

**Крымский научный центр
Национальной академии наук Украины и
Министерства образования и науки Украины
Таврический национальный университет
им. В. И. Вернадского**

Леонов С.В., Ковблюк Н. М., Гольдин П. Е.

**Методические рекомендации
к изучению дисциплины «Зоология позвоночных»
для самостоятельной подготовки
студентов-биологов дневной формы обучения**



Симферополь 2008

УДК 597/599

Леонов С.В. (*доцент кафедры зоологии Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, научный сотрудник Крымского научного центра, к.б.н.*).

Ковблюк Н. М. (*доцент кафедры зоологии Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, научный сотрудник Крымского научного центра, к.б.н.*).

Гольдин П. Е. (*ассистент кафедры зоологии Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, научный сотрудник Крымского научного центра, к.б.н.*).

Методические рекомендации к изучению дисциплины «Зоология позвоночных» для самостоятельной подготовки студентов-биологов дневной формы обучения

Симферополь: ИО КНЦ, 2008 г.

Материалы изданы в авторской редакции

Редактор: Башта А. И.

Технический редактор: Глупкина Ж. И.

Компьютерная верстка: Мамедов З. К.

© Леонов С.В., Ковблюк Н. М., Гольдин П. Е. 2008

© КНЦ, 2008

Отпечатано в ИО Крымского научного центра, объем 1.2
95007, г. Симферополь, проспект академика Вернадского, 2

Хордовые – это только один из более чем 30 типов животных. В современной фауне около 2% видов животных относятся к типу Хордовых (всего на Земле известно около 2 млн. видов животных; среди них 43 тыс. видов хордовых). Однако именно высшие хордовые (позвоночные) и на море и на суше занимают завершающие звенья в цепях питания.

Для описания относительного расположения частей и органов тела животных используются следующие термины, характеризующие плоскости:

- 1) **поперечная**;
- 2) **сагиттальная** – пересекает тело продольно по средней линии от рыла до хвоста, разделяя тело на правую и левую части;
- 3) **фронтальная** – пересекает тело продольно, разделяя тело на спинную и брюшную части. Верхняя поверхность тела называется **дорсальной**, или спинной, нижняя – **вентральной**, или брюшной.

Передний и задний – термины, которые указывают положение органа по отношению к направлению движения животного (считается, что животные двигаются в сторону головы).

Краниальный – расположенный ближе к голове; **каудальный** – расположенный ближе к хвосту. **Медиальный** – расположенный ближе к средней линии; **латеральный** – более удаленный от средней линии. **Проксимальный** – расположенный ближе к месту прикрепления органа; **дистальный** – дальше от места прикрепления.

Основные характерные признаки типа хордовых

1. Наличие осевого скелета в виде хорды, которая может частично или полностью замещаться позвоночным столбом.
2. Нервная система в виде трубки, которая лежит над хордой (у позвоночных дифференцируется на головной и спинной мозг).
3. Передний отдел пищеварительной трубки (глотка) участвует в дыхании (у водных хордовых в глотке расположены сквозные жаберные отверстия, которые открываются наружу; у наземных позвоночных в глотку открываются гортань и евстахиевы трубы).
4. Сердце находится вентрально под пищеварительной трубкой и толкает кровь вперед (у оболочников кровеносная система незамкнута, а у бесчерепных нет сердца).

Признаки, объединяющие хордовых с другими типами

1. Вторичный рот.
2. Вторичная полость тела – целом.
3. Билатеральная симметрия.
4. Метамерное расположение органов.

Некоторые общие понятия и черты организации подтипа позвоночных

Ткани

- Эпителиальная** – эпидермис кожи, выстилка всех трубчатых органов (включая сосуды), железистые клетки во всех железах внешней и внутренней секреции (включая печень и гонады).
- Соединительная** – волокнистая ткань кожи, подслизистый слой трубчатых органов, жировая ткань, кость, хрящ, дентин, волокна (в том числе, эластические), сухожилия и связки, кровь и лимфа.

Мышечная – поперечнополосатые мышцы (скелетные и сердечная), гладкие мышцы внутренних органов.

Нервная – нейроны, нейроглия.

Зародышевые листки и их производные

Эктодерма – эпидермис кожи и его роговые производные, эпителий ротовой полости и ануса или клоаки, эмаль зубов, эпителий носовой полости и внутреннего уха, нервная система, сетчатка глаза, хрусталик глаза, жабры (частично).

Мезодерма – кориум и его костные производные, скелет, мускулатура, стенки грудной и брюшной полостей, брыжейка, оболочка хорды, сердечно-сосудистая система, выделительная система, половая система.

Энтодерма – выстилка пищеварительного тракта; печень, поджелудочная железа; плавательный пузырь; хорда; выстилка трахеи и бронхов; легкие; передняя доля гипофиза; тимус, щитовидная железа, паращитовидные железы

Мускулатура хордовых

Висцеральная, или внутренностная, (**мышцы гладкие**) – во внутренних органах: мышцы кожи, стенки кровеносных сосудов, сердца, кишечника, глотки, выводных протоков мочеполовой системы; в глотке, в анусе и в сердце (миокард) – поперечнополосатые (вторичное изменение).

Париетальная, или соматическая, или скелетная (**мышцы поперечнополосатые**), – в туловище, голове, шее, хвосте и конечностях, а также мышцы глаз и подъязычного аппарата.

Кровеносная система

Кровеносные сосуды: артерии несут кровь *от сердца*; вены несут кровь *к сердцу*. Артериальная кровь насыщена кислородом, венозная насыщена углекислотой и продуктами обмена. По артериям может течь венозная кровь (например, по легочным артериям); по венам – артериальная (например, по легочным венам, пупочной вене млекопитающих).

Артериальный конус – расширение в основании аорты, снабженное поперечнополосатой мускулатурой, имеет систему клапанов, пульсирует (хрящевые, некоторые костные рыбы, амфибии).

Артериальная луковица – внешне напоминает артериальный конус, но состоит из гладкой мускулатуры, клапаны редуцированы, не пульсирует (круглоротые, большинство костных рыб, птицы, млекопитающие).

Воротная система – это сосудистая система, образованная венами, которые распадаются в органах на капилляры, а потом опять собираются в вены. **Воротная система печени** есть у всех позвоночных. Обеспечивает отложение питательных веществ (гликоген) в печени и обезвреживание ядовитых веществ, образующихся при пищеварении и попадающих с пищей. **Воротная система почек** есть у позвоночных (кроме круглоротых и млекопитающих). Капилляры воротной системы почек оплетают почечные канальцы и обеспечивают обратное всасывание из почечных канальцев воды и веществ из венозной крови, поступающей от органов движения (у рыб – от хвоста; у наземных позвоночных – от задних ног). **Воротная система гипофиза** есть у наземных позвоночных – связана с нейросекрецией. **Воротная система надпочечников** есть у змей.

Плавательный пузырь и легкие рыб

Плавательный пузырь рыб – непарный вырост спинной стороны пищевода, канал между пузырьком и пищеводом сохраняется всю жизнь (открытопузырные) или исчезает на ста-

дии личинки (закрытопузырные). Функции: гидростатическая (регуляция плотности тела); барометр; резонатор; орган дыхания.

Лёгкие рыб – исходно парные выросты брюшной стороны пищевода с *ячеистыми* стенками (двоякодышащие, кистеперые), может сохраняться только одно легкое (рогозуб). Функция – дыхание.

Кожа и производные

Состоит из двух слоев: **наружный** – **эпидермис** – многослойный эпителий (образуется из эктодермы). В свою очередь подразделяется на слои: самый нижний слой эпидермиса – **мальпигиев** (ростковый) – из делящихся клеток; верхние слои – **роговые**, в клетках которых накапливается белок кератин. Поверхностный роговой слой слущивается или сбрасывается в результате линьки (ящерицы, змеи). Имеются пигментные клетки. Есть одноклеточные железы; многоклеточные железы появляются только у наземных позвоночных. **Производные эпидермиса**: эмаль плакоидных чешуй (у акул и скатов) и зубов; роговые чешуи рептилий, птиц, млекопитающих; когти и ногти у рептилий, птиц, млекопитающих; перья; волосы; рога половогих. Между клетками эпидермиса обычно хорошо видны межклеточные мостики (протоплазматические связи). По ним происходит циркуляция питательных веществ (кровеносных сосудов в эпидермисе нет).

Между эпидермисом и дермой лежит **базальная мембрана** (бесструктурная основная перепонка), которую совместно выделяют оба слоя кожи.

Внутренний слой – **кориум** (дерма, кутис, собственно кожа) – волокнистая соединительная ткань (образуется из мезодермы), пронизанная кровеносными сосудами и нервными окончаниями. Желез нет, но в кориум могут погружаться железы, образовавшиеся в эпидермисе. Хроматофорные клетки мезодермального происхождения – сильно разветвлённые. **Производные кориума**: дентин плакоидных чешуй и зубов; костные чешуи рыб; покровные кости: костные щиты панциря черепах, панцирь броненосцев, рога оленей, плоские кости мозговой части черепа (например, лобные, теменные).

Окраска обеспечивается: **кровью** – красный гребень петуха; **физической структурой** (особенностями преломления света) – синяя переливчатая окраска перьев у скворцов, грачей, белый цвет перьев и волос – при полном отражении падающих лучей; **пигментами** – оранжевые каротиноиды и птеридины, жёлтый рибофлавин – в хроматофорах, жёлтые, коричневые и чёрные меланины – в меланоцитах. Зелёная окраска попугаев и квакш – **комбинация** жёлтого пигмента и структуры, отражающей синий цвет.

Кожные железы млекопитающих: **сальные** – гроздевидные, стенки из многослойного эпителия, протоки открываются в волосяные сумки, клетки испытывают жировое перерождение, видоизменения – пахучие железы; **потовые** – трубчатые, стенки из однослойного эпителия, протоки открываются на поверхности кожи, клетки секретируют пот, видоизменения – **пахучие** и **млечные** железы (при этом млечные железы вторично гроздевидные, сохраняют трубчатое строение только у однопроходных).

Твердые ткани

Хрящ – соединительная ткань из клеток (хондробласты, хондроциты), коллагеновых и эластиновых волокон в основном веществе. Кровеносных сосудов нет. Питание – диффузией веществ из надхрящницы, а в суставных хрящах (надхрящницы нет) – из синовиальной жидкости. **Гиалиновый (стекловидный) хрящ** – много основного вещества: скелет зародышей, на суставных поверхностях, по ходу воздухоносных путей. **Волокнистый (соединительнотканый)** – коллагеновые волокна упорядочены в пучки: в межпозвоночных дисках, лонном сочленении. **Эластический (сетчатый)** – с эластическими волокнами: в ушной раковине, надгортаннике.

Кость – соединительная ткань из клеток (остеоциты, остеобласты, остеокласты), коллагеновых волокон и минерализованного (сульфаты, сульфаты и карбонаты кальция) основного вещества. Кровеносные сосуды есть. **Грубоволокнистая костная ткань** – волокна не упорядочены: зародыши, в черепных швах, в местах прикрепления сухожилий, у взрослых рыб и амфибий. **Пластинчатая костная ткань** – волокна упорядочены в пластины, которые могут образовывать системы полых цилиндров – остеоны.

Дентин – разновидность костной ткани, лишенной клеток, но имеющей каналцы, в которых проходят отростки клеток (одонтобластов), расположенных в периферическом слое пульпы (плакоидные чешуи, зубы). Закладывается в кориуме. Кровеносных сосудов нет.

Эмаль – самая твёрдая ткань в организме; на 97% состоит из фосфата и карбоната кальция; органического вещества практически нет; после разрушения не восстанавливается (плакоидные чешуи, зубы). Закладывается в эпидермисе. Кровеносных сосудов нет.

Типы чешуй

Плакоидная – пластинка с зубчиком. Состоит из дентина, зубчик сверху покрыт эмалью, внутри полость – пульпа. Могут меняться, регенерировать. Хрящевые рыбы.

Космоидная – костная пластинка, покрытая слоем космина (дентина), в котором есть полости, заполненные мякотью (кровеносными сосудами). Происходит из плакоидных чешуй, слившихся с костной пластинкой; образуется в коже. Латимерия; двоякодышащие.

Ганоидная – костная пластинка, покрытая слоем ганоина (дентина), в котором нет системы полостей с мякотью. Происходит из космоидной чешуи. Чешуи ромбические, соединяются друг с другом сочленениями. Постоянные, смены не происходит. Многоперообразные и панцирничкообразные.

Костная – костная пластинка. Происходит из ганоидной чешуи, утратившей слой ганоина. Черепицеобразно накладываются друг на друга. Постоянные, смены не происходит; растут всю жизнь, при утрате – регенерируют. Бывает: *циклоидная* – с гладким наружным краем (большинства костных); *ктеноидная* – с зубчатым наружным краем (окунеобразные и некоторые другие); *чешуи-жучки* – из настоящей кости (осетрообразные).

Формы хвостового плавника

Протоцеркальный – первично симметричный, спинная и брюшная лопасти симметричны; хорда проходит между ними посередине. У круглоротых, у личинок всех рыб.

Гетероцеркальный – неравнолопастный (несимметричный); задний конец хвоста загнут вверх; брюшная лопасть увеличена. У хрящевых рыб, осетровых.

Гомоцеркальный – равнолопастный (наружно симметричный) Брюшная лопасть увеличена настолько, что по размерам равна изогнутому вверх концу хвоста. У большинства костных рыб.

Дифицеркальный – вторично симметричный. Возникает при редукции части позвоночника, загнутого в гомоцеркальном плавнике в спинную лопасть У костных ганоидов, части двоякодышащих рыб и кистеперых.

Череп

Мозговой череп развивается вокруг головного мозга и органов чувств. В эмбриональном развитии образуется из хрящей: 2 парахордалии, 2 трабекулы, 2 обонятельные капсулы, 2 глазничные пластинки, 2 слуховые капсулы, 2 или больше затылочные дуги.

Различают следующие типы мозгового отдела черепа: **платибазальный** – с широким основанием; мозговая полость располагается между глазницами (круглоротые, акулы, скаты, двоякодышащие, карповые; амфибии; часть рептилий (змеи и амфисбены), млекопитающие (вто-

рично!); **тропобазальный** – с узким основанием; мозговая полость расположена за глазницами (костистые рыбы, рептилии, кроме змей и амфисбен, птицы).

Висцеральный череп развивается вокруг глотки. В эмбриональном развитии образуется из хрящей жаберных дуг: 1) губные хрящи у акул; 2) челюстная дуга (нёбно-квадратный и меккелев хрящ); 3) подъязычная дуга (подвесок, гиод и копула). Далее – 4-7 пар жаберных дуг: 7 у примитивных рыб; 5 – у большинства хрящевых; 4 у костистых рыб (5-я редуцирована).

Типы прикрепления челюстей к мозговому черепу

Протостилия – челюстная и подъязычная дуги независимо друг от друга подвешены связками к мозговому черепу – *гипотетический* исходный тип.

Гиостилия – челюстная дуга крепится к подъязычной дуге (к подвеску), а подъязычная дуга – к мозговому черепу (большинство хрящевых, все костистые рыбы, осетровые - у них подвижна не только нижняя, но и верхняя челюсть).

Амфистилия – челюстная дуга крепится и к мозговому черепу, и к подъязычной дуге (к подвеску); подъязычная дуга тоже крепится к черепу (примитивные акулы и костные ганойды).

Аугостилия – челюстная дуга срастается с мозговым черепом, а подъязычная дуга не крепится к черепу (цельноголовые, двоякодышащие, амфибии, рептилии, птицы, млекопитающие).

Череп амниот

Анапсиды (котилозавры, черепахи) – крыша черепа сплошная (стегальная), как у стегоцефалов. Для жевательной мускулатуры имеется задняя вырезка.

Диапсиды – в черепе имеется 2 височные ямы, ограниченные 2 костными дугами: верхнюю дугу составляют заднелобные и чешуйчатые кости, а нижнюю дугу – скуловые и квадратно-скуловые (но у ящериц квадратно-скуловой кости нет!). Существуют собственно *диапсиды* (гаттерии, крокодилы); *диапсиды с редуцированной нижней дугой* (ящерицы); *диапсиды с редуцированной верхней дугой* (птицы); *диапсиды с редуцированными обеими дугами* (змеи).

Синапсиды (звероящеры, млекопитающие) – в черепе 1 височная яма, ограниченная 1 дугой, состоящей из скуловых, квадратно-скуловых и чешуйчатых костей.

Форма позвонков у позвоночных

Амфицельные – двояковогнутые (рыбы, некоторые амфибии и рептилии). **Процельные** – вогнутые спереди (большинство амфибий и рептилий). **Опистоцельные** – вогнутые сзади (часть амфибий и рептилий). **Гетероцельные** – седлообразные (в шее у птиц). **Платицельные** – плоские (млекопитающие).

Головной мозг и черепномозговые нервы

Передний мозг

Полосатые тела на дне боковых желудочков и в обонятельных долях – выпячивания переднего мозга. **Серое вещество** – на стенках боковых желудочков. **Мантия**, – верх переднего мозга, состоит из белого вещества; у двоякодышащих и амфибий в ней есть немного нейронов (архипаллиум); у рептилий и птиц – серое вещество – зачаток коры; у млекопитающих образуется кора – слой серого вещества на поверхности полушарий: 1) первичная кора – гиппокамп – разрастание того зачатка, который возник у рептилий; 2) вторичная кора (неопаллиум), которая образует борозды.

В области переднего мозга отходят I. Обонятельные нервы – *чувствующие* – связывают клетки эпителия обонятельной капсулы с луковицей – расширением обонятельного тракта – колбовидный вырост в основании полушарий.

Промежуточный мозг

Таламус – **дорсальные и боковые части**. Работает как телефонный коммутатор: в него приходят аксоны большинства сенсорных нейронов, идущих к мозгу; эти импульсы передаются в соответствующие зоны коры. **Гипоталамус** – **вентральная часть**. Главный регулирующий центр вегетативной нервной системы: приходят аксоны сенсорных нейронов всех висцеральных, а также вкусовых и обонятельных рецепторов; выходят импульсы через продолговатый и спинной мозг на эффекторы, кроме того, благодаря высокой концентрации кровеносных сосудов, гипоталамус «следит» за температурой крови, концентрацией метаболитов, гормонов. **Зрительные бугры** – утолщённые стенки промежуточного мозга. **Воронка** – полый вырост на дне промежуточного мозга позади хиазмы. **Гипофиз** – железа внутренней секреции, прилегающая к передней стенке воронки. Это центр вегетативных функций и аффективного поведения. **Теменной, или парietальный орган**, – передний пузыревидный вырост крыши промежуточного мозга – светочувствительный и секреторный (у круглоротых; у птиц и млекопитающих нет светочувствительности). **Пинеальный орган, или эпифиз**, – задний пузыревидный вырост крыши промежуточного мозга – светочувствительный и секреторный (у круглоротых; у других – только железа).

В области промежуточного мозга отходят II. Зрительные нервы – *чувствующие* – от сетчатки глаза к зрительным буграм; имеют хиазму (перекрёст).

Средний мозг

Двухолмие – зрительные доли крыши среднего мозга, где в сером веществе заканчиваются волокна зрительного тракта. У млекопитающих – четверохолмие. Здесь расположены центры зрительных, а у млекопитающих и слуховых рефлексов.

Отходят III. Глазодвигательные и IV. Блоковые нервы. Обе пары – *двигательные*, иннервируют мышцы глаза.

Задний мозг (мозжечок и ствол)

В ходе эволюции увеличивается. Центр координации движений, равновесия, тонуса мышц. Грушевидные клетки Пуркинье собирают импульсы от проприорецепторов мышц, суставов, сухожилий, от вестибулярного аппарата, от моторных центров коры. Работает без участия сознания; но при научении (ходить, плавать, ездить на велосипеде и т.п.) мозжечком управляет кора; после выработки навыка – контроль берёт на себя мозжечок, а кора уже не участвует. **Черепномозговых нервов не даёт.**

Продолговатый мозг

Крыша 4-го желудочка (ромбовидной ямки) образована тонким эпителием и сосудистым сплетением мягкой мозговой оболочки. **Пирамиды** – разрастания белого вещества на дне продолговатого мозга. Серое вещество – в стенках продолговатого мозга.

Отходят: V. Тройничные нервы, смешанные, от боковой поверхности продолговатого мозга; дают 3 ветви – глазничная, верхнечелюстная, нижнечелюстная – к зубам, мышцам челюстной дуги, слизистой рта и к коже передней части головы (лица).

VI. Отводящие нервы – *двигательные* – от дна продолговатого мозга к наружной прямой мышце глаза.

VII. Лицевые нервы – *смешанные* – несколько корешков сливаются в ганглий, от которого идут 4 ветви – глазничная, щёчная, нёбная и подъязычная – к коже головы, слизистой рта и к мышцам подъязычной дуги – отвечают за слюноотделение, мимику, восприятие сладкого, кислого и солёного.

VIII. Слуховые нервы – *чувствующие* – от чувствующего эпителия внутреннего уха (улитка и полукружные каналы); отвечают за слух и равновесие.

- IX. Языкоглоточные нервы** – *смешанные* – идут к слизистой глотки и к мышцам первой жаберной дуги; у наземных иннервируют глотку, её мышцы, вкусовые тельца языка; отвечают за глотание и восприятие горького вкуса.
- X. Блуждающие нервы** – *смешанные* – много корешков от задне-боковой поверхности продолговатого мозга сливаются в ганглий, от которого отходят – 4 жаберные ветви (к слизистой глотки и к мышцам II-V жаберных дуг), 1 внутренностная (к сердцу, ЖКТ, плавательному пузырю, лёгким), 1 боковая (к органам боковой линии). Отвечают за речь, глотание, замедление ритма сердца, стимуляцию перистальтики.
- XI. Добавочные нервы** – *двигательные* – образуется из задних корешков блуждающего нерва, идут к мышцам шеи и плечевого пояса. Есть только у амниот. Отвечают за движения головы.
- XII. Подъязычные нервы** – *двигательные* – от брюшной стенки задней части продолговатого мозга к мышцам языка и к подъязычному аппарату. Есть только у амниот. Отвечают за высовывание языка.

Таким образом, черепно-мозговых нервов 12 пар. Они выходят из черепа через отверстия в его стенках. У низших позвоночных всего 10 пар этих нервов, т. к. ещё не стали самостоятельными XI-XII пары.

Вегетативная нервная система – часть нервной системы, иннервирующая внутренние органы, кожу, гладкую мускулатуру, железы внутренней секреции. Регулирует функции внутренних органов, а также их кровоснабжение и трофику. Включает: **симпатическую нервную систему** – волокна грудного и поясничного отделов спинного мозга, ганглии расположены по сторонам позвоночника (симпатические стволы) и **парасимпатическую** – волокна блуждающего нерва и крестцового отдела спинного мозга, ганглии находятся возле исполнительных органов (сердце, лёгкие, кишка, мочевого пузыря).

Вегетативная нервная система хорошо изучена у млекопитающих, а у других хордовых – почти не изучена. Известно лишь, что у ланцетника разделения на симпатическую и парасимпатическую нервную систему нет; у круглоротых их функции объединены волокнами блуждающего нерва; у акул и костных рыб появляется дифференциация.

Выделительная система

Почки (renes)		
головная	туловищная	тазовая
предпочка	первичная	вторичная
пронефрос	мезонефрос	метанефрос
это собрание нефридиев (почечных канальцев), мерцательные воронки которых открываются в полость тела, а противоположные отверстия – в собирательные канальцы, далее в выводной проток почки.	Часть почечных канальцев имеет одновременно и нефростомы и боуменовы капсулы; другая часть почечных канальцев – только боуменовы капсулы.	Все почечные канальцы без воронок, но с боуменовыми капсулами
Продукты распада идут в нефридий из целома	Продукты распада идут в нефридий из целома и из крови	Продукты распада идут исключительно из крови
Обратное всасывание не происходит	Обратное всасывание происходит в выводных канальцах	Обратное всасывание происходит в самом почечном канальце, а не в выводных канальцах.
Стенки целома близ нефростомов образуют выросты, в которых расположены клубочки артериальных капилляров. В нефридиальных канальцах образуются выросты, охватывающие такие эти выросты – Боуменовы капсулы. Клубочек артериальных капилляров и боуменова капсула образуют мальпигиево тельце.		
У зародышей и личинок позвоночных; черты строения предпочки видны и во взрослом состоянии в мезонефрической почке миног.	У круглоротых и анамний (первичноводных позвоночных).	У амниот (первичноназемных позвоночных)

Азотистые экскреты

Азотистые продукты, подлежащие удалению из организма, образуются при расщеплении белков и нуклеиновых кислот. При разных типах обмена образуются разные вещества, по-разному выводимые из организма: **аммиак** – высоко токсичен, для выведения требует большого количества воды (рыбы, личинки амфибий); **мочевина** – менее токсична и хуже растворима, чем аммиак, также требует большого количества воды для выведения (хрящевые рыбы, амфибии, млекопитающие); **мочевая кислота** – не токсична, слабо растворима в воде – при высокой концентрации выпадает в виде твердого осадка (рептилии, птицы).

Классификация хордовых
(в скобках – количество видов)

Тип Хордовые – Chordata (~ 43000)

Подтип 1. Бесчерепные – Acrania

Класс Головохордовые (ланцетники) – Cephalochordata (~ 30-35).

Подтип 2. Оболочники, или Личиночнохордовые – Tunicata, seu Urochordata

Класс Асцидии – Ascidae (~ 1000).

Класс Сальпы – Salpae (~ 35).

Класс Аппендикулярии – Appendiculariae (~ 60).

Подтип 3. Позвоночные, или Черепные – Vertebrata, seu Craniota

Раздел 1. Бесчелюстные – Agnatha, seu Entobranchiata

Класс Круглоротые – Cyclostomata (42 вида: 24 миног, 18 миксин).

Раздел 2. Челюстноротые – Gnathostomata, seu Ectobranchiata

Первичноводные – Anamnia

Надкласс Рыбы – Pisces

Класс Хрящевые рыбы – Chondrichthyes (~ 600 видов: ~ 250 акул, ~350 скатов, ~ 30 химер).

Класс Костные рыбы – Osteichthyes (~ 20 000).

Надкласс Четвероногие – Tetrapoda, seu Quadrupeda

Класс Земноводные – Amphibia (~ 2500).

Первичноназемные – Amniota

Класс Пресмыкающиеся – Reptilia (~ 6300).

Класс Птицы – Aves (~ 8600).

Класс Млекопитающие, или Звери – Mammalia, seu Theria (~ 4000).

Сравнение некоторых подтаксонов хордовых по признакам

Отличия между подтипами

Подтип 1. Бесчерепные – Acranía	Подтип 2. Оболочники = Личиночнордовые – Tunicata = Urochordata	Подтип 3. Позвоночные = Черепные – Vertebrata = Craniota
Эпидермис – однослойный		Эпидермис многослойный.
Кутикула тонкая из мукополисахаридов.	Кутикула = Туника – толстая студенистая или хрящеподобная оболочка, заселённая клетками. Туницин – полисахарид, близкий к целлюлозе	Кутикулы нет никогда.
Кориум --студенистый слой почти без клеток, но с отд. волокнами.	Кориум входит в состав Мантии == кожно-мускульный мешок: 2-3 слоя продольных/поперечных мышечных пучков в рыхлой соединительной ткани.	Кориум из волокнистой соединительной ткани.
Хряща нет		Хрящ есть
Череп нет		Череп есть
Головной мозг без отделов.	Спинальный ганглий; у личинок – нервная трубка без отделов головного мозга.	Головной мозг из 5 отделов.
Глаз нет		Глаза есть
Миелиновой оболочки аксонов нет		Миелиновая оболочка аксонов есть
Кровеносная система замкнутая	Кровеносная система незамкнутая	Кровеносная система замкнутая
Эритроцитов нет		Эритроциты есть
Лимфатической системы нет		Лимф. система есть
Почек нет		Почки есть

Отличия между разделами позвоночных

	Раздел 1. Бесчелюстные – Agnatha, seu Entobranchiata	Раздел 2. Челюстноротые – Gnathostomata, seu Ectobranchiata
Челюсти	нет	есть
Предротовая воронка	есть	нет
Череп	окруж. мозг снизу и с боков	окр. мозг со всех сторон
Жаберные дуги	цельная жаберная решётка	членистые или отсутствуют
Ноздри и обон. мешки	непарные	парные
Полукружных каналов внутр. уха	1-2	3
Парные конечности	нет	есть
Жабры	энтодермальные	эктодермальные или отсутствуют

Раздел 1. Бесчелюстные – Agnatha, seu Entobranchiata

Класс Круглоротые – Cyclostomata

	П/кл. 1. Миноги	П/кл. 2. Миксины
Спинные плавники	есть	нет
Палочковидные хрящики	есть	нет
Боковые участки черепа	есть	нет
Жаберная решётка	есть	нет
Усики	нет	есть (2 пары)
Глаза	развиты – 3 шт	недоразвиты
Спиральный клапан	есть	нет
Жаберных мешков	7 пар	5-16 пар
Назогипофарингеальный канал	нет	есть
Полукр. каналов во внутр. ухе	2 (оба вертикальные)	1
Сердце	1	1 и 3 дополнительных
Спинальной и брюшной корешки спинного мозга	не соединены	соединены
Метаморфоз	есть (личинка – пескоройка)	нет

Раздел 2. Челюстноротые – Gnathostomata, seu Ectobranchiata

Класс 1. Хрящевые рыбы – Chondrichthyes

Подкласс 1. Акуловые, или Пластинжаберные – Elasmobranchii	Подкласс 2. Химеровые, или Цельноголовые – Holocephali
ростррум есть	рострума нет
кожа покрыта плакоидной чешуёй	кожа голая
затылочных мышечков обычно нет (бывают исключения)	череп соед. с позвоночником при помощи мышечков
тела позвонков есть	тел позвонков нет
рёбра есть	рёбер нет
череп платибазальный	череп тропибазальный
гиостилия	аутогиостилия
брызгальца есть	брызгальцев нет
жаберные щели прикрыты межжаберными перегородками	жаберные щели прикрыты жаберной крышкой
зубы обычно не сливаются в пластинки	зубы слились в зубные пластинки – 2 пары на верхней челюсти и 1 пара на нижней челюсти

Подкласс 1. Акуловые, или пластиножаберные – Elasmobranchii

Надотр. 1. Акулы – Selachomorpha	Надотр. 2. Скаты – Batomorpha
тело торпедообразное	тело уплощено в спинно-брюшном направлении
брызгальце и жаберные щели – по бокам тела	брызгальце – сверху, жаберные щели – снизу
глазное яблоко подвижно	глазное яблоко приращено к орбите глаза
зубы чаще с режущими краями	зубы в виде плотно прилегающих др. к др. призм – обр. «тёрку»
плечевой пояс не связан с позвоночником	плечевой пояс обычно соед. с позвоночником
анальный плавник обычно есть	анального плавника нет

Подклассы Костных рыб

Подкласс 1. Лопастеперые – Sarcopterygii	Подкласс 2. Лучеперые – Actinopterygii
чешуйчатая кость есть	чешуйчатой кости нет
амфи- или аутогиостилия	гиостилия
бывают хоаны	хоан нет
скелет парных плавников с центральной осью	скелет парных плавников без центральной оси
спиральный клапан есть	спирального клапана нет
клоака есть	клоаки нет
лёгкие – 2, вентрально	плавательный пузырь – 1, дорсально

Анамнии и амниоты

Anamnia – Первичноводные (рыбы, амфибии)	Amniota – Первичноназемные (рептилии, птицы, млекопитающие)
Оплодотворение наружное или внутреннее.	Оплодотворение только внутреннее.
Яйцо развивается в воде.	Яйцо развивается в воздушной среде.
Развитие с метаморфозом – есть личинка.	Развитие без метаморфоза – личинки нет.
Оболочка яйца обычно студенистая (исключение – хрящевые рыбы).	Оболочки: толстая белковая (запас воды) + плотные наружные (сохранение формы).
В яйце желтка немного	Желтка много
Дробление полное, но неравномерное	Дробление неполное – только на анимальном полюсе.
Нет зародышевых оболочек.	Есть зародышевые оболочки: -Амнион – внутренняя – выстилает зародыш, т.е. внезародышевую=амниотическую полость изнутри + выделяет амниотическую жидкость; -Серозная – наружная – выстилает амниотическую полость снаружи. -Аллантоис=зародышевый мочевой пузырь – выпячивание задней кишки зародыша – у млекопитающих участвует в образовании плаценты.
Жабры – внутренние или наружные.	Жабры не образуются даже в виде зачатков.
Кожа покрыта слизью и проницаема для воды и газов.	Кожа с ороговевающим эпидермисом – сухая и мало проницаемая для воды и газов.
Защитные образования кожи – чешуи и покровные кости – производные дермы.	Защитные образования кожи – чешуи, когти, перья, волосы – производные эпидермиса.
Жевательная мускулатура не развита.	Жевательная мускулатура хорошо развита.
Грудной клетки нет	Грудная клетка есть
Почки мезонефрические=туловищные	Почки метанефрические=тазовые. Лишь у самцов сохраняется часть мезонефрической почки, становящаяся придатком семенника.
Продолговатый мозг не делает S-образный изгиб в вертикальной плоскости.	Продолговатый мозг делает S-образный изгиб в вертикальной плоскости.
Органы боковой линии есть	Органов боковой линии нет.

СРАВНЕНИЕ КЛАССОВ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ ПО СИСТЕМАМ ОРГАНОВ

Покровы

	Круглоротые	Хрящевые рыбы	Костные рыбы	Амфибии	Рептилии	Птицы	Млекопитающие
Эпидермис	Не ороговеет, покрыт слизью				Ороговеет (в клетках верхнего слоя откладываются зёрна белка кератина), сухой		
Линька	Нет	Нет, за редкими исключениями (скорпена)		Нет	Есть		
Кожные железы	Одноклеточные			Многоклеточные			
Специализированные кожные железы	Слизистые			Слизистые, ядовитые	Пахучие железы	Копчиковая железа	Потовые, сальные, млечные, пахучие
Токсины кожных желез	Низкомолекулярные (стероиды, алакалоиды)	Белковые		Низкомолекулярные (стероиды, алкалоиды)	Нет		
Чешуи	Нет	Плакоидные	Космоидные, ганоидные, костные	Нет	Роговые, но в дерме могут образовываться также и костные пластинки (ящерицы, черепахи, броненосцы)		
Роговые образования	Зубы	Лучи плавников (эластотрихии)	Нет	Когти, половые мозоли на передних лапках самцов, шпоры	Когти, чешуи	Когти, чешуи, перья, чехлы на шпорах, рамфотека (надклювье и подклювье)	Когти, ногти, копыта, чешуи, волосы, роговые чехлы рогов у полорогих
Лимфатические лакуны под кожей	Нет			Есть	Нет	Нет	
Подкожная мускулатура	Нет				Есть		

Скелет

	Круглоротые	Хрящевые рыбы	Костные рыбы	Амфибии	Рептилии	Птицы	Млекопитающие
Ткань	Хрящевая		Костная грубоволокнистая (без остеонов)		Костная тонковолокнистая (есть остеоны)		
Лучи плавников	Хрящевые	Роговые (эластотрихии)	Костные (лепидотрихии)	Нет			
Затылочные мышечки	Нет (есть у химер)			2	1	1	2
Способ соединения челюстей с мозговым отделом	Нет челюстей	Гиостилия (с исключениями)		Аугостилия			
Череп	Платибазальный		Тропибазальный	Платибазальный	Тропибазальный		Платибазальный
Позвонки	Нет	Амфицельные		Амфицельные, процельные, опистоцельные		Гетероцельные (седловидные) в шейном отделе	Платицельные
Отделы позвоночника	Нет	2: туловищный и хвостовой		4: шейный, туловищный, крестцовый, хвостовой	5: шейный, грудной, поясничный, крестцовый и хвостовой.		
Грудная клетка	Нет				Есть (кроме змей)		
Плечевой пояс	--	Лопаточный и коракоидный отделы	Лопатка, коракоид, клейтрум	Лопатка, коракоид, ключица, грудина	Лопатка, коракоид, ключица, грудина	Лопатка, коракоид, ключицы, грудина.	Лопатка, ключица, грудина.
Тазовый пояс	--	Тазовая пластинка		Подвздошные и седалищные кости, лобковые хрящи	Подвздошные, седалищные и лобковые кости		
Дистальные суставы конечностей	Нет			Карпальные и тарзальные	Интеркарпальные и интертарзальные		Карпальные и тарзальные
Количество пальцев	Нет			Обычно 4	Обычно 5	На крыле – 3, на ноге обычно 4	Обычно 5

Пищеварительная система

	Круглоротые	Хрящевые рыбы	Костные рыбы	Амфибии	Рептилии	Птицы	Млекопитающие
Мышцы в языке	Есть	Нет		Есть			
Слюнные железы	Есть	Нет		Есть			
Пищеварительные ферменты в слюне	Есть	--	--	Нет	Есть		
Отделы ЖКТ	Пищевод, недифференцированная кишка в кишке имеется спиральный клапан	Пищевод, желудок, тонкая кишка, толстая кишка со спиральным клапаном прямая кишка	Пищевод, желудок (может отсутствовать), тонкая кишка с пилорическими выростами	Пищевод, желудок, 12-перстная кишка, тонкая кишка, прямая кишка	Пищевод, желудок, 12-перстная кишка, тонкая кишка, слепая кишка, толстая кишка, прямая кишка	Пищевод, желудок, тонкая кишка, 2 слепые кишки, задняя кишка (не дифф. толстая и прямая)	Пищевод, желудок, 12-перстная кишка, тонкая кишка, слепая кишка, толстая кишка, прямая кишка.
Клоака	Нет	Есть	Нет (с искл.)	Есть (у сумчатых и плацентарных млекопитающих – нет)			
Поджелудочная железа	Разбросана островками в стенке кишечника	Самостоятельный орган	Разбросана дольками в брыжейке или печени	Самостоятельный орган			

Дыхательная система

	Круглоротые	Хрящевые рыбы	Костные рыбы	Амфибии	Рептилии	Птицы	Млекопитающие
Жабры	Энтодермальные	Эктодермальные			Нет		
Лёгкие и дыхательные пути	Нет		Нет (есть только у двоякодышащих)	Мешковидные, трахеи есть только у хвостатых, бронхов нет; дыхательная поверхность меньше, чем поверхность тела	Губчатые. Есть трахеи и бронхиальное дерево. Воздушные мешки есть у хамелеонов, некоторых ящериц и змей.	Губчатые. Есть трахеи и бронхиальное дерево (бронхи, вторичные бронхи, парабронхи, бронхиоли). Воздушные мешки – выросты вторичных бронхов	Альвеолярные
Межрёберные мышцы	Нет				Есть		
Голосовые связки	Нет			В гортани		В нижней гортани, которая расположена в месте бифуркации трахеи	В гортани

Кровеносная система

	Круглоротые	Хрящевые рыбы	Костные рыбы	Амфибии	Рептилии	Птицы	Млекопитающие
Сердце	Предсердие и желудочек			2 предсердия и 1 желудочек		2 предсердия и 2 желудочка	
Венозный синус	Есть				Объединен с правым предсердием		
Луковица аорты	Есть	Нет	Есть	Нет		Есть	
Артериальный конус	Нет	Есть	Нет, исключение – кистеперые, двоякодышащие, осетровые, многопёровые, панцирники, амии.	Есть		Нет	
Круги кровообращения	1 (у двоякодышащих - 2)			2			
Дуги аорты	Вторая пара приносящих жаберных артерий (гомолог дуг аорты)			Правая и левая		Только правая	Только левая
Воротная система печени	Есть, образована воротной веной печени (идёт от ЖКТ)			Есть, образована не только воротной веной печени (идёт от ЖКТ), но и брюшной веной (идёт от бедренных вен)		Есть, образована воротной веной печени (идёт от ЖКТ)	
Воротная система почек	Нет	Есть	Есть только в левой почке	Есть		Частично редуцирована	Нет
Селезёнка	Нет	Есть					
Красный костный мозг	Нет			Есть			
Эритроциты	С ядрами						Без ядер

Выделительная система

	Круглоротые	Хрящевые рыбы	Костные рыбы	Амфибии	Рептилии	Птицы	Млекопитающие
Основной продукт азотистого обмена, который экскретируется	Аммиак	Мочевина	Аммиак, мочевины	Аммиак у личинок, мочевины – у взрослых	Мочевая кислота		Мочевина
Почки	Туловищные				Тазовые		
Особенности почечных канальцев	Нет объединения артериальных капилляров (мальпигиевых телец) с почечными канальцами (боуменовыми капсулами)	Есть специальный отдел для реабсорбции мочевины	Не дифференцированы на отделы		Дифференцированы на отделы: проксимальный и дистальный извитые канальцы и промежуточный между ними. В извитых канальцах – секреция мочевины.	Дифференцированы на отделы: проксимальный и дистальный извитые канальцы и петля Генле между ними. В извитых канальцах – секреция мочевины (млек.) или мочевины (птицы), в петле Генле – реабсорбция воды.	
Надпочечники (гуморальная регуляция)	Нет			Есть			
Мочевой пузырь	Нет		Есть			Нет	Есть
Орган выделения избытка NaCl	Нет	Ректальная железа – дорсальный вырост прямой кишки	Клетки в жаберных лепестках	Нет	Солевые железы в орбите глаза (у морских черепах, морских игуан)	Солевые (носовые) железы лежат на лобных костях над глазами, протоки – в ноздри.	Почки, потовые железы, кишечник.

Половая система и развитие

	Круглоротые	Хрящевые рыбы	Костные рыбы	Амфибии	Рептилии	Птицы	Млекопитающие
Гонады	Непарные	Парные		Парные, возле них есть жировые тела с запасом питательных веществ	Парные	Парные, но правый яичник редуцирован	Парные
Половые протоки	Нет	Есть					
Оплодотворение	Наружное	Внутреннее	Наружное, редко - внутреннее			Внутреннее	
Личинка	Есть только у миног (пескоройка)	Нет	Есть	Есть		Нет	
Живорождение	Нет	Встречается у отдельных представителей				Нет	Есть (за исключением утконоса и ехидны)

Нервная система и органы чувств

	Круглоротые	Хрящевые рыбы	Костные рыбы	Амфибии	Рептилии	Птицы	Млекопитающие
Отделы головного мозга	Лежат в одной плоскости	Налегают друг на друга					
Передний отдел	Не разделён на полушария	Разделён на полушария					
Кора полушарий переднего мозга	Нет		Нет (у некоторых развит архипаллиум)	Архипаллиум (первичная кора)	Архипаллиум (первичная кора) и зачаток неопаллиума (новой коры). В коре появились экранные структуры – послойное расположение тел нейронов, аксонов и дендритов.		Архипаллиум и неопаллиум
Перекрёст зрительных нервов (хиазма)	Нет	Есть					
Ноздри	1	2	2, поделена кожным клапаном на переднее (сюда вода входит) и заднее (отсюда вода выходит) отверстия		2, есть хоаны (внутренние ноздри)		
Полукружные каналы во внутреннем ухе	1-2	3					
Улитка	Нет					Есть	
Полость среднего уха	Нет	Нет (имеется <i>брызгальце</i> – предшественник полости среднего уха)			Есть, закрыта снаружи барабанной перепонкой, сообщается с ротовой полостью евстахиевой трубой		
Слуховые косточки в полости среднего уха	Нет				1: стремечко (образуется из подвеска)		3: молоточек, наковальня, стремечко.
Ушная раковина	Нет						Есть
Боковая линия	Есть			Есть у личинок и у водных видов		Нет	
Веки	Нет (глаза закрыты прозрачной кожей)	Есть верхнее и нижнее веки		Есть верхнее и нижнее веки, а также мигательная перепонка (3-е веко)			
Зрение	Восприятие освещённости	Чёрно-белое	Цветное		Цветное у дневных и чёрно-белое у ночных видов	Цветное	Чёрно-белое или цветное
Якобсонов орган	Нет				Есть		Нет

Методические рекомендации к изучению дисциплины
«Зоология позвоночных»
для самостоятельной подготовки студентов-биологов
дневной формы обучения

специальности 6.070400 «биология»
образовательно-квалификационного уровня «бакалавр»
профессионального направления подготовки 0704 «биология»

Составители
Леонов С. В., Ковблюк Н. М., Гольдин П. Е.