученного текста рисуют схему.</i></p> <p><i>Группы приступают к выполнению задания, выбирая два класса хордовых животных. Изучая текст и схема (рисунки), подготавливают на отдельных листах изображения ароморфозов. Обсуждая ответы на задание, представители групп размещают свои рисунки и схемы на доске, формируя общую картину закономерностей эволюции нервной</i></p>	<p>Структура нервной системы хордовых</p> <p>Эволюция нервной системы, ароморфозы, арогенез</p>
---	---	---

<p>- Посмотрите на полученную цепочку. Давайте с вами скажем, в каком направлении шла эволюция данной системы?</p> <p>- Так давайте же вернемся к вопросу, который возник в начале урока: «почему же нервная деятельность высших позвоночных, в частности, человека, так сильно отличается от других позвоночных? Какие преобразования позволили достичь такого уровня развития?»</p>	<p><i>системы и органов чувств хордовых.</i></p> <p>- Эволюция нервной системы шла по пути: увеличения объема и усложнения строения головного мозга; совершенствование органов чувств; увеличение числа нейронов и т.д.</p> <p>- Если говорить о организации ЦНС, то головной мозг млекопитающих отличается большим количеством изгибов, что определяет его большой объем в относительно небольшой мозговой коробке, также развитие коры больших полушарий и его извилистость. Это последствие увеличения числа нейронов в мозге. Органы чувств также достигают высоких уровней развития: появление наружного уха у млекопитающих, например.</p>	
---	--	--

Изучая морфофункциональную организацию той или иной системы органов, необходимо ориентироваться на план ее характеристики, являющийся методологической основой сравнительно-эволюционного подхода. По этому плану мы должны изучить следующие аспекты:

- общие закономерности организации;
- функции;
- тенденции эволюции;
- ароморфозы, идиоадаптации, ценогенезы;
- доказательство гомологии органов.

Главный проблемный вопрос уроков по этой тематике – доказательство прогрессивной эволюции основополагающих функций и систем органов. Поэтому для выявления обучающимися ароморфозов их познавательную деятельность можно организовать, придерживаясь следующего плана:

1. Актуализировать знания о функциях изучаемой системы органов.
2. Сформировать знания об общих закономерностях организации данной системы в процессе сравнения анамний и амниот.
3. Анализируя результаты сравнения, выявить прогрессивные изменения в организации системы органов. По возможности назвать их причину (изменение условий окружающей среды).
4. Сделать вывод о направлениях и результатах прогрессивной эволюции системы органов.

Как видно из планов и фрагментов урока № 2 и 3, чтобы выявить ароморфозы и идиоадаптации необходимо сравнить представителей двух групп хордовых животных (анамний и амниот), используя разные источники информации (текст, схемы, рисунки). Для выявления идиоадаптаций лучше анализировать и сравнивать строение животных внутри одного класса (например, птицы) или, в некоторых случаях, двух «близкородственных» классов (например, птицы и пресмыкающиеся), в организации которых можно выделить много общих черт строения. Чтобы выявить ароморфозы, необходимо проводить сравнение между двумя «соседними» на эволюционной лестнице классами, так как больше всего серьезных преобразований произошло на этапе выхода животных на сушу, следовательно, этому материалу нужно уделить особое внимание на уроках. Под «соседними» понимаются такие классы, как «рыбы-земноводные», «земноводные-пресмыкающиеся» и «пресмыкающиеся-птицы/млекопитающие». Особый образовательный эффект достигается в том случае, когда все ароморфозы в организации той или иной системы органов систематизированы в одной схеме, как это представлено в фрагменте №3. Выполнить это можно любым способом, но в итоге у обучающихся

формируется целостное представление, так как знания тоже систематизированы: у них формируются знания не только об особенностях строения конкретного класса хордовых животных, а знания о закономерностях эволюции всего типа в целом.

Это еще один пример организации урока в условиях реализации сравнительно-эволюционного подхода. Организуя деятельность по изучению ароморфозов и идиоадаптаций, необходимо привести обучающихся к заключению, что каждое такое «приобретение» (приспособление) – это важный этап в эволюции животного мира, они поднимают организм на новый уровень, тем самым позволяя освоить разнообразные участки Земли и укрепить взаимосвязь между структурами самого организма.

Когда мы выявляем и анализируем ароморфозы в морфофункциональной организации хордовых животных и выстраиваем их согласно принципам прогрессивной эволюции, то можно обнаружить некоторые закономерности в их появлении. Все эти закономерности сводятся к одному: организм животного с каждым новым этапом эволюции стремится увеличить свой уровень метаболизма [38]. Эта тенденция должна проходить красной линией через содержание, интерпретированное с применением сравнительно-эволюционного подхода. Есть много путей для достижения этой «цели», поэтому необходимо сформировать у обучающихся умения видеть и формулировать эти направления (тенденции) в эволюции той или иной функции и системы органов.

Анализ или формулирование основных тенденций эволюции является хорошим способом организации деятельности на уроке. Используя приемы индукции и дедукции, обучающиеся могут либо формулировать тенденции, основываясь на знаниях об ароморфозах, либо выделять (предполагать) ароморфозы или идиоадаптации в процессе анализа тенденций. Как раз один из примеров формулирования направлений эволюции, в качестве вывода к уроку, представлен во фрагменте №4 (таблица 6).

## Фрагмент урока №4 «Тенденции прогрессивной эволюции системы органов»

Деятельность учителя	Деятельность обучающихся, предполагаемые ответы	Формируемые понятия
<p>- Вернемся к вопросу: каким образом совершенствовалась транспортная система хордовых? Вот человек – это представитель группы амниот, и представьте лягушку – как переходное звено между анамниями и амниотами. Отличаемся ли мы?</p> <p>- Амфибии – это одни из первых представителей наземных позвоночных, которые еще не смогли полностью разорвать связи с водной средой обитания. Если мы сравним организацию кровеносной системы земноводных и высших позвоночных (птиц или млекопитающих), то можно выделить некоторые направления ее эволюции. Давайте проведем это сравнение.</p> <p><i>Предлагает обучающимся сравнить организацию кровеносной системы земноводных и птиц, используя предложенные схемы (рисунки). Организует работу в группах (парах). Каждой группе раздает таблицу для анализа и сравнения схем, представленных на слайде, а также статистический материал по количеству форменных элементов, гемоглобина в крови разных классов хордовых.</i></p> <p><i>Для заполнения таблицы предлагает группам ответить на два вопроса:</i></p> <p>- <i>Что общего в организации кровеносной системы анамний и амниот?</i></p> <p>- <i>Какие изменения (новые приобретения) мы видим в кровеносной системе амниот? (показать различия)</i></p> <p><i>После завершения работы организует обсуждение заполненных таблиц. Заполняется общая (итоговая) таблица на доске.</i></p> <p>- Хорошо. Мы видим с вами основные изменения, которые произошли в организации кровеносной системы в результате приспособления позвоночных животных к условиям наземно-воздушной среды.</p> <p>- Но давайте с вами вспомним, какова цель «модернизации» организма животных?</p>	<p>- По многим параметрам (внешнее и внутреннее строение, физиология) высшие и низшие хордовые различаются.</p> <p><i>Выполняют задание: сравнивают строение кровеносной системы земноводных и птиц, используя материалы учебного пособия. Заполняют сравнительную таблицу. Формулируют вывод, отвечая на предложенные вопросы.</i></p> <p><i>Фронтально обсуждают таблицы одноклассников. Заполняют на доске общую таблицу.</i></p> <p>- Для успешного освоения новых сред</p>	<p>Транспортная система хордовых (кровеносная система)</p> <p>Количественные показатели крови</p> <p>Обмен веществ</p>

<p>Зачем он усложняется?</p> <p>- Итак, какие наиболее существенные изменения (ароморфозы) в строении кровеносной системы хордовых мы можем назвать?</p> <p><i>Предлагает обучающимся выстроить связи по типу «что было – что стало» и записать их на доске.</i></p> <p>- Посмотрите на эти записи. Скажите, какие мы можем выделить основные направления эволюции кровеносной системы для достижения высокого уровня обмена веществ.</p> <p>- Правильно, и мы их можем прослеживать, также если будем сравнивать строение кровеносной системы в ряду «рыбы-земноводные», «земноводные-рептилии»,</p>	<p>(мест) обитания необходимы соответствующие приспособления и огромное количество энергии (т.е. высокий уровень метаболизма). Поэтому совершенствование организма – это «поиск» эффективных механизмов для поддержания активной жизнедеятельности.</p> <p>- Ароморфозы: смена трехкамерного сердца на четырехкамерное (появление полной перегородки в желудочке); перегородка в желудочке как препятствие для смешения крови (полное разделение большого и малого кругов, артериальной и венозной крови); редукция одной из дуг аорты; появление двух клапанов сердце (между правым предсердием и правым желудочком, левым предсердием и левым желудочком); у птиц сердечные мышцы толще и больше, что определило повышение скорости кровотока; увеличились показатели крови.</p> <p>- Эволюция кровеносной системы шла в следующих направлениях: увеличение числа камер в сердце; разделение кругов кровообращения; увеличение</p>	<p>Ароморфозы, четырехкамерное сердце, два круга кровообращения, клапаны в сердце</p> <p>Тенденции эволюции</p>
---	--	---

«рептилии-птицы/млекопитающие», и не только при изучении эволюции кровеносной системы, но и других систем органов.	относительной массы сердца; увеличение скорости кровотока и ЧСС; увеличение кислородной емкости крови.	
--	--	--

Выявление направлений эволюции функций и систем органов, как аспект реализации сравнительно-эволюционного подхода на уроках биологии, может являться результатом обобщения информации, полученной в процессе анализа и сравнения морфофункциональной организации хордовых животных. Обучающиеся в процессе своей познавательной деятельности должны научиться их видеть, как уже говорилось, чтобы понимать полную картину эволюции структур организма или предполагать (выдвигать гипотезы) этапы дальнейшего процесса прогрессивной эволюции [23]. Например, в таблице 4 обучающиеся изучают транспортную систему хордовых, в частности наземных позвоночных. Одним из заданий является выявить в процессе сравнения земноводных и птиц основные преобразования транспортной (конкретно, кровеносной) системы. Действительно, когда обучающийся видит перед глазами полученные в ходе анализа текстов, схем перечень фактов (сердце амфибий трехкамерное, а у птиц – четырехкамерное; по артериям амфибий течет смешанная кровь, а у птиц артериальная и венозная кровь разделены полностью и т.п.), то он относительно легко может сделать вывод по результатам своей деятельности, отвечая на вопрос «каким образом происходила эволюция данной системы?». Если мы видим, что «количество камер в сердце представителей двух классов позвоночных отличается», значит можно сделать вывод, что «эволюция кровеносной системы шла по пути увеличения количества камер сердца» [43]. В том случае, когда мы знаний о строении кровеносной системы амфибий и птиц дополним также информацией об организации рыб, пресмыкающихся и млекопитающих, то получим больше оснований подтвердить наш вывод (сформулированное направление эволюции), так как имеет дело с наиболее полной, а самое главное систематизированной

информацией. В этом и заключается большой плюс сравнительно-эволюционного подхода: в отличие от дробного изучения особенностей морфофункциональной организации классов хордовых животных, знания обучающихся при таком способе подачи материала объединяются в единую систему, что значительно их укрепляет [5].

Выше был охарактеризован прием выявления основных тенденций эволюций для формулирования результатов деятельности обучающихся. Так же, как уже говорилось, урок по данному вопросу можно построить и другим способом, когда у обучающихся, наоборот, одним из источников информации для открытия новых знаний являются уже сформулированные направления эволюции. В этом случае, активно реализуются приемы анализа и сравнения: обучающиеся в процессе изучения содержания выявляют основные преобразования в морфофункциональной организации хордовых, тем самым подтверждая или опровергая представленные направления.

Все приемы сравнительно-эволюционного подхода, представленные во фрагментах уроков №1-4, направлены на формирование целостного представления обучающихся на процесс эволюции хордовых животных, что позволяет выявить ее основные закономерности, этапы и направления. Благодаря данному подходу обучающиеся могут проследить филогенетические преобразования живых организмов и совершенствование отдельных органов и систем. Но, несмотря на то, что группы хордовых животных (анамнии и амниоты) обитают в разных средах и имеют различное строение, в их морфофункциональной организации можно выделить много общего, что и позволяет сформулировать общие закономерности их строения и функционирования [55]. Выявление общих закономерностей организации хордовых является очень важным принципом реализации сравнительно-эволюционного подхода. Они демонстрируют единство происхождения и развития хордовых. Каждая основополагающая функция, независимо от уровня развития животных, действует по одной схеме, что и предопределяет сходную организацию систем органов хордовых. Общие закономерности в

функционировании систем могут проявляться в одинаковых этапах, процессах и конечном результате. Один из способов выявления общих закономерностей организации хордовых животных представлен во фрагменте урока №5 (таблица 7) на примере изучения дыхательной системы представителей этого типа животных.

Таблица 7

Фрагмент урока № 5 «Общие принципы и закономерности организации системы органов»

Деятельность учителя	Деятельность обучающихся, предполагаемые ответы	Формируемые понятия
<p>- Изучая особенности внутреннего строения представителей разных классов позвоночных животных, можно прийти к выводу, что они значительно различаются как внешне, так и внутренне. Даже если сравнить птиц и пресмыкающихся, на первый взгляд, различия существенны. Все потому, что они живут в разных местах обитания, ведут различный образ жизни и т.п. Мы сказали, что организм животного изменяется в результате приспособления к условиям окружающей среды. Но так ли существенны эти различия?</p> <p>- Для того чтобы жить (поддерживать свою жизнедеятельность) организм животного выполняет ряд функций, которые и определяют организм как биологическую систему.</p> <p>- Какие функции выполняет организм животного?</p> <p><i>Предлагает обучающимся вспомнить основополагающие функции (дыхание, транспорт веществ и пр.) организма животного и связать их с той системой органов, которые их выполняют. Результаты обсуждения оформляются в схему на доске.</i></p>  <p>- Остановимся на дыхательной системе.</p>	<p><i>Отвечают на вопросы учителя. Вступают в беседу. Перечисляют функции организма и называют систему органов, которые их выполняют. Зарисовывают в тетради получившуюся схему.</i></p>	<p>Основополагающие функции организма</p> <p>Организм как биологическая система</p>

<p>- Какую функцию она выполняет? - В чем заключается суть этой функции?</p> <p>- Давайте с вами посмотрим, как меняется эта функция в процессе прогрессивной эволюции.</p> <p><i>Организует групповую работу. Класс делится на 6 групп, каждая из которых берет одну из групп позвоночных (анамнии, амфибии и амниоты). На каждую группу позвоночных приходится по 2 группы обучающихся. В качестве дополнительных материалов выдается текст и схемы с характеристикой процесса дыхания первичноводных, земноводных или наземных позвоночных. Задание: изучив раздаточный материал, изобразить в виде схемы этапы газотранспортной системы группы позвоночных животных.</i></p> <p><i>После выполнения задания предлагает обучающимся с одинаковыми группами позвоночных изучить схемы друга, при необходимости дополнить и представить единую схему (от двух групп обций рисунок). Все три схемы выводятся одновременно перед классом (например, с помощью документ камеры)</i></p> <p>- Давайте с вами посмотрим на эти три схемы. Скажите, какой вывод напрашивается?</p> <p>- Тогда предлагаю вам рядом на доске изобразить еще один рисунок, объединив все три схемы.</p> <p><i>Организует работу у доски. Один обучающийся с помощью учителя и одноклассников рисует схему «Этапы газотранспортной системы хордовых животных».</i></p> <p>- Подходит ли эта схема для характеристики функционирования дыхательной системы любого класса хордовых животных?</p> <p>- Получается, что мы с вами выявили общую закономерность морфофункциональной</p>	<p>- Дыхательная система выполняет функцию газообмена и дыхания. Она заключается в поглощении кислорода из вдыхаемого воздуха (если говорим о наземных хордовых), его диффузии в кровь и выделение углекислого газа.</p> <p><i>Обучающиеся в группах выполняют задание по характеристике газотранспортной системы хордовых животных. Результаты оформляют в виде схемы. Используя идею приема «Две звезды, одно желание», обучающиеся проверяют полученные схемы, обсуждая их с другими группами. Группы с одинаковой темой после обсуждения формируют общую схему и представляют ее перед одноклассниками.</i></p> <p>- Вывод: схема работы газотранспортной системы разных классов хордовых</p>	<p>Функция газообмена и дыхания</p> <p>Газотранспортная система, диффузия, циркуляция, вентиляция</p> <p>Общая закономерность организации дыхательной системы хордовых</p>
---	---	--

<p>организации дыхательной системы хордовых животных, несмотря на существенные различия таковой у разных классов. Как же она будет звучать?  <i>Предлагает обучающимся сформулировать и записать общую закономерность (т.е. перевести информацию из графической формы в текстовую).</i>          - Поэтому мы с вами можем сделать вывод, что в процессе эволюции основополагающие функции не меняются, а только совершенствуются и расширяются (появляются дополнительные функции), провоцируя соответствующие изменения строения организма, для того чтобы обеспечить более эффективное ее исполнение для поддержания высокого уровня метаболизма.</p>	<p>животных похожи.          - Общая закономерность организации дыхательной системы хордовых животных: дыхательная система представлена органами дыхания (жабры, легкие), через дыхательную поверхность которых в процессе вентиляции, происходит диффузия кислорода в кровь и углекислого газа из крови, которые в процессе циркуляции по кровеносной системе переносятся во все клетки организма или от них. Эти этапы одинаковы для газотранспортной системы всех хордовых животных.</p>	<p>животных</p>
--	---	-----------------

Выявление на уроках общих закономерностей позволяет обучающимся прийти к выводу, что в процессе прогрессивной эволюции функции организма не изменяются, а совершенствуются структуры их выполняющие. Следовательно, независимо от уровня развития животных, например, дыхательная функция остается такой же и у земноводных, и у млекопитающих [48]. Хотя подобное умозаключение и является очевидным, но не все обучающиеся понимают этот простой факт. Они должны в ходе своей познавательной деятельности проследивать тенденцию, в которой организм с целью освоения новых мест обитания стремится повысить уровень обмена веществ: если нужно, например, больше кислорода, значит необходимо увеличение дыхательной поверхности, поэтому у одних активное участие в газообмене принимает кожа (рыбы и земноводные) наравне с основными органами дыхания, у других функционирует

противоточная система (рыбы и птицы), образуются альвеолы (млекопитающие) и пр., но в этапах дыхательной функции ничего не меняется [30].

Что означает «найти общую закономерность»? Закономерность – это регулярные устойчивые взаимосвязи, которые могут проявляться в количестве, свойствах объектов и явлений [40]. Чтобы выявить эти взаимосвязи, необходимо сопоставить два и более объекта, используя правила анализа, сравнения и обобщения. Это и продемонстрировано в фрагменте урока №5: в процессе изучения дыхательной системы хордовых животных, обучающиеся сравнивают функционирование и выявляют общие закономерности газотранспортной системы первичноводных, земноводных, первичноназемных животных. Конечно, для выявления закономерностей можно использовать разные способы организации деятельности, но на первых этапах лучше организовать совместную работу, чтобы обучающиеся все вместе смогли выстроить алгоритм по решению данной проблемы, который они смогут использовать в дальнейшей самостоятельной работе. Алгоритм может включать следующие пункты:

1. Выбрать критерии описания системы органов.
2. Проанализировать организацию и функционирование системы органов каждой группы хордовых животных (лучше оформить в виде схемы, кластера) согласно выбранным критериям.
3. Сопоставить полученные в результате анализа характеристики (схемы) систем органов хордовых животных. Выявить общие черты организации: схожие структуры, процессы, этапы функционирования и т.п.
4. Обобщить выявленные общие черты, создав единую для всех групп хордовых животных модель морфофункциональной организации.

Если обучающиеся сформулируют общую закономерность организации той или иной системы органов, то им будет проще изучать внутреннее строение других представителей данного типа, дополняя полученную общую схему конкретными преобразованиями

(приспособлениями) организма: ароморфозами, идиоадаптациями или ценогенезами. В том случае, когда обучающиеся осознают закономерности в организации хордовых животных, понимают направления и этапы эволюции, у них формируются целостные и полноценные знания по данному разделу школьной биологии, т.е. не знания особенностей строения отдельных классов хордовых животных, а знания особенностей филогенеза целого типа царства животных.

Изучение общих закономерностей организации и функционирования систем органов животных в 7 классе является важным этапом перед изучением биологии человека в 8 классе, так как будет сформирован очень прочный «фундамент» знаний, и обучающимся будет проще понимать физиологические процессы в организме человека, так как основные особенности и понятия уже будут сформированы.

Так как основу знаний обучающихся, формируемых в результате реализации сравнительно-эволюционного подхода, составляют общие закономерности организации и эволюции хордовых, основные морфофункциональные преобразования, характеризующие организм как целостную систему, идущую по пути биологического прогресса, то и контроль знаний должен ориентироваться на проверку умений обучающихся анализировать, сравнивать биологические объекты, выявлять закономерности, взаимосвязи, причинно-следственные связи и т.п.

Учитывая основные принципы сравнительно-эволюционного подхода и особенности интерпретации школьного биологического содержания, был разработан фонд оценочных средств, представленный системой тематических тестов, целью которых является проверка знаний обучающихся по морфофункциональной организации систем органов хордовых животных (приложение А). Данные тесты имеют ряд особенностей, на которые стоит обратить внимание. Во-первых, используются различные формы тестовых заданий: как закрытого, так и открытого типа. Задания с выбором одного ответа из четырех предложенных составляют меньшую долю в структуре

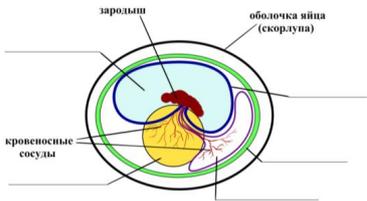
тестов. Больше внимание уделено заданиям на установление соответствий и правильных последовательностей, заданиям с множественным выбором, а также заданиям на дополнение и с развернутым ответом (таблица 8) [44, 60]. Применение разных форм заданий позволяет разнообразить процесс контроля знаний, так как обучающимся необходимо продемонстрировать не только свою память (знание фактов), но и уровень развития познавательных УУД [24].

Таблица 8

Формы и примеры тестовых заданий в условиях реализации сравнительно-эволюционного подхода

Форма тестовых заданий	Примеры тестовых заданий
1. Задание закрытого типа с одним правильным ответом	<p>В результате соединения у земноводных мозгового и висцерального отделов черепа, подвесок (верхняя часть подъязычной дуги) утрачивает свое значение и преобразуется в:</p> <p>А) слуховую косточку            В) составную часть челюсти  Б) зубы                                    Г) черепную кость</p> <p>В онтогенезе и филогенезе позвоночных животных параллельно выделительной системы происходит формирование:</p> <p>А) транспортной системы            В) половой системы  Б) пищеварительной системы            Г) дыхательной системы</p>
2. Задание закрытого типа с множественным выбором	<p>К общим чертам транспортной системы хордовых можно отнести:</p> <p>А) замкнутость  Б) два круга кровообращения  В) один круг кровообращения  Г) циркуляция крови между органами дыхания и клетками организма  Д) в движение кровь приводят пульсирующие органы  Е) сердце четырехкамерное</p> <p>Функции амниотической оболочки заключаются в:</p> <p>А) создании водной среды для зародыша  Б) снабжении зародыша питательными веществами  В) защита от чужеродных веществ  Г) обеспечении дыхания зародыша  Д) собирании продуктов метаболизма  Е) поддержание необходимой концентрации и состава солей</p>

<p>3. Задания на установление соответствий</p>	<p>Установите соответствие между группами хордовых животных и ароморфозами, появляющимися у них в процессе прогрессивной эволюции:</p> <p>А) Первичноводные    1) Жесткий внутренний скелет  Б) Земноводные        2) Пятипалая конечность  В) Наземные            3) Суставы                                    4) Конечности и их пояса                                    5) Роговые покровы кожи                                    6) Грудная клетка</p>
	<p>Установите соответствие между группой позвоночных животных и типом почки, которая функционирует в их организме:</p> <p>А) Личинки рыб        1) Пронефрос  Б) Рыбы                 2) Метанефрос  В) Земноводные        3) Мезонефрос  Г) Птицы  Д) Млекопитающие</p>
<p>4. Задания на установление правильной последовательности</p>	<p>Установите последовательность этапов процесса образования мочи у позвоночных животных:</p> <p>А) выделение вредных веществ из крови в каналец нефрона  Б) ультрафильтрация плазмы крови  В) образование вторичной мочи  Г) всасывание полезных веществ в кровь  Д) кровь поступает в гломерулу  Е) образование первичной мочи</p>
	<p>Установите последовательность этапов газотранспортной системы позвоночных животных:</p> <p>А) вентиляция            В) диффузия газов в клетку/из клетки  Б) циркуляция            Г) диффузия газов в кровь/из крови</p>
<p>5. Задание на выбор верного утверждения</p>	<p>Выберите верное утверждение, характеризующее общую закономерность организации транспортной системы хордовых:</p> <p>А) через сердце всех хордовых животных проходит и артериальная, и венозная кровь  Б) общая черта организации транспортной системы хордовых является функционирование двух кругов кровообращения  В) транспортная система хордовых реализует только транспорт веществ по всему организму  Г) одним из основных направлений эволюции транспортной системы хордовых животных является разделение крови на артериальную и венозную</p> <p>Выберите верное утверждение, характеризующее общую закономерность организации ОДС хордовых животных:</p> <p>А) ОДС хордовых представлена черепом, позвоночником, передними/ задними конечностями и их поясами, мускулатурой; дальнейшая эволюция системы идет по пути дифференцировки структур, повышения их прочности и подвижности  Б) Пояса конечностей есть у всех представителей хордовых животных и выполняют функцию прикрепления передних и задних конечностей к осевому скелету, а также является опорой для самих конечностей  В) Грудная клетка свойственна только птицам и млекопитающим; ее главная функция заключается в</p>

	осуществлении дыхательных циклов, а также в защите внутренних органов.
6. Задание открытого типа (на дополнение)	Найдите ошибки в приведённом тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их: <i>(1) Череп наземных позвоночных состоит из мозгового и висцерального отделов. (2) Особенность черепа – полное отсутствие костной ткани. (3) Это обеспечивает лучшую защиту головного мозга от повреждений. (4) Черепу амниот свойственна гиостилия (полное слияние верхней челюсти с мозговым черепом). (5) В результате слияния и преобразования первичных костей на уровне млекопитающих сформировались три слуховые косточки.</i>
	Закончите предложение: Структура сердца, препятствующая обратному току крови из желудочка в предсердии называется _____.
	На рисунке подпишите основные элементы в строении яйца амниот: 
7. Задание открытого типа (свободное изложение)	Назовите не менее трех идиоадаптации в морфофункциональной организации пищеварительной системы птиц в связи с приспособлением к полету.
	В чем заключается интегрирующая (объединяющая) роль транспортной системы?

Во-вторых, тестовые задания составлены согласно плану изучения биологического содержания в условиях сравнительно-эволюционного подхода, т.е. вопросы проверяют знания по 5 блокам: общие закономерности организации, функции органов и их систем, тенденции эволюции, морфофизиологические изменения и онтогенез (таблица 9). Это способствует дополнительной систематизации знаний обучающихся, а также повторению содержания. В фонде оценочных средств (Приложение А) вопросы, относящиеся к одному направлению, обозначаются одинаковой второй цифрой в номере задания.

Таблица 9

Примеры тестовых заданий для проверки знаний обучающихся по направлениям реализации сравнительно-эволюционного подхода

Направление изучения морфофункциональной организации хордовых животных	Примеры тестовых заданий
--	--------------------------

1. Общие закономерности организации хордовых животных	К отделам скелета позвоночных животных относятся: А) осевой скелет                      Г) хвост Б) хорда                                      Д) грудная клетка В) пояса конечностей      Е) конечности
	Установите последовательность этапов газотранспортной системы позвоночных животных: А) вентиляция Б) циркуляция В) диффузия газов в клетку/из клетки Г) диффузия газов в кровь/из крови
2. Функции органов и их систем	Всасывание питательных веществ в кровь происходит в: А) желудке Б) тонком кишечнике В) толстом кишечнике Г) прямой кишке
	Примером интеграции кровеносной и выделительной системы является образование _____.
3. Направления прогрессивной эволюции	Формированию второго круга кровообращения способствовало: А) смена органов дыхания Б) увеличение числа камер в сердце В) увеличение числа органов в теле животных Г) увеличение размера тела
	Тенденция увеличения выделительной поверхности (увеличение числа нефронов) обусловлена: А) повышением уровня метаболизма Б) потреблением большого количества пищи В) сменой среды обитания Г) увеличением размера тела животных
4. Основные морфофизиологические изменения (ароморфозы, идиоадаптации)	В связи со слабой развитостью легких земноводных, важным органом дыхания являются: А) кожа Б) жабры В) плавательный пузырь Г) воздушные мешки
	Печеночный вырост в процессе эволюции впервые закладывается у: А) головохордовых                      В) хрящевых рыб Б) круглоротых                              Г) костных рыб
5. Онтогенез как доказательство гомологии органов	В онтогенезе хордовых животных кровеносная система закладывается из клеток: А) эктодермы      В) энтодермы Б) мезодермы      Г) всех трех зародышевых оболочек
	Легкие образуются в результате: А) деления пищеварительного тракта Б) расширения трахеи В) парного выпячивания глотки Г) расширения пищеварительного тракта

В-третьих, для того чтобы исключить факт интуитивного выбора обучающимся ответа на задание, один компонент знания



	В) образование вторичной мочи Г) всасывание полезных веществ в кровь Д) кровь поступает в гломерулу Е) образование первичной мочи
	Реабсорбция полезных веществ из первичной мочи почечного канальца в кровь происходит благодаря: А) активному транспорту                      В) диффузии Б) пассивному транспорту                      Г) осмосу
3.                      Функционирование газотранспортной системы хордовых животных	Установите последовательность этапов газотранспортной системы позвоночных животных: А) вентиляция Б) циркуляция В) диффузия газов в клетку/из клетки Г) диффузия газов в кровь/из крови Диффузия – это движение молекул растворенного в воде вещества от: А) низких концентраций к высоким Б) высоких концентраций к низким В) низких температур к высоким Г) высоких температур к низким

Стоит обратить внимание, что эти тематические тесты являются составной частью методического сопровождения реализации сравнительно-эволюционного подхода. Их применение будет целесообразным в том случае, если учитель включает в ход своего урока приемы, представленные во фрагментах №1-5. В иных случаях, обучающимся будет сложно ответить на большую часть предложенных заданий, особенно на те, в которых требуется применить знания общих закономерностей организации или тенденций эволюции хордовых животных, что было выявлено в ходе проведения педагогического эксперимента.

Помимо того, что вопросы теста соответствуют плану сравнительно-эволюционного подхода (таблица 9), они распределены по сложности: часть А (1), часть В (2) и часть С (3). Учитель может сам выбрать задания для разных ситуаций на уроке, для решения различных задач: актуализация знаний, проверка домашнего задания, мотивация обучающихся, постановка проблемного вопроса, закрепление нового материала или даже как тема для проектно-исследовательской работы. Большой объем и разнообразие заданий позволяют учителю использовать их при формировании проверочных работ

как для текущего, периодического контроля, так и промежуточной аттестации обучающихся [22].

Фрагменты уроков и задания тематических тестов применялись в проведении педагогического эксперимента для выявления эффективности экспериментальной методики на уроках биологии в 7 классе на базе МБОУ Средняя школа №27 им. А.Б. Ступникова.

Цель эксперимента заключалась в разработке методики применения сравнительно-эволюционного подхода как средства повышения уровня и расширения знаний обучающихся по разделу «Хордовые животные» курса биологии 7 класса. В проведении эксперимента можно выделить следующие этапы:

- выявление уровня успеваемости и коэффициента качества обучающихся до начала эксперимента;
- проведение уроков биологии с применением сравнительно-эволюционного подхода интерпретации содержания;
- проведение контрольных работ для выявления эффективности экспериментальной методики;
- сравнительный анализ результатов контрольных работ.

В педагогическом эксперименте принимали участие два 7 класса («А» и «Б»), общее количество обучающихся – 60 (32 и 28 человек, соответственно). До начала исследования необходимо было сравнить уровень успеваемости обучающихся в 7 «А» и «Б» классах, так как в эксперименте планировалось проводить уроки с применением сравнительно-эволюционного подхода только в одном классе, а в другом – уроки по стандартной программе. С этой целью была проведена математическая обработка результатов текущей контрольной работы по разделу «Беспозвоночные животные», используя методику Э. Цермело. Основу авторской методики составляют следующие формулы [54]:

- 1) определение уровня успеваемости обучающихся:

$$K_y = \frac{x + y + z}{n}$$

2) вычисление коэффициента качества обучения:

$$K_y = \frac{x + y}{x + y + z}$$

Результаты текущих контрольных работ были обработаны с использованием данных формул, и для наглядности они представлены в таблице 11.

Таблица 11

Результаты текущей контрольной работы по разделу «Беспозвоночные животные» школьной биологии в 7 классе

Класс	Кол-во обучающихся	Отметки, %				Успеваемость, %	Качество, %
		«5»	«4»	«3»	«2»		
7 А	31	23	32	32	13	87	63
7 Б	28	18	18	43	21	79	45

Анализируя результаты контрольной работы, можно сделать вывод, что успеваемость и качество обучения в 7 «Б» немного ниже (на 8 %), чем в 7 «А». Поэтому было принято решение реализовывать сравнительно-эволюционный подход на уроках биологии в 7 «Б» классе.

Как уже было отмечено в параграфе 1.3, в МБОУ СШ № 27 для обучения биологии используется учебно-методический комплекс под редакцией И.Н. Понамаревой (издательство «Вентана-Граф») и учебник «Биология. Животные» 7 класса авторов В.М. Константинов, В.Г. Бабенко и В.С. Кучменко. Согласно примерным программам к данной линии УМК, биология в 7 классах рассчитана на 34 часа, т.е. 1 час в неделю [45]. Обратимся к рабочим программам данного курса биологии. В таблице 12 представлено тематическое планирование по разделу «Хордовые животные», которое демонстрирует перечень тем уроков и их количество в данном разделе.

Таблица 12

## Тематическое планирование раздела «Хордовые животные», 7 класс

№ п/п	Тема урока
<b>Общая характеристика типа Хордовые. Бесчерепные, рыбы (3 ч)</b>	
1	Общие признаки хордовых животных. Подтип Бесчерепные
2	Позвоночные (Черепные) Внутреннее и внешнее строение рыб
3	Основные систематические группы рыб. Промысловые рыбы. Их использование и охрана
<b>Класс Земноводные, или Амфибии (3 ч)</b>	
4	Места обитания и строение земноводных
5	Годовой цикл жизни и происхождение земноводных. Многообразие и значение земноводных
6	Контрольная работа по темам: «Рыбы и земноводные»
<b>Класс Пресмыкающиеся, или Рептилии (2 ч)</b>	
7	Особенности внешнего и внутреннего строения рептилий
8	Многообразие и происхождение пресмыкающихся
<b>Класс Птицы (4 ч)</b>	
9	Общая характеристика класса. Внешнее строение птиц
10	Внутреннее строение птиц. Размножение и развитие птиц.
11	Годовой жизненный цикл и сезонные явления в жизни птиц. Многообразие и происхождение птиц
12	Контрольная работа по темам: «Пресмыкающиеся и птицы»
<b>Класс Млекопитающие, или Звери (4 часа)</b>	
13	Внешнее и внутреннее строение млекопитающих
14	Размножение и развитие млекопитающих. Происхождение млекопитающих
15	Высшие, или Плацентарные, звери
16	Значение и охрана животных

Это тот тематический план, по которому обучающиеся изучают хордовых животных в большинстве школ России. Но для сравнительно-эволюционного подхода подобная последовательность уроков не подходит, о чем уже говорилось выше. Если ориентироваться на учебное пособие «Закономерности морфофункциональной организации и эволюции хордовых животных», то тематическое планирование выбранного раздела должно примерно выглядеть так, как представлено в таблице 13.

Примерное тематическое планирование раздела «Хордовые животные» в  
условиях реализации сравнительно-эволюционного подхода

№ п/п	Тема урока	Содержание темы
1	Общие признаки и многообразие хордовых животных	Многообразие хордовых животных. Систематика. Общая характеристика типа. Организм как биологическая система. Anamnia и amniota
2	Что такое «эволюция»?	Понятие «эволюция». Учение Северцова А.Н. о направлениях эволюции: ароморфоз, идиоадаптация, ценогенез. Дивергенция и конвергенция
3	Общие закономерности организации опорно-двигательной системы хордовых животных	Общие черты организации системы у хордовых животных. Функции системы органов
4	Эволюция опорно-двигательной системы хордовых животных	Основные тенденции эволюции системы органов. Главные морфофункциональные преобразования системы на разных этапах эволюции
5	Общие закономерности организации транспортной системы хордовых животных	Общие черты организации системы у хордовых животных. Функции системы органов
6	Эволюция транспортной системы хордовых животных	Основные тенденции эволюции системы органов. Главные морфофункциональные преобразования системы на разных этапах эволюции
7	Общие закономерности организации дыхательной системы хордовых животных	Общие черты организации системы у хордовых животных. Функции системы органов
8	Эволюция дыхательной системы хордовых животных	Основные тенденции эволюции системы органов. Главные морфофункциональные преобразования системы на разных этапах эволюции
9	Общие закономерности организации пищеварительной системы хордовых животных	Общие черты организации системы у хордовых животных. Функции системы органов
10	Контрольная работа по темам «Опорно-двигательная, транспортная и дыхательная системы хордовых животных»	
11	Общие закономерности организации выделительной системы хордовых животных	Общие черты организации системы у хордовых животных. Функции системы органов
12	Эволюция выделительной системы хордовых животных	Основные тенденции эволюции системы органов. Главные морфофункциональные преобразования системы на разных этапах

		эволюции
13	Общие закономерности организации половой системы хордовых животных	Общие черты организации системы у хордовых животных. Функции системы органов
14	Эволюция половой системы хордовых животных	Основные тенденции эволюции системы органов. Главные морфофункциональные преобразования системы на разных этапах эволюции
15	Общие закономерности организации нервной системы хордовых животных	Общие черты организации системы у хордовых животных. Функции системы органов
16	Эволюция нервной системы хордовых животных	Основные тенденции эволюции системы органов. Главные морфофункциональные преобразования системы на разных этапах эволюции
17	Обобщающий урок «Развитие животного мира: от простейших до позвоночных» <i>или</i> Контрольная работа по темам «Выделительная, половая и нервная системы хордовых животных»	Основные направления и результаты эволюции животного мира

Использование данного тематического планирования в процессе обучения биологии затруднено, так как он полностью противопоставляется плану из рабочей программы к УМК И.Н. Понамаревой. Именно поэтому сравнительно-эволюционный подход реализовывался нами в форме отдельных методических приемов, позволяющих организовать деятельность по изучению основных принципов инновационного подхода. Подобная деятельность была осуществлена на многих уроках, например:

- на уроке «Место обитания и строение земноводных», где рассматривались общие закономерности организации основных систем органов первичноводных животных;

- на уроке «Особенности внешнего и внутреннего строения пресмыкающихся», где обучающиеся изучали основные закономерности эволюции хордовых животных в связи с освоением наземно-воздушной среды;

- в теме «Млекопитающие, или Звери», где в формате обобщающих уроков обучающиеся систематизировали знания по общим закономерностям организации и эволюции хордовых животных.

Первые «экспериментальные» уроки проводились с целью адаптации обучающихся к новому подходу, осознания его принципов и особенностей. Активное использование приемов сравнительно-эволюционного подхода в теме «Млекопитающие, или Звери» позволило обучающимся повторить основные особенности организации и эволюции систем органов разных классов хордовых животных, одновременно замыкая логические «цепочки» изучением особенностей представителей класса Млекопитающие. Это стало хорошим способом подготовки обучающихся 7 «Б» класса к написанию контрольной работы по разделу «Хордовые животные», что подтверждается результатами математических расчетов.

Для обработки результатов эксперимента использовались подходы А.А. Кыверялга и В.П. Беспалько. Формула из методики А.А. Кыверялга позволят рассчитать коэффициент усвоения учебного материала [17, 27]:

$$K_y = J_o / J_a$$

Где К – коэффициент усвоения учебного материала,  $J_o$  – объем учебного материала, усвоенный обучающимися в течение определенной единицы времени (один или несколько уроков),  $J_a$  – объем учебного материала, сообщенный обучающимся за то же время (количество формируемых понятий).

Формула, представленная выше, позволяет рассчитать коэффициент усвоения учебного материала для одного обучающегося. Чтобы получить результат целого класса используется следующая формула:

$$\Delta K = \sum K / n$$

Где  $\Delta K$  – среднее значение коэффициента усвоенного материала,  $\sum K$  – сумма коэффициентов,  $n$  – число обучающихся.

Полученные результаты по методике А.А. Кыверялга можно проанализировать и оценить, используя нормированную шкалу В.П. Беспалько. В своем подходе Беспалько утверждал, что коэффициент усвоения материала может принимать следующие значения:  $0 \leq K \leq 1$ . Данный коэффициент является показателем завершенности процесса обучения:

- $K \geq 0,7$  – процесс обучения завершен, обучающиеся усвоили необходимый объем знаний;
- $K \leq 0,7$  – обучение должно продолжаться, материал усвоен не полностью [17].

Данные для расчета коэффициента усвоения материала были получены в результате написания обучающимися 6 «А» и 6 «Б» классов проверочной работы по теме «*Внутреннее и внешнее строение млекопитающих*» в форме теста, состоящего из 10 вопросов: 7 вопросов закрытого типа (выбор одного правильного ответа из четырех предложенных и задания на установления соответствия); 2 вопроса на дополнение (вставить пропущенное слово); 1 вопрос с развернутым ответом. В совокупности, обучающиеся должны были продемонстрировать 18 элементов знания (таблица 14). В состав этих тестов помимо вопросов из фондов оценочных средств, предусмотренных рабочей программой, были включены задания из тематических тестов разработанного нами методического сопровождения.

Таблица 14

Математическая обработка результатов проверочной работы по теме «*Внутреннее и внешнее строение млекопитающих*», по методике А.А. Кыверялга

7 «А»				7 «Б»		
№	ФИО обучающегося	Элемент знания (max 18)	Кэф-т знания	ФИО обучающегося	Элемент знания (max 18)	Кэф-т знания
1	Анастасия	16	0,89	Виктория	18	1
2	Дмитрий	13	0,72	Лев	12	0,67
3	Дарья	15	0,83	Денис	7	0,39
4	Диана	11	0,61	Екатерина	17	0,94
5	Ольга	16	0,89	Алина	18	1
6	Семён	14	0,78	Вероника	10	0,56
7	Сергей	10	0,56	Артем	15	0,83

8	Роман Г.	11	0,61	Сергей	17	0,94
9	Назар	11	0,61	Ярослав	16	0,89
10	Елизавета	10	0,56	Софья	15	0,83
11	Кирилл Ер.	11	0,61	Никита	18	1
12	Кирилл Ел.	9	0,5	Алёна	14	0,78
13	Бабек	16	0,89	Роман	18	1
14	Ярослав	14	0,78	Илья	17	0,94
15	Полина К.	17	0,94	Владислав	18	1
16	Роман М.	12	0,67	Кирилл	13	0,72
17	Софья	17	0,94	Татьяна	11	0,61
18	Алина	14	0,78	Андрей	13	0,72
19	Алёна М.	18	1	Елизавета	18	1
20	Роман	9	0,5	Егор	14	0,78
21	Полина М.	18	1	Ксения	16	0,89
22	Никита	11	0,61	Ольга	18	1
23	Алёна О.	11	0,61	Иван	15	0,83
24	Надежда	12	0,67	Константин	17	0,94
25	Наталья	7	0,39	Назар	16	0,89
26	Алиса	18	1	Виктория	16	0,89
27	Максим	18	1	Азиз	11	0,61
28	Станислав	7	0,39	Полина	18	1
29	Ульяна	10	0,56			
30	Елизавета	15	0,83			
31	Лейла	18	1			

Результаты были выявлены по формуле А.А. Кыверялга. По полученным расчетам у 7 «Б» класса (экспериментального), в котором проводились уроки, разработанные по принципам сравнительно-эволюционного подхода,  $\Delta K > 0,7$  (среднее значение коэффициента усвоенного материала по классу равно 0,87). Поэтому можно сделать вывод, что обучение по данной теме завершено. В 7 «А» класса (контрольном)  $\Delta K > 0,7$  (коэффициент равен 0,76), что также позволяет сделать вывод о завершенности обучения. Но если сравнивать коэффициенты экспериментального и контрольного классов, то именно обучающиеся 7 «Б» продемонстрировали лучший показатель  $\Delta K \sim 0,9$ , это значит, что методика, по которой обучали данный класс, более эффективна.

Проведенный педагогический эксперимент показал, что разработанная методика, особенностью которой является реализация сравнительно-эволюционного подхода, оказывает положительный эффект на уровень знаний обучающихся 7 класса по биологии. Организация познавательной

деятельности по выявлению общих закономерностей строения и эволюции хордовых животных позволила обучающимся экспериментального класса продемонстрировать более высокие показатели в сравнении с контрольным классом.

Положительная динамика уровня знаний у обучающихся 7 «Б» наблюдалась на протяжении всего педагогического эксперимента. Показатели коэффициента усвоения материалы по классу никогда не были ниже 0,7, что говорило о более полном усвоении тем. Высокие результаты на контрольной проверке можно объяснить особенностью сравнительно-эволюционного подхода: до изучения темы «Млекопитающие», обучающиеся уже выявили общие закономерности организации системы органов и основные тенденции эволюции. В процессе изучения морфофункциональной организации млекопитающих, обучающиеся завершили построения «логических цепочек» и системы знаний, подтвердив общие закономерности и дополнив эволюционный материал (идиоадаптации и ароморфозы млекопитающих). Уроки по данному разделу имели больше обобщающий характер.

Также стоит отметить развитие умений обучающихся сравнивать и анализировать биологические объекты, а также строить рассуждения и выдвигать гипотезы. Это можно было оценить по ответам на вопросы 3 части (с развернутым ответом): конкретные факты из учебника обучающиеся подтверждали знаниями эволюции (тенденции и закономерности), экологии (особенности условий среды обитания) и знаниями процессов, происходящих в организме животных.

Результаты, полученные в процессе педагогического эксперимента, дают основание считать выдвинутую гипотезу доказанной.

## ВЫВОДЫ

Реализация сравнительно-эволюционного подхода при организации освоения раздела «Хордовые животные» курса «Биологии» 7 класса способно изменить взгляд учителей на традиционный вариант построения биологического содержания. Этот подход в обучении является инновационным, так как предлагает оригинальную схему интерпретации зоологического материала. Ведь изучение морфофункциональной организации хордовых животных путем выявления общих закономерностей строения и эволюции, установления причинно-следственных связей между особенностями строения и условиями среды обитания позволяет сформировать у обучающихся целостную и прочную систему биологических знаний.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Сравнительно-эволюционный подход имеет долгую историю, и его основные идеи прослеживаются в научных трудах К. Бэра, И.Ф. Меккеля, Э. Серра, Ч. Дарвина, А.Н. Северцова, И.И. Шмальгаузена, которые накапливали и систематизировали материал по данной проблеме, интегрируя при этом методы сравнительной анатомии, эмбриологии и эволюционизма. Но в школьной биологии этот подход не получил полноценного развития. Несмотря на это сравнительно-эволюционный подход благодаря своим особенностям обладает большим потенциалом, так как хорошо проявляет себя в концепции системно-деятельностного подхода и дополняет его в качестве одного из способов интерпретации биологического содержания. Данный подход укрепляет знания обучающихся, путем их систематизации, что обеспечивает более эффективное достижение предметных результатов, тем самым выполняя требования ФГОС.

2. Методическое сопровождение реализации сравнительно-эволюционного подхода раскрывает способы организации познавательной деятельности обучающихся на уроках биологии по выявлению общих

закономерностей морфофункциональной организации и эволюции хордовых животных, а также выстраиванию причинно-следственных связей между особенностями строения организма животного и условиями среды его обитания. Разработанные на основе принципов инновационного подхода фонды оценочных средств позволяют определить уровень усвоения обучающимися знаний по морфофункциональной организации и эволюции систем органов хордовых животных благодаря разнообразию форм заданий и многосторонней проверке отдельных элементов знания по данному разделу.

3. Экспериментальная методика формирует у обучающихся умение выявлять общие закономерности в морфофункциональной организации и эволюции хордовых животных, при этом дополняя их знаниями особенностей условий среды обитания, что позволяет обучающимся объяснять биологическую целесообразность прогрессивных преобразований органов и их систем (ароморфозы, идиоадаптации и ценогенезы). В тоже время отмечается значительное развитие таких умений, как умение анализировать и сравнивать биологические объекты, рассуждать, высказывать свою точку зрения, делать выводы и другие умения работать с информацией.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Министерство Образования и науки Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный государственный стандарт основного общего образования (5-9 кл.) от 17 декабря 2010 г. № 1897. URL: <http://минобрнауки.рф> (дата обращения: 21.01.2021)
2. Об образовании в Российской Федерации [Электронный ресурс]: федер. закон от 29.12.2012 №273-ФЗ (ред. от 31.07.2020). <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 15.03.2020)
3. Александер Р. Биомеханика: учебник. Пер. с англ. Москва: Мир, 1970. 440 с.
4. Афанасьев Ю.И., Юрина Н.А., Котовский Е.Ф. Гистология, эмбриология, цитология: учебник. 6-е изд., перераб. и доп. / под ред. Ю.И. Афанасьева. Москва: ГЭОТАР, 2012. 800 с.
5. Баранов А.А., Банникова К.К., Найман М.А. Закономерности морфофункциональной организации и эволюции хордовых животных: учебное пособие. Красноярск: Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева, 2020. 324 с.
6. Баранов А.А. Новая структура биологического образования – интеграция биологических знаний // Современные проблемы естественнонаучного образования: V Всероссийская (с междунар. участием) научно-методическая конференция (Краснояр. гос. пед. ун-т.). Красноярск: 2012. С. 18-20.
7. Беспалько В.П. Слагаемые педагогической технологии. Москва: Педагогика, 1989. 190 с.
8. Бляхер Л.Я., Быховский Б.Е., Микулинский С.Р. История биологии с древнейших времён до начала XX века. Москва: Наука, 1972. 564 с.
9. Бодемер Ч. Современная эмбриология: учебник. Москва: Мир, 1971. 446 с.
10. Большой энциклопедический словарь/Под ред. А.М. Прохорова. 2-е изд., доп. и перераб. Москва: Большая Российская энциклопедия, 2002. 1456 с.
11. Васильева Л. Н. Гёте и Линней: две типологии [Электронный ресурс] // Проблемы эволюции. 2005. URL: <https://www.evolbiol.ru/document/1066> (дата обращения: 03.12.2020)

12. Вахрушев А.А., Бурский, О. В., Раутиан, А.С. Биология (от амебы до человека). 7 класс: учебник для общеобразовательной школы. Москва: Баласс, 2013. 320 с.
13. Верзилин Н.М., Корсуновская В.М. Общая методика преподавания биологии. Москва: Просвещение, 1976. 124 с.
14. Викентьев И.Л. Гомология органов по Жоффруа Сен-Илеру и Ричарду Оуэну [Электронный ресурс] // Vikent: Эволюционные идеи. URL: <https://vikent.ru/enc/2838/> (дата обращения: 05.12.2020)
15. Вилли К., Детье В. Биология (биологические процессы и законы). Пер. с англ. Москва: Мир, 1975. 821 с.
16. Голикова Т.В., Галкина Е.А. Методика обучения биологии в соответствии с требованиями ФГОС ВО и профессионального стандарта педагога: учебное пособие к выполнению лабораторно-практических занятий. Красноярск: Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева, 2016. 218 с.
17. Голикова Т.В. Обучение учащихся приемам логического мышления на уроках биологии: учебное пособие. Красноярск: Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева, 2012. 68 с.
18. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология: в 3 томах. / Под ред. Р. Сопера. 3-е изд., пер. с англ. Москва: Мир, 2004. Т.1. 454 с.
19. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология: в 3 томах. / Под ред. Р. Сопера. 3-е изд., пер. с англ. Москва: Мир, 2004. Т.2. 325 с.
20. Гуртовой Н.Н., Дзержинский Ф.Я. Практическая зоотомия позвоночных. Птицы, млекопитающие: учебник. Москва: Высшая школа, 1992. 414 с.
21. Дзержинский Ф.Я. Сравнительная анатомия позвоночных животных: учебник. 2-е изд., испр., перераб. и доп. Москва: Аспект-Пресс, 2005. 320 с.
22. Дятлова К.Д. Тестовый контроль по биологии: разработка тестов и анализ результатов тестирования: Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский государственный университет, 2012. 55 с.
23. Зверев И.Д, Мягкова А.Н. Общая методика преподавания биологии в средней школе. Москва: Просвещение, 1985. 191 с.

24. Звонников В.И. Современные средства оценивания результатов обучения: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. Москва: Издательский центр «Академия», 2009. 224 с.
25. Константинов В.М. Биология. 7 класс: учебник для учащихся общеобразовательных учреждений / под ред. проф. И.Н. Пономарёвой. Москва: Вентана-Граф, 2016. 288 с.
26. Константинов В.М., Шаталова С.П. Зоология позвоночных: учеб. для студ. высш. учеб. заведений. Москва: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2004. 527 с.
27. Кыверялг А.А. Методы исследований в профессиональной педагогике. Таллин: Валгус, 1980. 334 с.
28. Лукин Е. И. Зоология: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Агропром-издат, 1989. 384 с.
29. Малыгина А.С., Насырова И.Е., Решетникова Т.Б. Реализация системно-деятельностного подхода на уроках биологии в рамках ФГОС // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. Т.15. Вып. 2. 2015. С. 76-80
30. Мамонтов С.Г. Общая биология; учеб. для студентов средних спец. учеб. заведений / С.Г. Мамонтов, В.Б. Захаров. Москва: Высшая школа, 2004, 317 с.
31. Мухина, В. С. Возрастная психология. Феноменология развития / В.С. Мухина. Москва: Академия, 2012. 656 с.
32. Найман М.А. Внутрипредметная интеграция в изучении морфофункциональной организации хордовых животных [Электронный ресурс] // Инновации в естественнонаучном образовании: материалы XI Всероссийской научно-методической конференции с международным участием. Красноярск, 26 ноября 2019 г. С. 138-141 URL: <http://elib.kspu.ru/document/55299> (дата обращения: 20.04.2020)
33. Найман М.А. Возможности организации системы оценки знаний обучающихся посредством ВПР, ОГЭ и ЕГЭ при изучении раздела «Морфофункциональная организация хордовых животных» [Электронный ресурс] // Методика обучения дисциплинам естественнонаучного цикла: проблемы и перспективы: XIX Всероссийская научно-методическая

конференция студентов, аспирантов и школьников (Краснояр. гос. пед. ун-т.). Красноярск, 2020. С. 88-90. URL: <http://elib.kspu.ru/document/56349> (дата обращения: 20.02.2021)

34. Найман М.А. Методические особенности интеграции содержания уроков биологии в разделе «Хордовые животные» [Электронный ресурс] // Инновации в естественнонаучном образовании: XII Всероссийская (с междунар. участием) научно-методическая конференция (Краснояр. гос. пед. ун-т.). Красноярск, 2020. С. 105-108. URL: <http://elib.kspu.ru/document/60609> (дата обращения: 15.05.2020)

35. Наумов С.П. Зоология позвоночных: учебник. 4-е изд., перераб. Москва: Просвещение, 1982. 464 с.

36. Наумов Н.П., Карташев Н.Н. Зоология позвоночных: учебник, в 2 ч. Москва: Высшая школа, 1979. Ч.1. 333 с.

37. Наумов Н.П., Карташев Н.Н. Зоология позвоночных: учебник, в 2 ч. Москва: Высшая школа, 1979. Ч.2. 272 с.

38. Ноздрачев А.Д., Баранникова И.А., Батуев А.С. Общий курс физиологии человека и животных: учеб. для биол. и медич. спец. вузов, в 2-х кн. / Под ред. А. Д. Ноздрачева. Москва: Высшая школа, 1991. К.1. 512 с.

39. Ноздрачев А.Д., Баранникова И.А., Батуев А.С. Общий курс физиологии человека и животных: учеб. для биол. и медич. спец. вузов, в 2-х кн. / Под ред. А. Д. Ноздрачева. Москва: Высшая школа, 1991. К.2. 528 с.

40. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка / Под ред. проф. Л.И. Скворцова. 28-е изд. перераб. Москва: Мир и образование, 2014. 553 с.

41. Пакулова В. М. Общая и частные методики обучения биологии : лаборатор. практикум / В. М. Пакулова. 2-е изд., испр. и доп. Красноярск : РИО КГПУ им. В. П. Астафьева, 2005. 192 с.

42. Пальдяева Г.М. Биология 5-9 класс (рабочие программы): учебно-методическое пособие. 4-4 изд., стереотип. Москва: Дрофа, 2015. 382 с.

43. Плавильщиков Н. Н. Зоология: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Государственное учебно-педагогическое издательство Министерства Просвещения РСФСР, 1955. 248 с.

44. Полонский В.М. Оценка знаний школьников. Москва: Знание, 1991. 96 с.

45. Пономарёва И.Н., Кучменко В.С., Корнилова О.А. Биология. 5-9 классы. Концентрическая структура. Рабочие программы к линии УМК / Москва: ВентанаГраф, 2017. 88 с.
46. Проссер Л. Сравнительная физиология животных. Т.1. / пер. с англ. под ред. Т.М. Турпаева. Москва: Мир, 1977. 608 с.
47. Проссер Л. Сравнительная физиология животных. Т.2. / пер. с англ. под ред. Т.М. Турпаева. Москва: Мир, 1977. 576 с.
48. Ромер А., Парсонс Т. Анатомия позвоночных: в 2 т. Пер. с англ. Москва: Мир, 1992. Т.1. 358 с.
49. Ромер А., Парсонс Т. Анатомия позвоночных: в 2 т. Пер. с англ. Москва: Мир, 1992. Т.2. 406 с.
50. Свиридов В.В. Концепции современного естествознания: учеб. пособие, 2-изд. Санкт-Петербург: Питер, 2005. 349 с.
51. Северцов А.Н. Этюды по теории эволюции (индивидуальное развитие и эволюция): учебник. 2-е изд. Москва: Либроком, 2012. 320 с.
52. Точка зрения: проблемы преподавания биологии в школе [Электронный ресурс]: ПостНаука. 2014. URL: <https://postnauka.ru/talks/30749> (дата обращения 03.04.2020)
53. Фабер А., Мазлиш Э. Как говорить, чтобы дети слушали, и как слушать, чтобы дети говорили. Москва: Эксмо, 2013. 210 с.
54. Федоров К.П. Оценочная функция Цермело и ее использование для расчета числовых значений критериев эффективности методики обучения информатике [Электронный ресурс] // Фундаментальные научные исследования: теоретические и практические аспекты: III Международной научно-практической конференции. Кемерово, 2017. С. 95-101. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28416452&selid=29031433> (дата обращения: 28.03.2020)
55. Хадорн Э., Венер Р. Общая зоология: учебно-справочное пособие. Пер. с нем. Москва: Мир, 1989. 528 с.
56. Хуторской А.В. Модель системно-деятельностного обучения и самореализации учащихся [Электронный ресурс]: Вестник Института

образования человека. 2012. №1. URL: <https://idos-institute.ru/journal/2012/100/Eidos-Vestnik2012-113-Khutorskoy.pdf>

57. Хуторской, А. В. Современная дидактика: учебник для вузов, 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2021. 406 с.

58. Циммер К. Эволюция: Триумф идеи. Пер. с англ. Москва: «Альпина Диджитал», 2001. 33 с.

59. Чайковский Ю.В., Активный связный мир. Опыт теории эволюции жизни. Москва: «Товарищество научных изданий КМК», 2008 г. 726 с.

60. Челышкова М.Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов: учебное пособие. Москва: Логос, 2002. 432 с.

61. Чернова Н.М., Галушин В.М., Константинов В.М. Основы экологии: учеб. для 10 (11 кл) общеобразоват. учреждений. Москва: Дрофа, 2003. 304 с.

62. Шереметьева Л. Г. Эффективность повышения результативности подготовки к ЕГЭ по биологии в ходе реализации сравнительно-эволюционного подхода [Электронный ресурс]: открытыйурок.рф: Педагогическая мастерская. 2016. URL: <http://открытыйурок.рф/статьи/635202> (дата обращения: 15.03.2021).

63. Шмальгаузен И.И. Основы сравнительной анатомии позвоночных животных: учебник. 4-е изд., Москва: Советская наука, 1947. 531 с.

64. Шмальгаузен И.И. Происхождение наземных позвоночных: учебник. 2-е изд. Москва: Наука, 1964. 271 с.

65. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных. Приспособление и среда: в 2 кн. Пер. с англ. Москва: Мир, 1982. К.1. 416 с.

66. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных. Приспособление и среда: в 2 кн. Пер. с англ. Москва: Мир, 1982. К.2. 384 с.

67. Jollie M., Chordate morphology / M. Jollie. New York: W.B. Saunders Company, Reinhold, 1962. 478 p.

68. Prosser C. Ladd. Comparative animal physiology / C. Ladd Prosser. University of Illinois at Urbana, 1973. 608 p.

69. Kemp T. S. The Origin and Evolution of Mammals / T. S. Kemp. New York: Oxford University Press, 2005. 342 p.



- Б) Земноводные  
В) Наземные
- 2) Пятипалая конечность  
3) Суставы  
4) Конечности и их пояса  
5) Роговые покровы кожи  
6) Грудная клетка

**10.4.5. Впервые грудная клетка формируется у:** (1 балл)

- А) рыб  
Б) птиц  
В) земноводных  
Г) млекопитающих
- Д) пресмыкающихся

**11.4. Установите соответствие между отделом скелета наземных позвоночных животных и структурными компонентами, их формирующими:** (2 балла)

- |                        |                    |                    |
|------------------------|--------------------|--------------------|
| А) Передние конечности | 1) плечевая кость  | 6) пясть           |
| Б) Задние конечности   | 2) бедренная кость | 7) берцовые кости  |
|                        | 3) запястье        | 8) фаланги пальцев |
|                        | 4) лучевая кость   | 9) предплюсна      |
|                        | 5) локтевая кость  | 10) плюсна         |

**12.4.3. В процессе дифференцировки мускулатуры, формируются мышцы-антагонисты, обеспечивающие:** (1 балл)

- А) ритмичные сердечные сокращения  
Б) сгибание и разгибание частей тела  
В) эффективное поднятие тяжелых объектов  
Г) сокращение стенок кровеносных сосудов

**13.4. Преобразование опорно-двигательной системы птиц, не являющееся приспособлением к полету:** (1 балл)

- А) отсутствие зубов  
Б) пневматизация костей  
В) срастание нескольких отделов позвоночника  
Г) формирование пуховых перьев

**14.5. Волосы, перья, чешуи как производные кожи образуются из клеток:** (1 балл)

- А) эпидермиса  
Б) кориума  
В) костной ткани  
Г) эпителия

**15.5. В онтогенезе опорно-двигательная система закладывается из клеток:** (1 балл)

- А) эктодермы  
Б) энтодермы  
В) мезодермы  
Г) всех трех зародышевых листков

## ЧАСТЬ 2. ДАЙТЕ КРАТКИЙ ОТВЕТ

**1.1.1.** На рисунке подпишите основные компоненты внутреннего скелета хордовых животных: (3 балла)

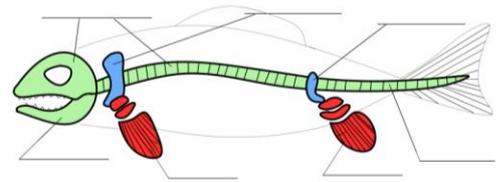
**2.2.4.** Приведите пример взаимодействия опорно-двигательной и дыхательной систем у наземных позвоночных животных. (1 балл)

**3.4.** Назовите не менее трех идиоадаптаций в организации первичноводных животных, позволяющих им легко перемещаться в водной среде. (3 балла)

**4.4.** Найдите ошибки в приведённом тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их: (2 балла)

- (1) Череп наземных позвоночных состоит из мозгового и висцерального отделов.  
(2) Особенность черепа – полное отсутствие костной ткани. (3) Это обеспечивает лучшую защиту головного мозга от повреждений. (4) Черепу амниот свойственна гиостилия (полное слияние верхней челюсти с мозговым черепом). (5) В результате слияния и преобразования первичных костей на уровне млекопитающих сформировались три слуховые косточки.

**5.5.** Что такое гомологичные органы? Приведите пример, используя знания морфофункциональной организации опорно-двигательной системы хордовых животных. (2 балла)



**ЧАСТЬ 3. ДАЙТЕ РАЗВЕРНУТЫЙ ОТВЕТ НА ВОПРОС**

1. В чем заключается значение повышения прочности скелета хордовых животных?
2. Почему испаряемость в условиях наземно-воздушной среды так опасна для первичноводных и земноводных? Какие морфофункциональные преобразования ОДС амниот позволили защититься от этого процесса?
3. Сравните условия водной и наземно-воздушной среды обитания. В чем главные отличия этих двух сред, что определили серьезные преобразования ОДС?
4. Назовите черты сходства в организации ОДС анамний и амниот.
5. На основе ОДС позвоночных приведите примеры аналогичных органов, которые иллюстрируют процесс конвергенции? С чем связаны эти преобразования?

**ТЕСТ по теме «Транспортная система хордовых животных»****ЧАСТЬ 1. РЕШИТЕ ТЕСТ. ВЫБЕРИТЕ ВЕРНЫЙ ОТВЕТ**

**1.1.1. К общим чертам транспортной системы хордовых можно отнести:** (2 балла)

- А) замкнутость
- Б) два круга кровообращения
- В) один круг кровообращения
- Г) циркуляция крови между органами дыхания и клетками организма
- Д) в движение кровь приводят пульсирующие органы
- Е) сердце четырехкамерное

**2.1.2. Движение веществ (газов, гормонов) между кровеносными сосудами и межклеточной жидкостью осуществляется с помощью процесса:** (1 балл)

- А) осмоса
- Б) диффузии
- В) активного транспорта
- Г) всасывания

**3.1.3. Установите правильную последовательность движения крови по кровеносной системе млекопитающих и птиц:** (2 балла)

- А) правое предсердие
- Б) ткани организма
- В) легочная вена
- Г) легкие
- Д) правый желудочек
- Е) левый желудочек
- Ж) дуга аорты
- З) легочная артерия
- И) задняя полая вена
- К) левое предсердие

**4.1.1. Выберите верное утверждение, характеризующее общую закономерность организации транспортной системы хордовых:** (1 балл)

- А) через сердце всех хордовых животных проходит и артериальная, и венозная кровь
- Б) общая черта организации транспортной системы хордовых является функционирование двух кругов кровообращения
- В) транспортная система хордовых реализует только транспорт веществ по всему организму
- Г) одним из основных направлений эволюции транспортной системы хордовых животных является разделение крови на артериальную и венозную

**5.1.2. Диффузия – это движение молекул растворенного в воде вещества от:** (1 балл)

- А) низких концентраций к высоким
- Б) низких температур к высоким
- В) высоких концентраций к низким
- Г) высоких температур к низким

**6.2. В реализации транспортной функции участвуют:** (1 балл)

- А) кровеносная система
- Б) лимфатическая система
- В) кровеносная и лимфатическая системы
- Г) кровеносная, лимфатическая системы и межклеточная жидкость

**7.2. Функция эритроцитов заключается в:** (1 балл)

- А) свертываемости крови
- Б) поддержании иммунитета

Б) транспорте кислорода                      Г) транспорте гормонов

**8.3.4. Определите последовательность этапов эволюции кровеносной системы:**

- А) образование четырехкамерного сердца (2 балла)  
 Б) обособление двухкамерного сердца  
 В) образование трехкамерного сердца  
 Г) появление малого круга кровообращения  
 Д) усложнение периферической системы  
 Е) появление замкнутой кровеносной системы

**9.3.5. Формированию второго круга кровообращения способствовало:** (1 балл)

- А) смена органов дыхания  
 Б) увеличение числа камер в сердце  
 В) увеличение числа органов в теле животных  
 Г) увеличение размера тела

**10.4.5. Первичное разделение малого и большого кругов свойственно:** (1 балл)

- А) рыбам    В) пресмыкающимся  
 Б) земноводным                                      Г) птицам

**11.4.5. Приспособление, обеспечившее полное разделение венозной и артериальной крови в кровеносной системе млекопитающих и птиц:** (1 балл)

- А) увеличение толщины сердечной стенки  
 Б) появление легочной артерии  
 В) редукция одной из дуг аорты  
 Г) разделение желудочка на две камеры

**12.4. Красный костный мозг как главный орган кроветворения характерен:** (2 балла)

- А) хрящевым рыбам                                      В) пресмыкающимся  
 Б) костистым рыбам                                      Г) птицам  
 В) земноводным                                      Д) млекопитающим

**13.4.4. Установите соответствие между классом позвоночных животных и количеством камер в их сердце:** (2 балла)

- |                   |      |
|-------------------|------|
| А) рыбы           | 1) 1 |
| Б) земноводные    | 2) 2 |
| В) пресмыкающиеся | 3) 3 |
| Г) млекопитающие  | 4) 4 |
| Д) птицы          |      |

**14.5. В онтогенезе хордовых животных кровеносная система закладывается из клеток:**

- А) эктодермы                                      Б) мезодермы (1 балл)  
 В) энтодермы                                      Г) всех трех зародышевых оболочек

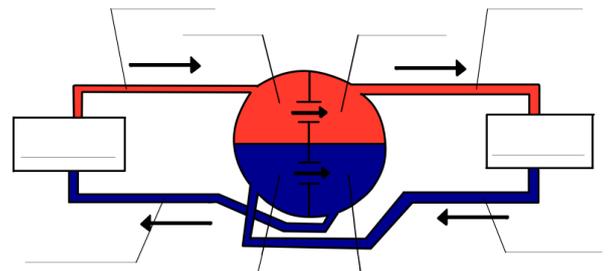
**15.5. Одним из главных доказательств гомологичности органов кровеносной системы всех хордовых является:** (1 балл)

- А) наличие одинаковых органов в строении системы  
 Б) формирование жаберных артерий в эмбриональный период  
 В) осуществление системой транспортной функции  
 Г) наличие гемоглобина как пигмента крови

**ЧАСТЬ 2. ДАЙТЕ КРАТКИЙ ОТВЕТ**

**1.1.3.** На рисунке подпишите основные компоненты кровеносной системы высших позвоночных животных: (2 балла)

**2.1.** Что такое «воротные системы печени и почек»? (1 балл)



**3.2.** Приведите не менее двух примеров функционального взаимодействия транспортной системы с другими системами организма. (2 балла)

**4.4.** Приведите не менее двух примеров идиоадаптаций морфофункциональной организации транспортной системы млекопитающих, которые позволили повысить кислородную емкость их крови. (2 балла)

**5.4.5.** Найдите ошибки в приведённом тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их: (2 балла)

(1) Смена у земноводных органов дыхания привело к формированию второго малого круга кровообращения. (2) Поэтому сердце современных амфибий четырехкамерное. (3) В левое предсердие поступает венозная кровь от органов тела, а также артериальная от кожи (развито кожное дыхание). (4) В правое предсердие поступает артериальная кровь от легких. (5) Оба предсердия открываются в желудочек общим отверстием (имеется один клапан).

### ЧАСТЬ 3. ДАЙТЕ РАЗВЕРНУТЫЙ ОТВЕТ НА ВОПРОС

1. В чем заключается интегрирующая (объединяющая) роль транспортной системы?
2. Напишите в виде схемы структуру транспортной системы позвоночных. Какие функции она выполняет?
3. В чем заключаются принципиальные различия в организации транспортной системы первичноводных и наземных позвоночных животных?

### **ТЕСТ по теме «Дыхательная система хордовых животных»**

#### ЧАСТЬ 1. РЕШИТЕ ТЕСТ. ВЫБЕРИТЕ ВЕРНЫЙ ОТВЕТ

**1.1.1. Явление, в результате которого осуществляется вентиляция дыхательного аппарата большинства позвоночных:** (1 балл)

- А) повышение температуры окружающей среды
- Б) разница температур окружающей среды и организма
- В) постоянство давления в толще воды
- Г) разница давления внешней среды и внутри организма

**2.1.2. Установите последовательность этапов газотранспортной системы позвоночных животных:** (1 балл)

- А) вентиляция
- Б) диффузия газов в клетку/из клетки
- В) циркуляция
- Г) диффузия газов в кровь/из крови

**3.1. Структурой, на уровне которой происходит процесс дыхания, является:** (1 балл)

- А) ткань
- Б) клетка
- В) орган
- Г) система органов

**4.1.2. Диффузия – это движение молекул растворенного в воде вещества от:** (1 балл)

- А) низких концентраций к высоким
- Б) низких температур к высоким
- В) высоких концентраций к низким
- Г) высоких температур к низким

**5.2. На уровне млекопитающих и птиц к функциям дыхательной системы добавляется:** (1 балл)

- А) звукообразование
- Б) терморегуляция
- В) газообмен
- Г) обоняние

**6.2.3. Тенденция совершенствования механизма дыхания определяется переходом от нагнетательного типа дыхания земноводных к всасывающему типу амниот, что стало возможно благодаря формированию:** (1 балл)

- А) диафрагмы
- Б) легочной мышцы
- В) плевры
- Г) грудной клетки

**7.3.4. Увеличение площади дыхательной поверхности в легких наземных позвоночных обеспечивается:** (1 балл)

- А) усложнением складчатой структуры
- Б) дополнительным кожным дыханием
- В) увеличением размера легких
- Г) увеличением густоты капиллярной сети

**8.4.4. Установите соответствие между классом хордовых животных и способом увеличения дыхательной поверхности:** (2 балла)

- |                  |   |
|------------------|---|
| А) Земноводные   | 1) формирование альвеол                 |
| Б) Птицы         | 2) развитая сеть парабронхов и бронхиол |
| В) Млекопитающие | 3) складчатая структура стенок легких   |

**9.4. Класс хордовых животных, у которого впервые произошло разделение глотки на пищеварительную и дыхательную трубки:** (1 балл)

- |                   |                |
|-------------------|----------------|
| А) головохордовые | В) круглоротые |
| Б) костные рыбы   | Г) земноводные |

**10.4. Впервые такие процессы вентиляции легких как вдох и выдох развиваются у:** (1 балл)

- |                |                  |                   |
|----------------|------------------|-------------------|
| А) костных рыб | В) земноводных   | Д) пресмыкающихся |
| Б) птиц        | Г) млекопитающих |                   |

**11.4.4. В связи со слабой развитостью легких земноводных, важным органом дыхания являются:** (1 балл)

- |         |          |                        |                    |
|---------|----------|------------------------|--------------------|
| А) кожа | Б) жабры | В) плавательный пузырь | Г) воздушные мешки |
|---------|----------|------------------------|--------------------|

**12.4.4. Установите соответствие между классом хордовых животных и идиоадаптациями в организации дыхательной системы:** (2 балла)

- |                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| А) Костные рыбы   | 1) жаберные крышки             |
| Б) Земноводные    | 2) противоточная система       |
| В) Пресмыкающиеся | 3) кожное дыхание              |
| Г) Птицы          | 4) диафрагма                   |
| Д) Млекопитающие  | 5) воздушные мешки             |
|                   | 6) резервуарные выросты легких |

**13.5. Легкие образуются в результате:** (1 балл)

- А) разделения пищеварительного тракта  
 Б) расширения трахеи  
 В) парного выпячивания глотки  
 Г) расширения пищеварительного тракта

**14.5. В онтогенезе хордовых животных органы дыхания формируются из клеток:**

- |              |                                  |
|--------------|----------------------------------|
| А) эктодермы | В) мезодермы                     |
| Б) энтодермы | Г) всех трех зародышевых листков |

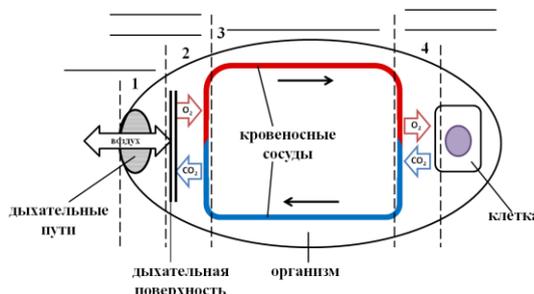
**15.5. Органом дыхания зародыша наземных позвоночных является:** (1 балл)

- |              |           |          |           |
|--------------|-----------|----------|-----------|
| А) аллантоис | Б) легкие | В) жабры | Г) амнион |
|--------------|-----------|----------|-----------|

### ЧАСТЬ 2. ДАЙТЕ КРАТКИЙ ОТВЕТ

**1.1.** Процесс поглощения кислорода из окружающей среды и выделения углекислого газа называется \_\_\_\_\_ . (1 балл)

**2.1.2.** На рисунке подпишите основные этапы газотранспортной системы хордовых животных: (2 балла)



**3.1.3.** Найдите ошибки в приведённом тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их: (2 балла)

- (1) Дыхательный цикл работает на основе закона градиента давления, при котором воздух движется из области низкого давления в область высокого, с целью выравнивания давления. (2) Когда грудная клетка расширяется, давление внутри нее и в легких становится выше, чем в окружающей среде, поэтому воздух начинает как бы

засасывать внутрь. (3) Так осуществляется вдох. (4) При выдохе, межреберные мышцы сжимают грудную клетку и легкие. (5) Воздух вытесняется, так как давление внутри грудной клетки сильно возрастает.

**4.3.4.** Что такое «противоточная система»? У представителей каких классов хордовых животных она функционирует? (2 балла)

**5.4.** Назовите не менее двух ароморфозов в морфофункциональной организации дыхательной системы земноводных, позволившие им освоить наземно-воздушную среду обитания. (2 балла)

### ЧАСТЬ 3. ДАЙТЕ РАЗВЕРНУТЫЙ ОТВЕТ НА ВОПРОС

1. Опишите принцип работы вентиляции легких нагнетательного типа на примере любого класса позвоночных животных?
2. Почему первичноводные не могут долгое время находиться в условиях наземно-воздушной среды обитания?
3. Особенностью водной среды является низкая концентрация кислорода (7-10 мл/л). За счет каких морфофункциональных адаптаций рыбы решили проблему потребления достаточного количества кислорода?
4. Почему птицы способны летать на больших высотах, в условиях разреженного воздуха, где другие позвоночные впадают в коматозное состояние?

### ТЕСТ по теме «Пищеварительная система хордовых животных»

#### ЧАСТЬ 1. РЕШИТЕ ТЕСТ. ВЫБЕРИТЕ ВЕРНЫЙ ОТВЕТ

**1.1.1.** В структуре пищеварительного тракта выделяются отделы: (1 балл)

- А) ротовая полость, желудок, печень, кишечник
- Б) ротовая полость, пищевод, желудок, кишечник
- В) ротовая полость, глотка, пищевод, желудок, кишечник
- Г) ротовая полость, глотка, желудок, печень, поджелудочная железа, кишечник

**2.1.2.** Установите последовательность этапов работы пищеварительной системы:

- А) транспорт питательных веществ кровью
- Б) проникновение питательных веществ в клетку в процессе активного транспорта
- В) образование АТФ (энергии)
- Г) всасывание питательных веществ в кровь
- Д) поглощение пищи
- Е) движение пищевого комка по пищеварительной трубке
- Ж) окислительно-восстановительные реакции в клетке
- З) воздействие на пищу ферментов пищеварительных желез

**3.1.2.** Механическая обработка пищи происходит в части пищеварительной системы, обозначенной на рисунке цифрой: (1 балл)

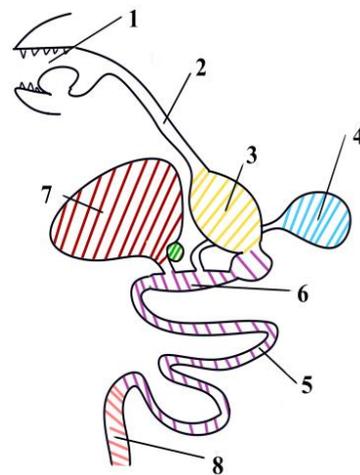
- А) 1                      Б) 2                      В) 3                      Г) 4

**4.1.2.** Всасывание питательных веществ в кровь происходит в: (1 балл)

- А) желудке    В) тонком кишечнике
- Б) толстом кишечнике                              Г) прямой кишке

**5.1.1.** Установите соответствие органов пищеварительной системы и функциями, которые они выполняют:

- |                     |   |           |
|---------------------|---|-----------|
| А) ротовая полость  | 1) выделение слюны                        | (2 балла) |
| Б) желудок          | 2) выделение пищеварительного сока        |           |
| В) тонкий кишечник  | 3) всасывание питательных веществ в кровь |           |
| Г) толстый кишечник | 4) выведение продуктов распада            |           |



- 5) первичное расщепление углеводов  
6) реабсорбция

**6.1. Из-за сезонных изменений доступности кормовой базы наземные позвоночные в своем организме накапливают запасы питательных веществ в виде:** (1 балл)

- А) гликогена и белков                      В) жира и белков  
Б) жиров и крахмала                      Г) гликогена и жира

**7.2. Питательные вещества, образующиеся при расщеплении органических веществ в результате пищеварения, выполняют функции:** (1 балл)

- А) регуляторную и двигательную                      В) строительную и двигательную  
Б) двигательную и энергетическую                      Г) строительную и энергетическую

**8.2.2. Основными катализаторами процесса пищеварения являются:** (1 балл)

- А) аминокислоты                      Б) ферменты                      В) углеводы                      Г) жиры

**9.3. Выберите верное утверждение:** (1 балл)

- 1) Дифференцировка кишечника, появление пищеварительных желез, уменьшение поверхности всасывания – это основные тенденции эволюции пищеварительной системы.  
2) Пищеварительная система – это взаимосвязь органов пищеварительного тракта и железистых образований.

- А) верно только А  
Б) верно только Б  
В) верно и А, и Б  
Г) нет верных утверждений

**10.3. Для увеличения всасывающей поверхности в тонком кишечнике наземных позвоночных:** (1 балл)

- А) увеличивается длина кишечника  
Б) образуется большое количество выростов (мешков) кишечника  
В) уменьшение длины кишечника  
Г) формируются складки стенок кишечника – ворсинки

**11.4. Печеночный вырост в процессе эволюции впервые закладывается у:** (1 балл)

- А) головохордовых                      Б) круглоротых  
В) хрящевых рыб                      Г) костных рыб

**12.4.3. Гетеродонтная зубная система подразумевает:** (1 балл)

- А) формирование одинаковых/конических зубов  
Б) формирование разных/специализированных зубов  
В) отсутствие зубов  
Г) формирование ядовитых зубов

**13.4.4. Разделение желудка на два отдела характерно для:** (1 балл)

- А) земноводных                      Б) пресмыкающихся  
В) птиц                      Г) копытных млекопитающих

**14.5. Органы пищеварительной системы в онтогенезе закладываются из:** (1 балл)

- А) эктодермы                      Б) мезодермы  
В) энтодермы                      Г) всех трех зародышевых листков

## ЧАСТЬ 2. ДАЙТЕ КРАТКИЙ ОТВЕТ

**1.1.1. Найдите ошибки в приведённом тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их:** (2 балла)

(1) Тонкая кишка – это одно из важных звеньев пищеварительного тракта, так как там происходит и продолжается переваривание углеводов. (2) Еще одной функцией этого отдела является всасывание воды в кровь. (3) В начальный отдел тонкого кишечника (двенадцатиперстную кишку) открываются протоки печени и поджелудочной железы, и по ним поступают желчь (из печени) и ферменты (от поджелудочной железы). (4) Желчь эмульгирует жиры и активизирует фермент, их расщепляющий. (5)

*Питательные вещества из перевариваемой пищи всасываются в кровь в толстом кишечнике, который опутан густой сетью капилляров.*

**2.1.1.** На рисунке подпишите основные элементы пищеварительной системы хордовых животных: (2 балла)

**3.4.4.** Назовите не менее двух идиоадаптации в морфофункциональной организации пищеварительной системы птиц в связи с приспособлением к полету.

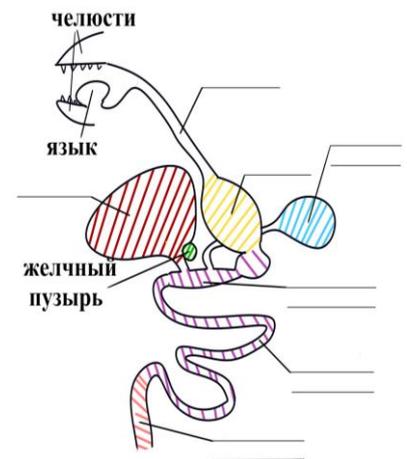
(2 балла)

**4.4.** Отдел кишечника наземных позвоночных, участвующий в переработке трудноперевариваемых веществ с участием бактерий называется \_\_\_\_\_.

(1 балл)

**5.4.3.** Что такое зубная формула? В чем особенность зубной системы хищных млекопитающих?

(1 балл)



### ЧАСТЬ 3. ДАЙТЕ РАЗВЕРНУТЫЙ ОТВЕТ НА ВОПРОСЫ

- Каковы особенности захвата, физической и химической обработки пищи растительноядных и плотоядных животных?
- Назовите адаптивные особенности пищевой специализации птиц и млекопитающих?
- В чем преимущества и недостатки гетеродонтной зубной системы млекопитающих?
- В чем заключается биологическая целесообразность анабиоза и зимней спячки у животных и каковы механизмы, обеспечивающие их реализацию?

### **ТЕСТ на тему «Выделительная система хордовых животных»**

#### ЧАСТЬ 1. РЕШИТЕ ТЕСТ. ВЫБЕРИТЕ ВЕРНЫЙ ОТВЕТ

**1.1.1.** Главным органом выделительной системы позвоночных животных является:

- А) печень                      Б) кишечник                      В) почки                      Г) кожа                      (1 балл)

**2.1.2.** Установите последовательность этапов процесса образования мочи у позвоночных животных: (2 балла)

- А) выделение вредных веществ из крови в каналец нефрона  
 Б) ультрафильтрация плазмы крови  
 В) образование вторичной мочи  
 Г) всасывание полезных веществ в кровь  
 Д) кровь поступает в гломерулу  
 Е) образование первичной мочи

**3.1.1.** Структурно-функциональной единицей почки является: (1 балл)

- А) нейрон                      Б) нефрон                      В) нефридий                      Г) гломерула

**4.1.2.** Реабсорбция полезных веществ из первичной мочи почечного канальца в кровь происходит благодаря: (1 балл)

- А) активному транспорту                      В) пассивному транспорту  
 Б) диффузии                      Г) осмосу

**5.1.2.** Установите соответствие между процессом и отделом нефрона, который его реализует: (2 балла)

- |                         |                                       |
|-------------------------|---------------------------------------|
| А) ультрафильтрация     | 1) петля Генли                        |
| Б) реабсорбция          | 2) гломерула                          |
| В) концентрация мочи    | 3) начальный отдел почечного канальца |
| Г) канальцевая секреция | 4) конечный отдел почечного канальца  |

**6.2.** К функциям выделительной системы позвоночных относятся: (2 балла)

- А) гомеостатическая                      Г) транспортная  
 Б) выделительная                      Д) защитная  
 В) осморегуляция                      Е) регуляторная

**7.3. Тенденция увеличения выделительной поверхности (увеличение числа нефронов) обусловлена:** (1 балл)

- А) повышением уровня метаболизма      В) потреблением большого количества пищи  
 Б) сменой среды обитания                      Г) увеличением размера тела животных

**8.4.3. Установите соответствие между группой позвоночных животных и типом почки, которая функционирует в их организме:** (2 балла)

- |                  |               |
|------------------|---------------|
| А) Личинки рыб   | 1) Пронефрос  |
| Б) Рыбы          | 2) Метанефрос |
| В) Земноводные   | 3) Мезонефрос |
| Г) Птицы         |               |
| Д) Млекопитающие |               |

**9.4. Установите соответствие между группой животных и конечными продуктами обмена веществ (метаболитами), образующимися в их организме:** (2 балла)

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| А) Рыбы           | 1) аммиак          |
| Б) земноводные    | 2) мочевины        |
| В) пресмыкающиеся | 3) мочевая кислота |
| Г) птицы          |                    |
| Д) млекопитающие  |                    |

**10.4.3. Выберите верное утверждение о морфофункциональной организации разных типов почек позвоночных животных:** (1 балл)

- 1) Особенностью мезонефрической почки является образование нефронов с гломерулярной системой, удлинение почечных каналов и их дифференцировка на мальпигиев и боуменов каналы.  
 2) Особенностью метанефрической почки является полное отсутствие нефридий, что не позволяет попадать метаболитам в полость тела, но у самцов мочеточник выполняет функцию семявыводящего канала.
- А) верно только 1  
 Б) верно только 2  
 В) верно и 1, и 2  
 Г) оба утверждения неверны

**11.5.4. В онтогенезе и филогенезе позвоночных животных параллельно выделительной системы происходит формирование:** (1 балл)

- А) транспортной системы                      В) пищеварительной системы  
 Б) половой системы                              Г) дыхательной системы

**12.5. У зародышей наземных животных функцию выделительной системы выполняет:** (1 балл)

- А) аллантоис                      Б) амнион                      В) серозная оболочка                      Г) желточный мешок

**13.5.4. В онтогенезе органы выделительной системы закладываются из клеток:**

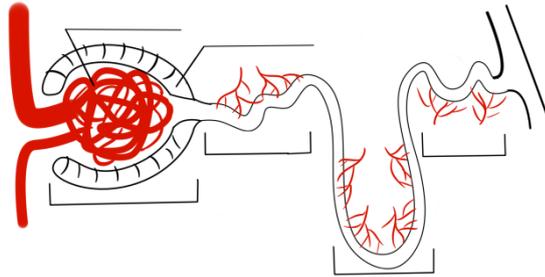
- А) эктодермы                      Б) мезодермы                      (1 балл)  
 В) энтодермы                      Г) всех трех зародышевых листков

## ЧАСТЬ 2. ДАЙТЕ КРАТКИЙ ОТВЕТ

**1.1.2. Найдите ошибки в приведённом тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их:** (2 балла)

- (1) *Строение нефрона для каждого класса хордовых животных сходно.* (2) *Каждый нефрон начинается гломерулой, в которой происходит процесс секреции плазмы крови.* (3) *Через клетки мальпигиевой капсулы образованная жидкость – первичная моча – собирается и поступает в извитой каналец.* (4) *Фильтрат, пока движется по канальцу, изменяется в ходе процессов реабсорбции и ультрафильтрации.* (5) *В результате образуется вторичная моча, которая по собирательному каналу доставляется в мочеточник, а далее в мочевой пузырь.*

**2.1.2.** На рисунке подпишите основные элементы строения нефрона и процессы, в них происходящие: (2 балла)



**3.2.** Закончите предложение: (1 балл)

*Примером интеграции кровеносной и выделительной системы является образование \_\_\_\_\_.*

**4.2.2.** В чем суть процесса ультрафильтрации крови? (1 балл)

**5.4.** Закончите предложение: (2 балла)

*В результате дифференцировки пронефрического канала образуются \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_ каналы.*

### ЧАСТЬ 3. ДАЙТЕ РАЗВЕРНУТЫЙ ОТВЕТ НА ВОПРОСЫ

1. В чем заключается биологическая целесообразность процесса реабсорбции воды в начальном отделе почечного канальца?
2. Какие ароморфозы в морфофункциональной организации выделительной системы позволили наземным позвоночным адаптироваться к условиям наземно-воздушной среды обитания?
3. В чем заключаются сходства и различия морфофункциональной организации выделительной системы первичноводных и наземных позвоночных животных?
4. Какой вывод можно сделать при анализе конечных продуктов метаболизма разных классов хордовых животных?

### **ТЕСТ по теме «Половая система хордовых животных»**

#### ЧАСТЬ 1. РЕШИТЕ ТЕСТ. ВЫБЕРИТЕ ВЕРНЫЙ ОТВЕТ

**1.1. Общей чертой половой системы всех хордовых животных является:** (1 балл)

- А) партеногенез и формирование парных половых желез
- Б) обоеполюсть и формирование парных половых желез
- В) раздельнополюсть и формирование непарных половых желез
- Г) раздельнополюсть и формирование парных половых желез

**2.1. Парные половые железы позвоночных животных называются:** (1 балл)

- А) гонады
- Б) спермии
- В) гаметы
- Г) семявыводящие каналы

**3.1.1. Органами половой системы женских особей позвоночных животных являются:**

- А) мезонефрос
- Б) вольфов канал
- В) семенники
- Г) яичники
- Д) мюллеров канал (2 балла)

**4.1.1. Органами половой системы мужских особей позвоночных животных являются:**

- А) мезонефрос
- Б) вольфов канал
- В) семенники
- Г) яичники
- Д) мюллеров канал (2 балла)

**5.1. Функцией жировых тел, расположенных над половыми железами, является:**

- А) защита половых желез и половых клеток (1 балл)
- Б) согревание половых желез
- В) питание половых желез и половых клеток
- Г) образование половых клеток

**6.2. Помимо формирования половых клеток (гамет) к функциям половой системы относится:** (1 балл)

- А) выкармливание потомства
- Б) защита потомства
- В) выработка гормонов
- Г) запасание питательных веществ

**7.3.2. Полное обособление наземных позвоночных от водной среды стало возможно благодаря:** (1 балл)

- А) увеличению количества желтка в яйце
- Б) образованию прочной скорлупы вокруг зародыша
- В) развитию копулятивных органов
- Г) формированию зародышевых оболочек

**8.4. Псевдоплацента у акул и плацента у млекопитающих являются примером:**

- А) гомологичных органов
- Б) дивергенции
- В) аналогичных органов
- Г) копулятивных органов

**9.4.2. Функции амниотической оболочки заключаются в:** (2 балла)

- А) созданию водной среды для зародыша
- Б) снабжении зародыша питательными веществами
- В) защита от чужеродных веществ
- Г) обеспечении дыхания зародыша
- Д) собирании продуктов метаболизма
- Е) поддержание необходимой концентрации и состава солей

**10.4.3. Живорождение свойственно:** (1 балл)

- А) костным рыбам
- Б) земноводным
- В) птицам
- Г) млекопитающим

**11.4. Установите соответствие между группой позвоночных животных и свойственным им типом оплодотворения:** (2 балла)

- |                   |               |
|-------------------|---------------|
| А) Рыбы           | 1) внутреннее |
| Б) Земноводные    | 2) наружное   |
| В) Пресмыкающиеся |               |
| Г) Птицы          |               |
| Д) Млекопитающие  |               |

**12.4.2. В формировании плаценты у млекопитающих принимают участие:** (2 балла)

- А) серозная оболочка
- Б) желточный мешок
- В) стенки матки
- Г) аллантоис
- Д) амнион
- Е) кровеносные сосуды

**13.4.2. Функцию газообмена в яйце наземных позвоночных выполняет:** (1 балл)

- А) амниотическая оболочка
- Б) серозная оболочка
- В) желточный мешок
- Г) аллантоис

**14.5. В онтогенезе органы половой системы закладываются из клеток:** (1 балл)

- А) эктодермы
- Б) мезодермы
- В) энтодермы
- Г) всех трех зародышевых листков

## ЧАСТЬ 2. ДАЙТЕ КРАТКИЙ ОТВЕТ НА ВОПРОС

**1.1.** Найдите ошибки в приведённом тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их: (2 балла)

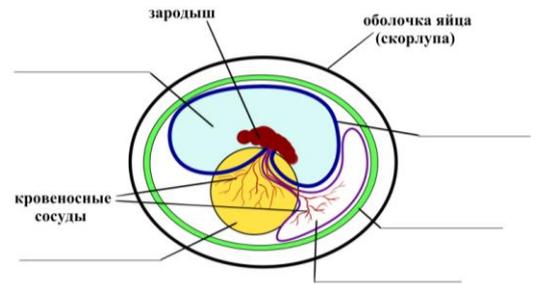
(1) Для первичноводных характерно внутреннее оплодотворение. (2) Яйца способны развиваться только в водной (или, в редких случаях, в очень влажной) среде. (3) Они имеют наружную белковую оболочку, которая обеспечивает защиту от механических и химических повреждений. (4) Внутри содержится большое количество желтка. (5) Его достаточно для вылупления личинок, которые полностью похожи на взрослых особей.

**2.4.2.** Закончите предложение: (1 балл)

Главное отличие размножения наземных позвоночных животных от размножения первичноводных заключается в \_\_\_\_\_.

**3.4.2.** На рисунке подпишите основные элементы в строении яйца амниот: (1 балл)

**4.4.3.** Что такое «яйцеживорождение»? (1 балл)



### ЧАСТЬ 3. ДАЙТЕ РАЗВЕРНУТЫЙ ОТВЕТ

1. В чем заключается биологическая целесообразность метаморфоза в онтогенезе первичноводных животных?

2. В чем заключается преимущество живорождения перед другими способами размножения?

### ТЕСТ по теме «Нервно-гуморальная система и органы чувств хордовых животных»

#### ЧАСТЬ 1. РЕШИТЕ ТЕСТ. ВЫБЕРИТЕ ВЕРНЫЙ ОТВЕТ

**1.1.** Всем хордовым животным соответствует тип нервной системы: (1 балл)

А) стволовая      Б) диффузная      В) трубчатая      Г) узловая

**2.1.** Структурными компонентами нервной системы хордовых животных являются: (1 балл)

А) нервные стволы и парные нервы, отходящие от них

Б) нервные узлы и непарные нервы, отходящие от них

В) нервная трубка и непарные нервы, отходящие от нее

Г) нервная трубка и парные нервы, отходящие от нее

**3.1.1.** Внутренние органы, железы, стенки кровеносных сосудов иннервирует нервная система: (1 балл)

А) центральная

В) соматическая

Б) вегетативная

Г) нейронная

**4.1.2.** Структурно-функциональной единицей нервной системы является: (1 балл)

А) нефрон

Б) нейрон

В) аксон

Г) нерв

**5.1.2.** Выберите верное утверждение, характеризующее особенности морфофункциональной организации нервной системы: (1 балл)

1) Строение нейрона у всех хордовых одинаково: он состоит из тела и отростков (длинный – аксон и короткие – дендриты), с помощью которых нейрон формирует связи с соседними нейронами.

2) Центральная нервная система состоит из серого и белого вещества. Серое вещество представлено аксонами и вспомогательными клетками, а белое – телами нейронов и дендритами.

А) верно только 1

Б) верно только 2

В) верно и 1, и 2

Г) нет верного утверждения

**6.1.** Отдел головного мозга, отвечающий за координацию движений: (1 балл)

А) продолговатый

Б) мозжечок

В) большие полушария

Г) средний

**7.1.3.** Структурная единица органа чувств, воспринимающая внешние раздражения: (1 балл)

А) рецепторы

Б) нейрон

В) дендрит

Г) аксон

**8.1.** Головной мозг позвоночных животных представлен отделами: (1 балл)

А) передний, средний, переходный, мозжечок, продолговатый

Б) передний, промежуточный, средний, мозжечок, продолговатый

В) центральный, переходный, мозжечок, спинной, конечный

Г) лобовой, теменной, затылочный, височный, внутренний

**9.1.5.** К железам эндокринной системы относятся: (2 балла)

А) потовые железы

Б) эпифиз

- В) щитовидная железа  
 Д) гипофиз

- Г) слюнная железа  
 Е) надпочечники

**10.1.6. Установите правильную последовательность реализации нервно-гуморальной регуляции организма:** (2 балла)

- А) гипоталамус  
 В) выделение гормона гипофизом  
 Д) гипофиз
- Б) эндокринная железа  
 Г) клетка-мишень  
 Е) выделение гормона эндокринной железой

**11.2.3. Функцию передачи нервного импульса от рецепторов в центральную нервную систему выполняют:** (1 балл)

- А) моторные нейроны  
 В) промежуточные нейроны
- Б) сенсорные нейроны  
 Г) транспортирующие нейроны

**12.3. Тенденция увеличения объема головного мозга и общего числа нейронов высших позвоночных реализуется благодаря процессам:** (1 балл)

- А) увеличения объема черепной коробки  
 Б) увеличения размера головного мозга и толщины коры полушарий  
 В) компактизации и образования извилистой структуры коры полушарий  
 Г) компактизации и увеличения толщины коры полушарий

**13.4. Класс хордовых, у которых в филогенезе впервые появилось внутреннее ухо:**

- А) головохордовые      Б) круглоротые      В) костные рыбы      Г) хрящевые рыбы

**14.4.4. Установите соответствие между классом хордовых животных и типом головного мозга:** (1 балл)

- А) костистые рыбы      1) маммальный  
 Б) земноводные      2) ихтиопсидный  
 В) пресмыкающиеся      3) зауропсидный  
 Г) птицы  
 Д) млекопитающие

**15.4.4. В зауропсидном типе головного мозга главным центром контроля и управления, получая наибольшее развитие, является:** (1 балл)

- А) архипаллиум      В) мозжечок  
 Б) кора полушарий      Г) полосатые тела

**16.5. В онтогенезе хордовых животных нервная система закладывается из клеток:**

- А) эктодермы      Б) мезодермы      (1 балл)  
 В) энтодермы      Г) всех трех зародышевых листков

## ЧАСТЬ 2. ДАЙТЕ КРАТКИЙ ОТВЕТ

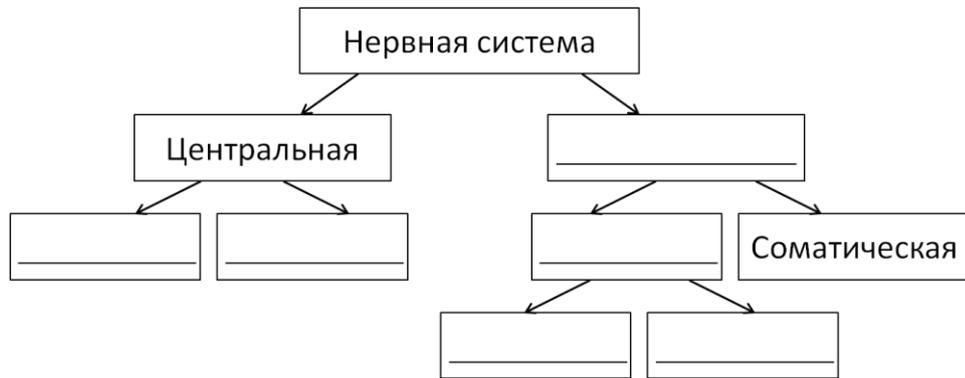
**1.1.3. Выберите один из трех анализаторов (зрение, слух, обоняние) и заполните предложенную таблицу:** (2 балла)

Анализатор	Раздражитель	Вспомогательные органы	Рецепторы	Чувствительный нерв	Отдел ЦНС

**2.1.6. Найдите ошибки в приведённом тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их:** (2 балла)

- (1) *Гипоталамус является главным центром регуляции жизнедеятельности организма.*  
 (2) *Он находится в среднем мозге.* (3) *Функция гипоталамуса заключается в обеспечении нервной регуляции жизнедеятельности организма.* (4) *Он посылает сигналы гипофизу, который выделяет гормоны, управляющие деятельностью других эндокринных желёз.*  
 (5) *К основным гормонам гипофиза относятся гормон роста и инсулин.*

**3.1.1. В предложенной схеме вставьте недостающие элементы функциональной структуры нервной системы хордовых животных:** (2 балла)



4.1.5. Что такое гормоны? Приведите не менее двух примеров.

(2 балла)

5.4.4. Закончите предложение:

(1 балл)

*В отличие от ихтиопсидного типа головного мозга первичноводных, где ведущим отделом является средний мозг, в зауропсидном мозге птиц и пресмыкающихся высшая координирующая функция переходит к \_\_\_\_\_ отделу.*

### ЧАСТЬ 3. ДАЙТЕ РАЗВЕРНУТЫЙ ОТВЕТ НА ВОПРОСЫ

1. В чем заключается сущность нейрогуморальной регуляции организма хордовых животных?
2. В чем заключаются общие закономерности организации нервной системы первичноводных и наземных хордовых животных?
3. В чем биологическая целесообразность появления наружного уха у млекопитающих?