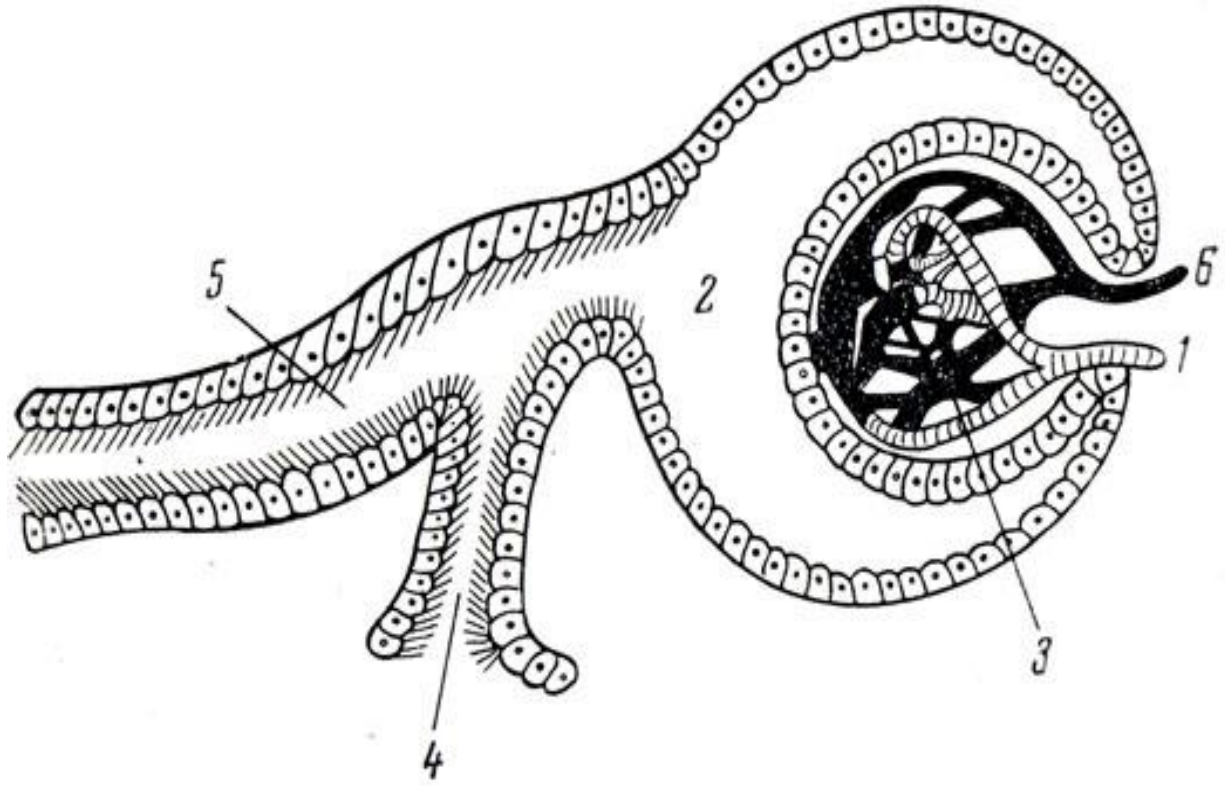
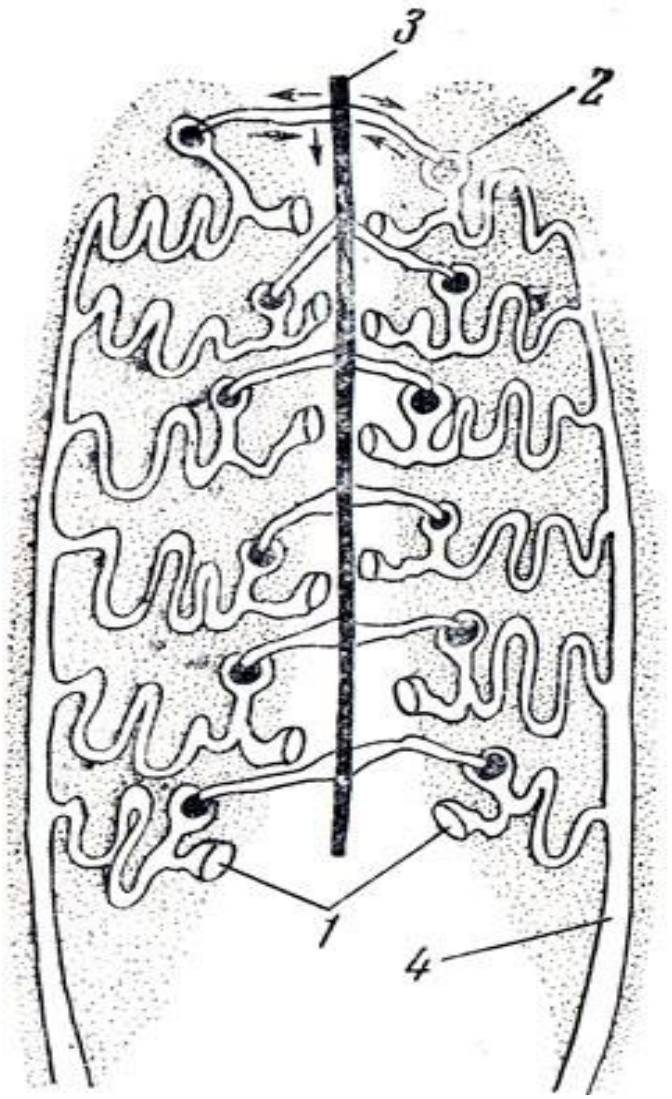
# Выделительная система и осморегуляция рыб.

# Мальпигиево тельце



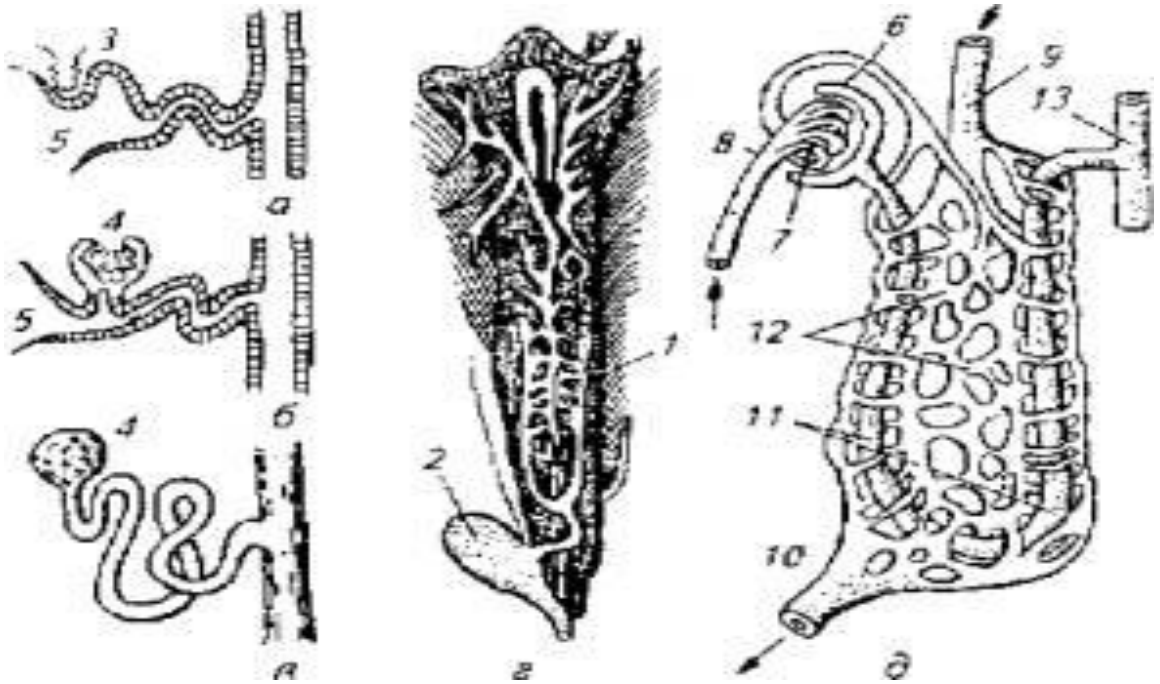

*1 - артерия; 2 - капсула Шумлянского; 3 - клубочек; 4 - воронки; 5 - каналец; 6 - вена*

# Схема строения почек акулы




*1 - нефростома (воронка); 2 - мальпигиевы тельца; 3 - кровеносный сосуд, разветвляющийся в мальпигиевых тельцах на капилляры; 4 - собирающий проток (мочеточник)*

# Макро и микростроение почек




*а- головная почка; б, в, д - туловищная почка; г - почка форели; 7 - мочеточники; 2- мочевой пузырь; 3- наружный клубочек; 4- мальпигиево тельце; 5- воронка; 6- капсула; 7- сосудистый клубочек; 8- спинная аорта; 9- воротная вена почек; 10- почечная вена; 11 - почечные канальцы; 12 - венозные синусоиды; 13 - собирательная трубка*

# Осморегуляция и осморегуляторные приспособления морских и пресноводных рыб

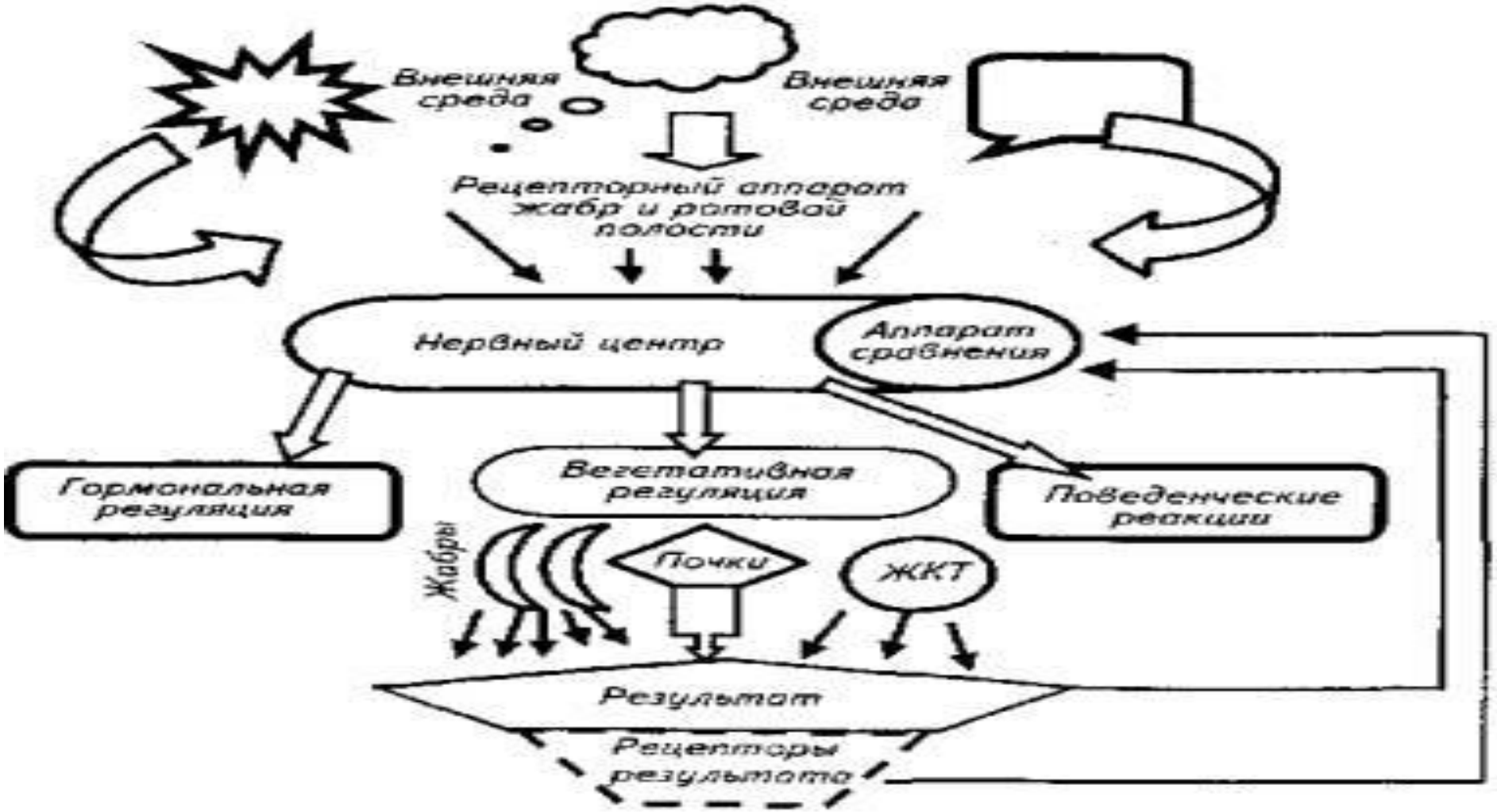
В процессах выделения и водно-солевого обмена кроме почек принимают участие кожа, жаберный эпителий, пищеварительная система.

Вода – существенный компонент живого организма, будучи универсальным растворителем, является средой, обеспечивающей ход биологических процессов на клеточном уровне. Жизненная среда рыб – морские и пресные воды – всегда имеют большее или меньшее количество солей, поэтому осморегуляция является важнейшим условием жизнедеятельности, а осморегуляторные приспособления – специфическим для рыб.

Осмотическое давление водных животных создаётся давлением их полостных жидкостей, давлением крови и соков тела. Определяющая роль в этом процессе принадлежит водно-солевому обмену.

Каждая клетка тела имеет оболочку: она полупроницаема, то есть по-разному проницаема для воды и солей (пропускает воду и соли избирательно). Водно-солевой обмен клеток определяется в первую очередь осмотическим давлением крови и клеток.

# Осморегуляция рыб.Схема функциональной системы осморегуляции рыб



*По уровню осмотического давления внутренней среды по отношению к окружающей воде рыбы образуют несколько групп:*

1) у миксин полостные жидкости изотоничны окружающей среде;

2) у акул и скатов концентрация солей в жидкостях тела и осмотическое давление немного выше, чем в морской воде, или почти равно ему (достигается за счёт разницы солевого состава крови и морской воды и за счёт мочевины);

3) у костистых рыб, как морских, так и пресноводных (как и у более высокоорганизованных позвоночных), осмотическое давление внутри тела не равно осмотическому давлению окружающей воды. У пресноводных оно выше, чем у морских рыб (как и у других позвоночных) – ниже, чем в окружающей среде. У пресноводных рыб осмотическое давление эквивалентно воде солёностью 6…7 ‰, у морских костистых – 7…8 ‰, у акул – до 30‰.

Если в организме поддерживается определённый уровень осмотического давления жидкостей тела, то условия жизнедеятельности клеток становятся более стабильными и организм меньше зависит от колебаний внешней среды. Настоящие рыбы способны сохранять постоянное осмотическое давление крови и лимфы, то есть внутренней среды, поэтому их относят к гомойосмотическим организмам (от греч. «гомойос» - однородный). Но у разных групп рыб эта независимость осмотического давления выражается и достигается по-разному:

1) у морских костистых рыб общее количество солей в крови ниже, чем в морской воде, давление внутренней среды меньше давления внешней, то есть их кровь *гипотонична* по отношению к морской воде;

*Поддержание солевого состава крови и давления на нужном уровне обусловливается деятельностью:* почек, особых клеток стенок почечных канальцев (выделение мочевины), жаберных лепестков (диффузия аммиака, выделение хлоридов), кожных покровов, кишечника, печени.

У морских и пресноводных рыб осморегуляция совершается разными способами: специфическая деятельность почек, различная проницаемость покровов для мочевины, солей и воды, различная деятельность жабр в морской и пресной воде.

У пресноводных рыб (с гипертонической кровью), находящихся в гипотонической среде, разница осмотического давления внутри и вне организма приводит к тому, что вода извне непрерывно поступает внутрь организма – через жабры, кожу и ротовую полость (рис. ). При этом основной приток осмотической воды проходит через легко пропускающий воду жаберный эпителий (около 1 км$^3$ воды в сутки).

# Основные пути движения воды и солей в процессе осморегуляции у пресноводных и морских костистых рыб

- Во избежание чрезмерного обводнения и для сохранения водно-солевого состава и уровня осмотического давления возникает необходимость вывода из организма лишней воды и одновременно удержания солей. В связи с этим *у пресноводных рыб хорошо развиты почки*. Количество мальпигиевых клубочков и почечных канальцев у них велико; мочи они выделяют гораздо больше, чем близкие морские виды. Данные о количестве мочи, выделяемой рыбами в сутки, представлены в таблице.

Количество мочи выделяемое рыбами в сутки в зависимости от вида рыб

# Количество мочи выделяемое рыбами в сутки в зависимости от вида рыб

| Вид рыбы | Количество мочи, мл/кг массы тела |
|---|---|
| **Пресноводные** | |
| Карп | 50…120 |
| Форель | 60…106 |
| Сом карликовый | 154…326 |
| **Морские** | |
| Бычок | 3…23 |
| Морской чёрт | 4…18 |
| **Проходные** | |
| Угорь в пресной воде | 60…150 |
| Угорь в море | 2…4 |

Утрата солей с мочой, экскрементами и через кожу восполняется у пресноводных рыб за счёт получения их с пищей благодаря специализированной деятельности жабр (жабры поглощают из пресной воды ионы Na и Cl) и поглощению солей в почечных канальцах.

**Морские костистые рыбы** (с гипотонической кровью), находящиеся в гипертонической среде, постоянно теряют воду – через кожу, жабры, с мочой, экскрементами. **Предотвращение обезвоживания организма и поддержание осмотического давления** на нужном уровне (то есть ниже, чем в морской воде) достигается тем, что они пьют морскую воду, которая **всасывается через стенки желудка и кишечника, а избыток солей выделяется кишечником и жабрами (угорь и морской бычок-подкаменщик в морской воде ежедневно пьют 50…200 см$^3$ воды на 1 кг массы тела.** При прекращении поступления воды через рот рыба теряет

***Морские рыбы выделяют очень мало мочи*:** в почках у них немного мальпигиевых клубочков, у некоторых их нет совсем и есть только почечные канальцы. **У них уменьшена проницаемость кожи для солей, жабры выделяют наружу ионы Na и Cl.** Железистые клетки стенок канальцев увеличивают выделение мочевины и других продуктов азотистого обмена.

**Таким образом,** у непроходных рыб – только морских или только пресноводных – действует какой-нибудь один, специфический для них способ осморегуляции.

# Регуляция водно-солевого обмена эвригалинных рыб

*Эвригалинные организмы*, то есть выдерживающие значительное колебание солёности, в частности проходные рыбы, проводят часть жизни в море, а часть – в пресной воде. При переходе из одной среды в другую, например во время нерестовых миграций, они переносят большие колебания солёности. Это возможно благодаря тому, что проходные рыбы могут переходить с одного способа осморегуляции на другой. В морской воде у них действует такая же система осморегуляции, как у морских рыб, в пресной – как у пресноводных. В морской воде их кровь *гипотонична*, а в пресной – *гипертонична*.

# Регуляция водно-солевого обмена у проходных рыб

- Их почки, кожа и жабры могут функционировать двояко: почки имеют почечные клубочки с почечными канальцами, как у пресноводных рыб, и только почечные канальцы, как у морских. Жабры снабжены специализированными клетками Кейс-Вильмера, способными поглощать и выделять Na и Cl, тогда как у морских или пресноводных рыб они действуют только в одном направлении. Изменяется и количество таких клеток. При переходе из пресной воды в море в жабрах японского угря возрастает количество клеток, выделяющих хлориды. У речной миноги при подъёме из моря в реки количество мочи, выделяемой в течение суток, увеличивается до 45 % по сравнению с массой тела.
- У некоторых проходных рыб большую роль в регуляции осмотического давления играет слизь, выделяемая кожей.

# Регуляция осмотического давления

- При дефиците кислорода увеличивается объём воды, пропускаемой через дыхательную поверхность, в связи с этим возрастает и напряжённость процессов осморегуляции и, следовательно, временно увеличивается количество воды в организме и масса тела. Особенно заметно оводнение организма у карповых при перевозке рыбы.
- Процессы осморегуляции регулируются нейросекреторной системой: аденогипофиз, урогипофиз, интерреналовая ткань, щитовидная железа и др.