

О. А. Каплунова

## ОБ ОСОБЕННОСТЯХ АРХИТЕКТониКИ ЭКСТРА- И ИНТРАОРГАННЫХ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ ПОЧЕК НЕКОТОРЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ

В связи с тем, что вся деятельность почек направлена на стабилизацию внутренней среды организма, ее интегральной частью является кровеносное русло, которое играет важную роль на всех этапах мочеобразования. В свою очередь, архитектура интраорганых сосудов почек определяется не только особенностями их строения, но и характером расположения экстраорганых сосудов, осуществляющих для почек приток и отток крови. В то же время в литературе не представлены данные о кровоснабжении почек на всех этапах эволюции позвоночных, в частности, у рыб и рептилий, имеются лишь отдельные работы об источниках кровоснабжения почек у некоторых представителей амфибий и птиц (Ярмак, 1958, Бурачинский, 1964, Валишин, 1968, 1974; Wideman et al., 1981). Только в отдельных работах приводятся данные о строении и васкуляризации почек у некоторых представителей млекопитающих (Trueta et al., 1947; Дианова, 1957; Бурачинский, 1978; Casellas, Mimran, 1979; Pfaller, Rittinger, 1980; Beeuwkes Reinier, 1980).

Мы поставили перед собой задачи: изучить источники васкуляризации почек у некоторых представителей рыб, рептилий и особенности их ангиоархитектоники; уточнить особенности ангиоархитектоники почек, в частности, связи перитубулярных капилляров у представителей амфибий, птиц и млекопитающих. Полученные данные у изученных видов пяти классов позвоночных представить в виде схематических рисунков по топографии экстра- и интраорганых сосудов почек.

Нами изучены 118 почек (рыбы — 24, амфибии — 10, рептилии — 44, птицы — 12, млекопитающие — 28). Для выявления кровеносного русла использованы следующие методики: препаровка, инъекция коррозионной и рентгеноконтрастной массами и черной гушью, окраска гистологических срезов. Цифровой материал обрабатывали вариационно-статистическим методом (Монцевичюте-Эрингене, 1964).

Проведенные исследования показали, что у представителей хрящевых (колючая акула — *Squalus acanthias*) и костистых рыб (сазан — *Cyprinus carpio*) источниками васкуляризации гломерулярных почек являются многочисленные мелкие, чаще парные (6—10 пар), межреберные артерии (рис. 1, А). Они берут начало от спинной аорты и располагаются на дорсальной поверхности почек. От каждой межреберной артерии отходят в краниальном и каудальном направлениях 3—6 пар артерий, которые затем погружаются в почечную ткань (рис. 1, Б). В ткани почек артерии дихотомически делятся вплоть до веточек, дающих начало приносящим артериолам клубочков почечных телец. У исследованных представителей хрящевых и костистых рыб клубочки почечных телец находятся, главным образом, в каудальном (мочевом) отделе почки и расположены в почечной ткани равномерно. Выносящие артериолы клубочков почечных телец разветвляются на перитубулярную капиллярную сеть, постепенно формирующую выносящие венозные стволы. Нами установлено, что в краниальных частях почек, состоящих из лимфоидной ткани, а также в каудальных мочевых частях у изученных представителей хрящевых и костистых рыб располагаются широкие, овально-округлые тонкостенные венозные синусы, которые впадают в выносящие вены и выполняют, очевидно, роль депо крови. Диаметр синусов варьирует от 200×300 до 500×900 мкм. Венозная система почек рыб представлена приносящими и выносящими венами. Приносящая (воротная) вена, проникая в почку, несет кровь к перитубулярным капиллярам, куда вливается кровь и из выносящих артериол клубочков почечных телец. Из перитубулярных капилляров формируются задние кардинальные вены, выносящие венозную кровь, и сегментальные вены, впадающие в сегментальные межреберные вены.

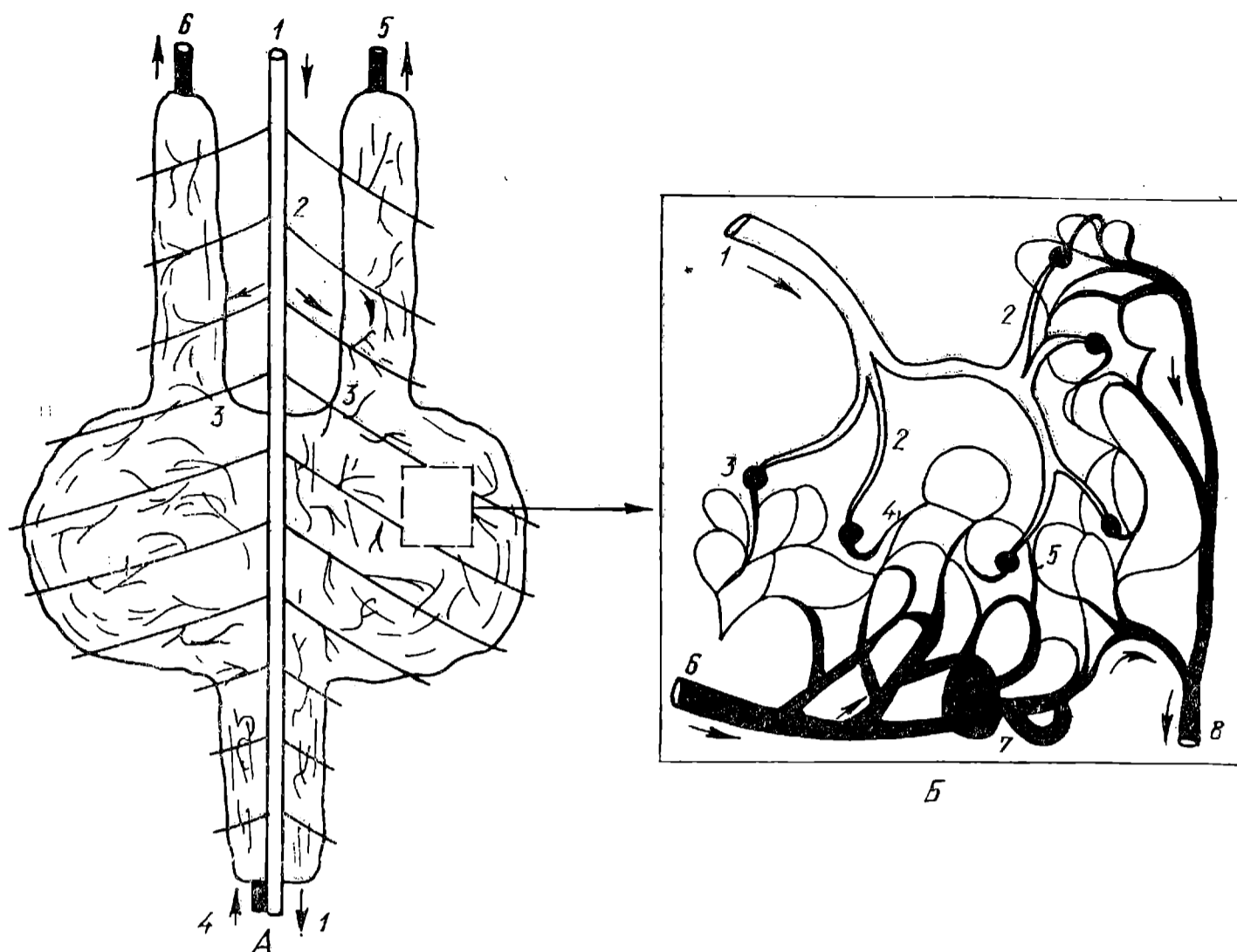


Рис. 1. Топография экстраорганных (А) и интраорганных (Б) сосудов почек сазана (*Cyprinus carpio*):

А: 1 — спинная аорта; 2 — межреберные артерии; 3 — почечные артерии; 4 — воротная вена почки; 5, 6 — задние кардинальные вены. Б: 1 — внутриорганный артерия; 2 — приносящие артериолы клубочков почечных телец; 3 — клубочки почечных телец; 4 — выносящие артериолы клубочков почечных телец; 5 — капилляры перитубулярной сети; 6 — внутриорганный приносящая вена; 7 — венозный синус; 8 — внутриорганный выносящая вена.

У представителей амфибий (лягушка озерная — *Rana ridibunda*) источниками васкуляризации почек служат 6 пар мочеполовых артерий, отходящих от спинной аорты (рис. 2, А). Эти артерии разделяются на вентрально расположенную половую и дорсально идущие почечные артерии.

Исследования показали, что у изученных представителей амфибий почечные артерии имеют следующие топографические особенности. Подойдя к медиальному краю почки, они затем тянутся по ее вентральной поверхности к латеральному краю, располагаясь дорсальнее вен и надпочечников. В области латерального края эти артерии погружаются в ткань почки, где вблизи ее вентральной поверхности рядами располагаются клубочки почечных телец. Однако у изученных представителей амфибий выделить корковое и мозговое вещество в почке не представляется возможным. Выносящие артериолы клубочков почечных телец дают начало перитубулярной капиллярной сети (рис. 2, Б). Это вторичная сеть капилляров синусоидного типа, которая окружает мочевые канальцы со всех сторон. Выносящие артериолы клубочков почечных телец имеют диаметр  $12,49 \pm 0,15$  мкм, а диаметр синусоидальных капилляров вдвое шире —  $25,15 \pm 0,25$  мкм. Как показали наши исследования, у изученных представителей амфибий почечная воротная вена приносит кровь исключительно к межканальцевым капиллярам. Последние переходят в выносящие вены, которые тянутся в поверхностных отделах почки. Выносящие вены в количестве 5—6 соединяются с каудальной полой веной, а мелкие ветви их переходят в задние кардинальные вены (рис. 2, А).

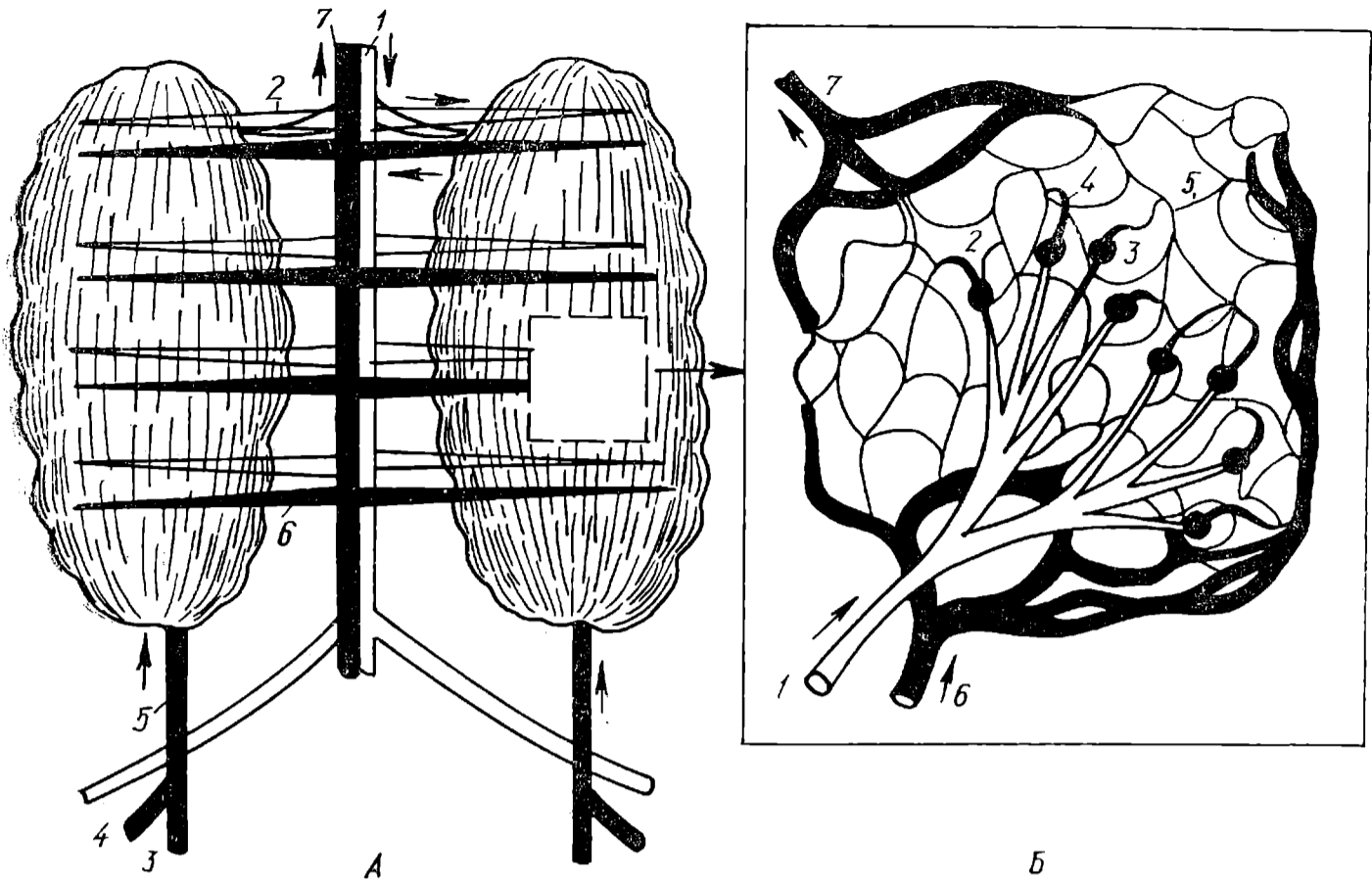


Рис. 2. Топография экстраорганных (А) и интраорганных (Б) сосудов почек озерной лягушки (*Rana ridibunda*):

А: 1 — спинная аорта; 2 — почечные артерии; 3 — седалищная вена; 4 — общая подвздошная вена; 5 — воротная вена почки; 6 — почечные вены; 7 — задняя полая вена. Б: 1 — внутриорганный артерия; 2 — приносящие артериолы клубочков почечных телец; 3 — клубочки почечных телец; 4 — выносящие артериолы клубочков почечных телец; 5 — перитубулярные капилляры; 6 — внутриорганный приносящая вена; 7 — внутриорганный выносящая вена.

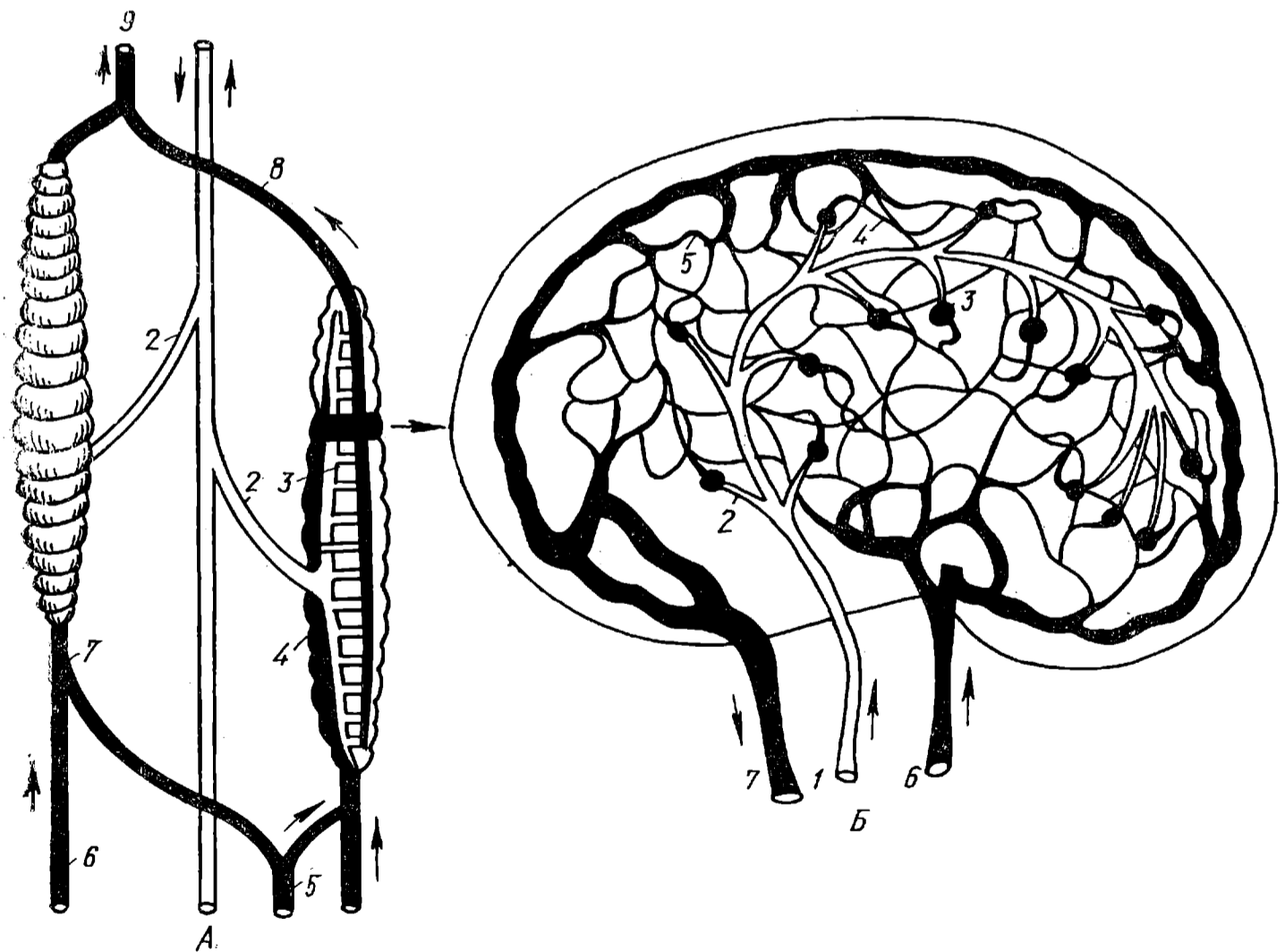


Рис. 3. Топография экстраорганных (А) и интраорганных (Б) сосудов почек сетчатого питона (*Python reticulatus*):

А: 1 — спинная аорта; 2 — почечная артерия; 3 — краниальная ветвь почечной артерии; 4 — каудальная ветвь почечной артерии; 5 — хвостовая вена; 6 — подвздошная вена; 7 — воротная вена почки; 8 — почечная вена; 9 — каудальная полая вена. Б: 1 — внутридольковая артерия; 2 — приносящие артериолы клубочков почечных телец; 3 — клубочки почечных телец; 4 — выносящие артериолы клубочков почечных телец; 5 — перитубулярные капилляры; 6 — внутридольковая приносящая вена; 7 — внутридольковая выносящая вена.

Нами установлено, что у изученных представителей рептилий, а именно, змей (сетчатый питон — *Python reticulatus*, удав — *Boa constrictor*, обыкновенный уж — *Natrix natrix*) к каждой почке направляется по одной почечной артерии, которая затем делится на дорсальной поверхности почки на краниальную и каудальную ветви (рис. 3, А). От последних начинаются внутридольковые артерии, число которых соответствует количеству долек в каждой почке. Так, у питона имеется 26—30 внутридольковых артерий, удава — 12—18, ужа — 19—25. Внутридольковые артерии разветвляются в ткани почечной долики на более мелкие веточки, от которых ответвляются приносящие артериолы клубочков почечных телец.

Исследование гистологических препаратов показало, что в каждой дольке почек у изученных представителей рептилий нет четкого разделения на корковое и мозговое вещество. Клубочки почечных телец располагаются рядами по длиннику долики между периферическими и центральными ее частями (рис. 3, Б). Перитубулярные капилляры, которые являются продолжением выносящих артериол клубочков почечных телец, окружают канальцы и собираются во внутридольковые выносящие вены. Воротная вена лежит на дорсальной поверхности почки латеральнее мочеточников. Ствол ее пересекает почку от каудального конца к краниальному и делится на внутридольковые ветви, из которых большего диаметра — вентральные и меньшего — дорсальные. Внутридольковые приносящие вены, расположенные в центральных частях долек, делятся на тонкие ветви, переходящие в перитубулярную капиллярную сеть (рис. 3, Б). Внутридольковые выносящие вены, обогнув дольку по периферии, подходят к центральной ее части и вливаются во выносящие почечные вены. Эти вены располагаются по дорсальной поверхности почек между почечной артерией (медиально) и мочеточником (латерально). И, наконец, почечная вена, соединяясь с одноименной веной противоположной стороны, образует каудальную полую вену (рис. 3, А).

У прыткой ящерицы (*Lacerta agillis*) и степной черепахи (*Testudo horsfieldi*) кровеносная система почек несколько отличается от таковой у изученных представителей змей. К каждой трех- или четырехдольчатой почке подходят 3—4 почечные артерии, которые ответвляются от спинной аорты или подвздошной артерии (рис. 4, А). Сосудом, приносящим кровь к почкам, является также воротная вена. В перитубулярную капиллярную сеть (рис. 4, Б) вливается кровь из двух источников (почечных артерий и воротной вены) и оттекает в выносящие почечные вены, которые впадают в каудальную полую вену.

У изученных представителей птиц (чайка речная — *Larus ridibundus*), имеющих трехдольчатое строение почек, к каждой дольке направляется артериальный сосуд (рис. 5, А). При этом краниальная почечная артерия ответвляется от спинной аорты или бедренной артерии, средняя и каудальная почечные артерии являются ветвями бедренной или седалищной артерий. Почечные артерии в ткани почки делятся на более мелкие сосуды, конечные ветви которых проникают в центральные отделы почек. От каждой центрально расположенной в дольке внутридольковой артерии отходят 8—10 ветвей к периферии долики. Корковое и мозговое вещество почки разделены нечетко, дугообразные артерии отсутствуют. Клубочки почечных телец располагаются гирляндами, параллельно поверхности долек, посередине между центром и периферией долики. На схематическом рисунке (рис. 5, А) показано, что у птиц все еще сохраняется воротная система почек. Часть крови из почечной воротной вены сразу оттекает в заднюю полую вену, а другая часть протекает через перитубулярную капиллярную сеть в выносящие почечные вены и далее в заднюю полую вену. Это обстоятельство указывает, что у птиц уменьшается значение воротной почечной вены в общем почечном кровотоке.

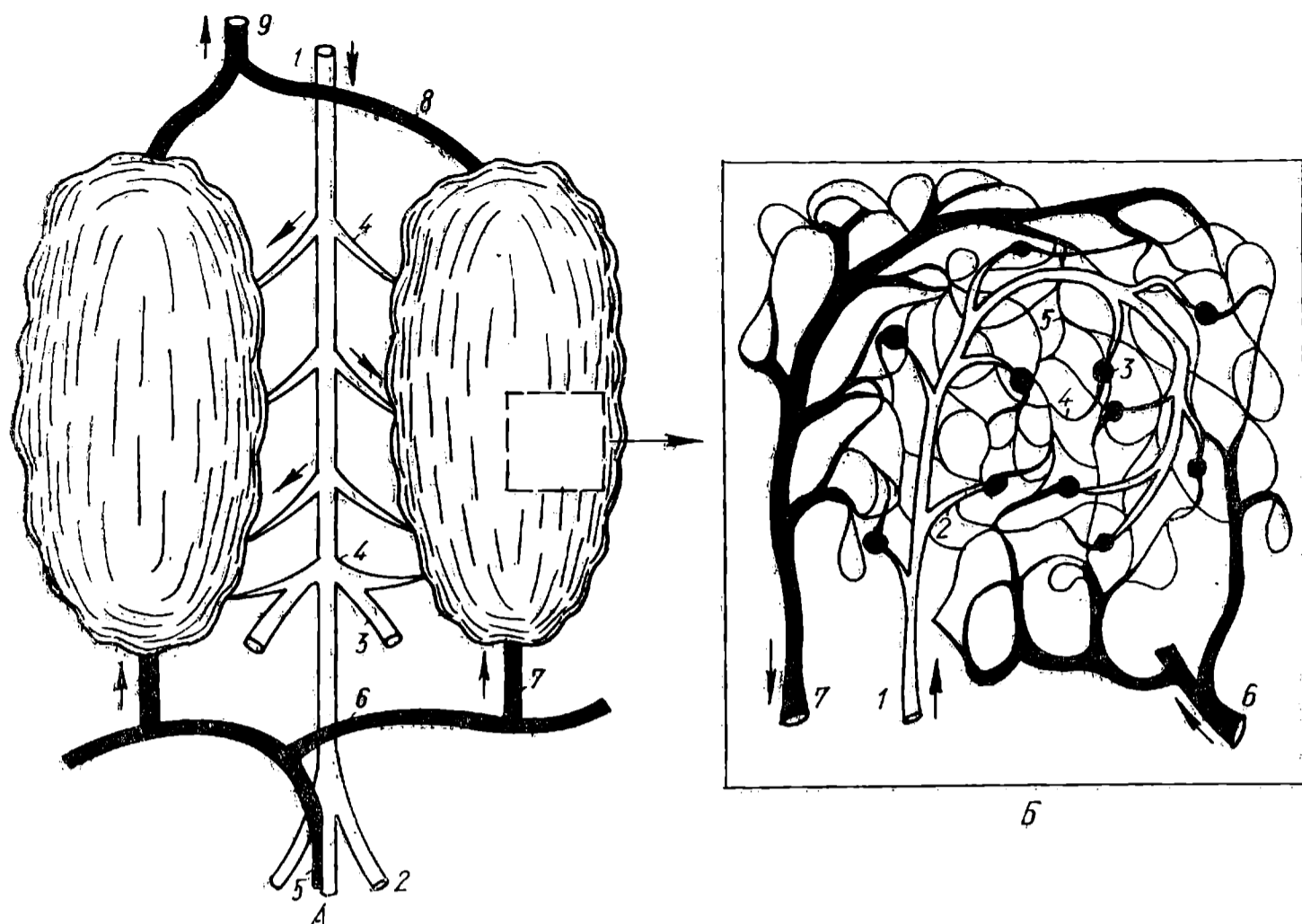


Рис. 4. Топография экстраорганных (А) и интраорганных (Б) сосудов почек прыткой ящерицы (*Lacerta agilis*) и степной черепахи (*Testudo horsfieldi*):

А: 1 — спинная аорта; 2 — бедренная артерия; 3 — подвздошная артерия; 4 — почечная артерия; 5 — хвостовая артерия; 6 — бедренная вена; 7 — воротная вена почки; 8 — почечная вена; 9 — задняя полая вена. Б: 1 — внутридольковая артерия; 2 — приносящие артериолы клубочков почечных телец; 3 — клубочки почечных телец; 4 — выносящие артериолы клубочков почечных телец; 5 — перитубулярные капилляры; 6 — внутридольковая приносящая вена; 7 — внутридольковая выносящая вена.

У изученных представителей млекопитающих обнаружены единичные почечные артерии, каждая из которых ответвляется от аорты; добавочные почечные артерии на изученном материале нами не обнаружены. Установлено, что топография ветвей почечных артерий первого и второго порядков ветвления зависит от типа строения почек. У большинства изученных нами представителей млекопитающих (ондатра — *Ondatra zibethica*, кошка — *Felis domesticus*, шимпанзе — *Pan troglodytes*) с гладкими однососочковыми почками почечные артерии в воротах почек делятся на вентральные и дорсальные ветви первого порядка (рис. 6, А). Е. В. Дианова (1957) и Д. Ф. Ярмак (1958) называют ветви первого порядка в таких почках междольковыми. Принимая во внимание, что гладкие однососочковые почки представляют собой одну долю, мы полагаем, что ветви, проникающие вдоль пирамиды в почечную ткань, лучше именовать пирамидными или просто ветвями второго порядка.

При наличии множественных отдельных почек (рис. 6, В) у дельфина-белобочки (*Delphinus delphis*), множественных слитых почек (рис. 6, Г) у быка (*Bos taurus*) или гладких многососочковых почек (рис. 6, Б) у свиньи (*Sus scrofa*) число ветвей 2 и 3 порядков соответствует числу долек почек. Проведенные исследования показали, что у млекопитающих почечная ткань четко разделена на корковое и мозговое вещество (рис. 7, Б), а в связи с этим несколько изменяется план строения сосудистого русла почек. Появляются дугообразные сосуды; расположенные между корковым и мозговым веществом почек. От дугообразных артерий берут начало как междольковые артерии, снабжающие корковое вещество почек, так и прямые артериолы, направляющиеся в

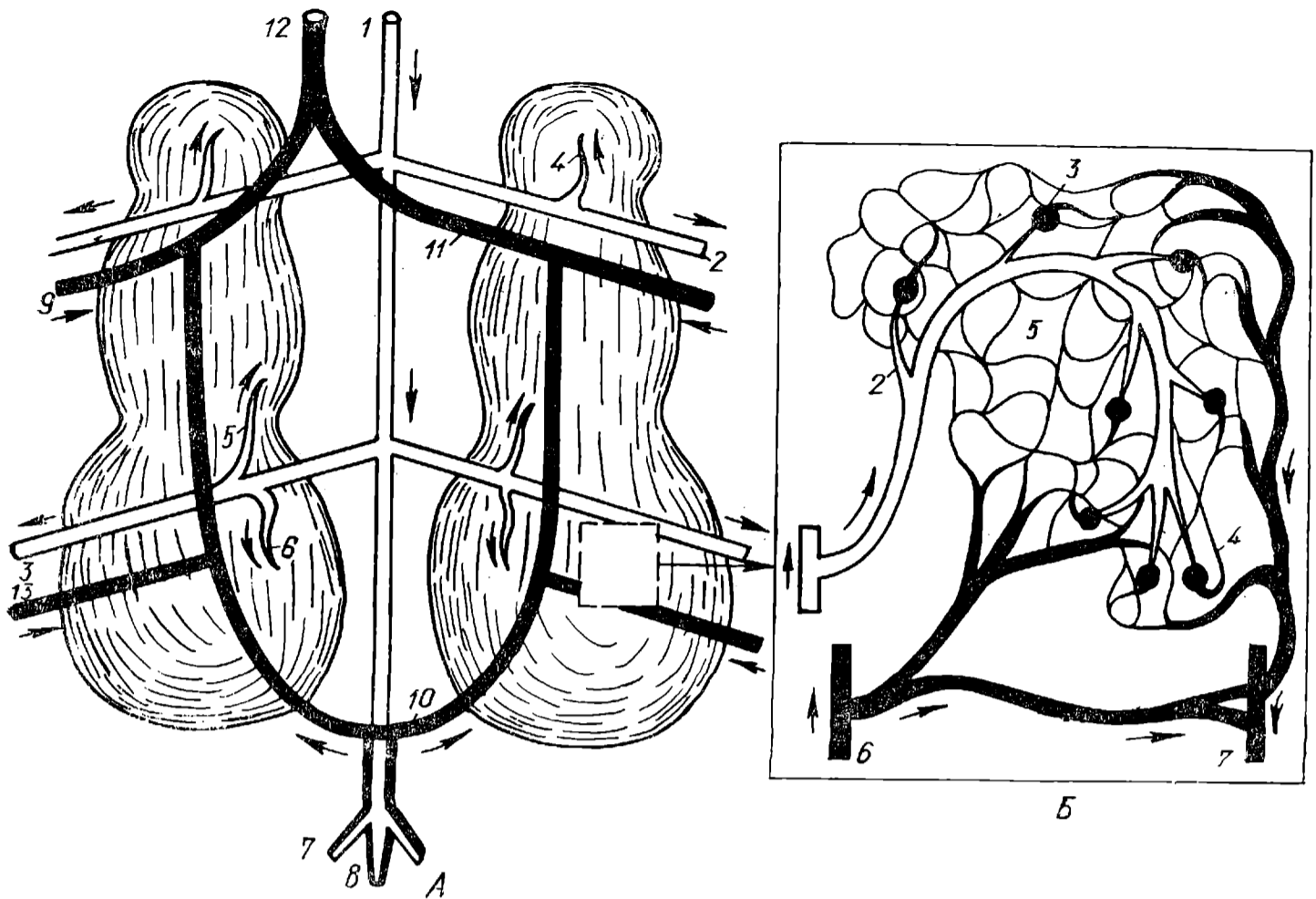


Рис. 5. Топография экстраорганных (А) и интраорганных (Б) сосудов почек речной чайки (*Larus ridibundus*):

А: 1 — спинная аорта; 2 — бедренная артерия; 3 — седалищная артерия; 4 — краниальная почечная артерия; 5 — средняя почечная артерия; 6 — каудальная почечная артерия; 7 — внутренние подвздошные артерия и вена; 8 — хвостовые артерия и вена; 9 — бедренные вены; 10 — воротная вена почки; 11 — почечная вена; 12 — каудальная полая вена; 13 — седалищная вена. Б: 1 — внутридольковая артерия; 2 — приносящие артериолы клубочков почечных телец; 3 — клубочки почечных телец; 4 — выносящие артериолы клубочков почечных телец; 5 — перитубулярные капилляры; 6 — внутридольковая приносящая вена; 7 — внутридольковая выносящая вена.

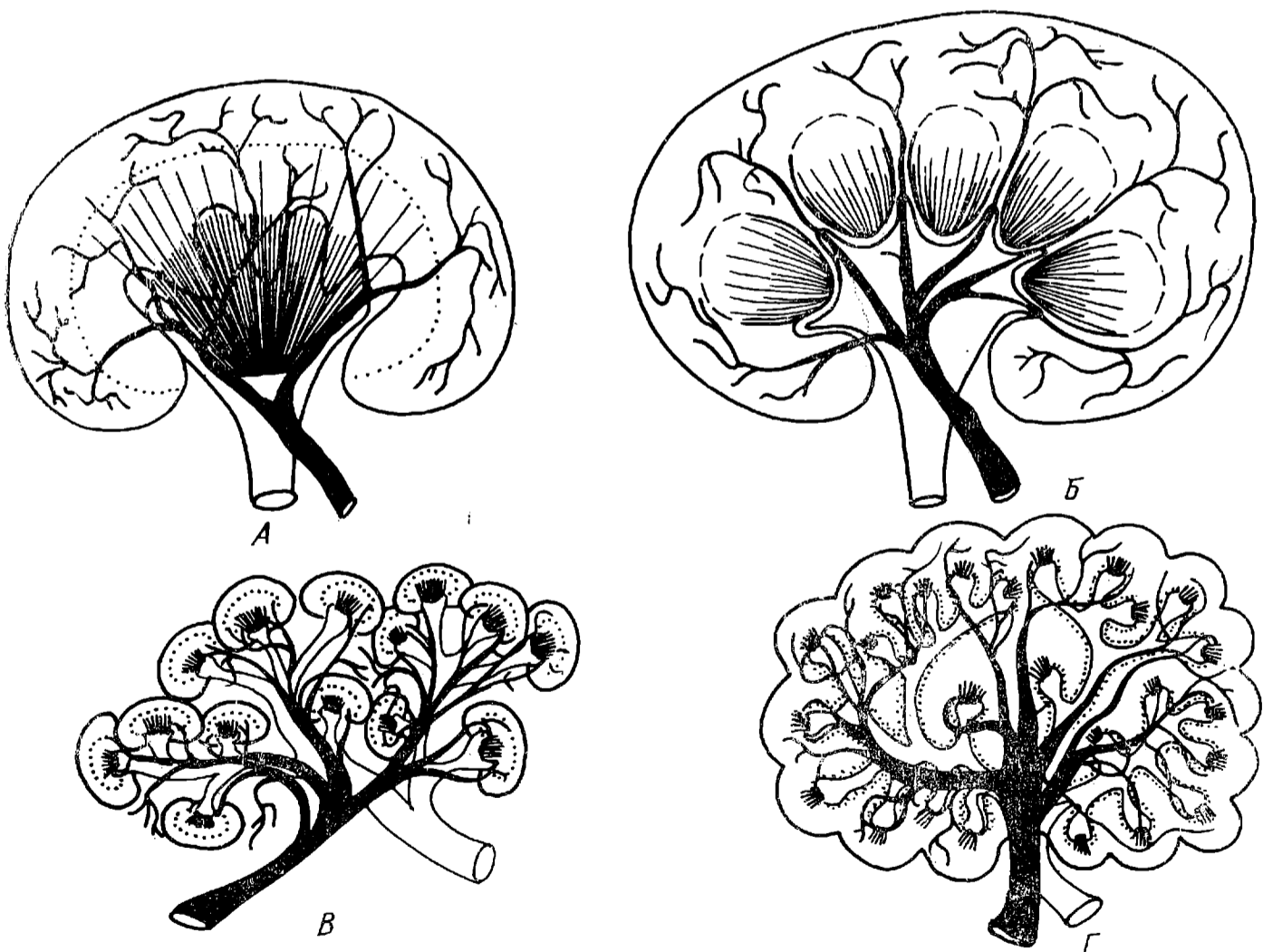


Рис. 6. Схема разветвления почечной артерии (1) до междольковых артерий (2) в различных типах почек млекопитающих:

А — гладкая однососочковая почка шимпанзе (*Pan troglodytes*); Б — гладкая многососочковая почка свиньи (*Sus soroja*); В — множественная раздельная почка дельфина-белобочки (*Delphinus delphis*); Г — множественная слитая почка быка (*Bos taurus*).

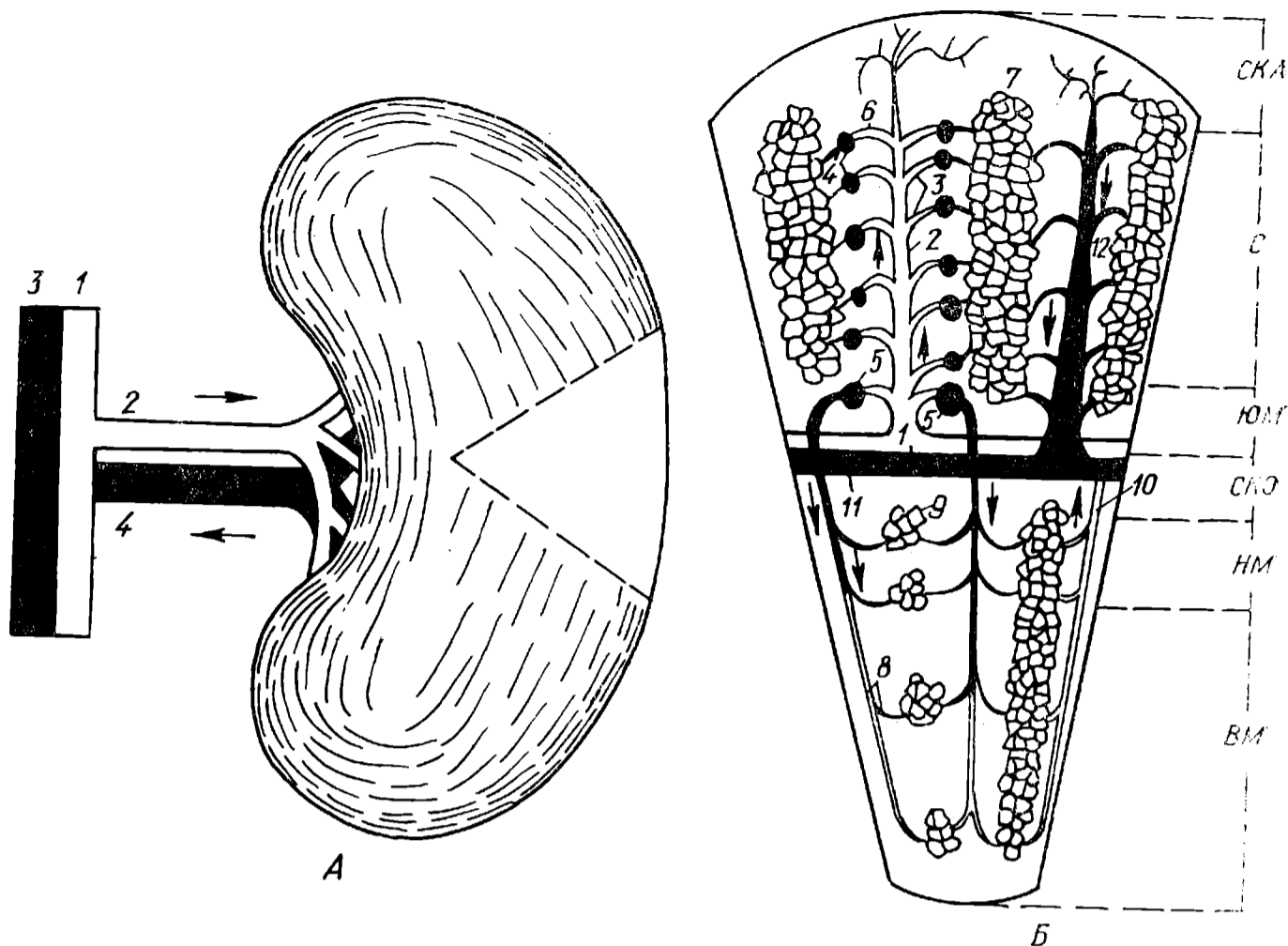


Рис. 7. Топография экстраорганных (А) и интраорганных (Б) сосудов почки ондатры (*Ondatra zibethica*):

А: 1 — аорта; 2 — почечная артерия; 3 — задняя полая вена; 4 — почечная вена. Б: 1 — дугообразная артерия; 2 — междольковая артерия; 3 — приносящие артериолы клубочков почечных телец; 4 — клубочки кортикальных почечных телец; 5 — клубочки юкстамедуллярных почечных телец; 6 — выносящие артериолы клубочков почечных телец; 7 — перитубулярные капилляры коркового вещества; 8 — пучок прямых артериол, 9 — межпучковые капилляры мозгового вещества; 10 — прямые венулы; 11 — дугообразная вена; 12 — междольковая вена; SKA — субкапсулярная зона коркового вещества; С — средняя зона коркового вещества; ЮМ — юкстамедуллярная зона коркового вещества; SKO — субкортикальная зона мозгового вещества; НМ — наружная зона мозгового вещества; ВМ — внутренняя зона мозгового вещества.

мозговое вещество. В почках взрослых млекопитающих не выявляется воротная венозная система. Артериальная кровь, проходя через капиллярную сеть клубочков почечных телец, направляется в перитубулярную сеть капилляров. Последние формируют выносящие венозные стволы, вливающиеся в почечную вену. В почках изученных представителей млекопитающих также имеется укороченный юкстамедуллярный кровоток через проксимальные части междольковых артерий, юкстамедуллярные клубочки и их артериолы, прямые артериолы и венулы мозгового вещества и проксимальные части междольковых вен (рис. 7, Б; 5, 8, 9, 10, 11).

Таким образом, полученные данные дают основание считать, что от низших (рыб, амфибий) к высшим позвоночным (птицы, млекопитающие) уменьшается количество источников васкуляризации почек от множественных до единичных. Отмеченные изменения в воротной венозной системе сопровождаются увеличением в кровеносном русле артериального компонента. Вместе с тем почечная ткань претерпевает дифференцировку на корковое и мозговое вещество, что четко выявляется у млекопитающих. Очевидно, с этой дифференцировкой почечной ткани связано появление у млекопитающих кортикального и юкстамедуллярного путей кровотока.

Бурачинский М. Т. Особенности кровоснабжения мочевых органов у некоторых представителей классов амфибий и птиц // Вопр. коллатерального кровообращения в функционально-анатомическом и клиническом освещении: II темат. конф. — Ивано-Франковск, 1964. — С. 239—241.

- Бурачинский М. Т. О сегментарном распределении почечных артерий у некоторых млекопитающих // Вестн. зоологии.— 1978.— № 4.— С. 73—76.
- Валишин Э. С. Морфология артериального русла амфибий // Пробл. морфологии нейротканевых и сосудистотканевых отношений: Сб. работ по материалам заседания о-ва АГЭ Казан. мед. ин-та.— Казань, 1968.— Вып. 4.— С. 184—189.
- Валишин Э. С. Артериальное русло почек и его терминальные отделы в эмбрио- и филогенезе // Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии.— 1974.— 68, № 7.— С. 54—62.
- Дианова Е. В. Морфологические особенности артерий почек у домашних животных // Строение, кровоснабжение и иннервация внутренних органов.— Волгоград, 1957.— Ч. 2.— С. 102—107.
- Монцевичюте-Эрингене Е. В. Упрощенные математико-статистические методы в медико-исследовательской работе // Патология, физиология, и экспериментальная терапия.— 1964.— 4.— С. 71—78.
- Ярмак Д. Ф. К вопросу об артериальном кровоснабжении долики почки в сравнительно-морфологическом освещении // Сб. науч. тр. ВНОАГЭ.— Винница, 1958.— Т. 18, вып. 2.— С. 76—80.
- Beeukes R. The vascular organization of kidney // Ann. Rev. Physiol.— 1980.— 42.— P. 531—542.
- Casellas D., Mimran A. Agglomerular pathways in intrarenal microvasculature of aged rats // Amer. J. Anat.— 1979.— 156.— N 2.— P. 293—299.
- Pfaller W., Rittinger M. Quantitative morphology of the rat kidney // Int. J. Biochem.— 1980.— 12, N 1/2,— P. 17—22.
- Trueta L., Barclay A. E., Daniel P. M. et al. Studies of the renal circulation // Springfield: Charles Thomas, 1947.— Vol. 3.— 187 p.
- Wideman R. F., Braun E. J., Anderson G. L. Microanatomy of the renal cortex in the domestic fowl // J. Morphol.— 1981.— N 3.— P. 242—267.

Ростовский ордена Дружбы народов  
медицинский институт

Получено 24.12.84

УДК 591.412

В. В. Соколов

## ЗАВИСИМОСТЬ АНГИОАРХИТЕКТониКИ КЛАПАНОВ СЕРДЦА МЛЕКОПИТАЮЩИХ ОТ СТЕПЕНИ АДАПТАЦИИ К ВОДНОЙ СРЕДЕ

В литературе отсутствуют сравнительные данные об ангиоархитектонике клапанов сердца у наземных, полуводных и водных млекопитающих. В тоже время наши данные показали наличие особенностей ангиоархитектоники клапанов сердца, связанных с различными условиями жизни животных, а также таксономических отличий.

Исследования проведены на 43 препаратах сердец от взрослых особей следующих 10 видов 4 отрядов млекопитающих: хищные — белый медведь (*Thalassarctos maritimus* Ph.) — 2, бурый медведь (*Ursus arctos* L.) — 2, амурский тигр (*Felis tigris longipilis* Fitzinger) — 1, африканский лев (*Felis leo* L.) — 3; ластоногие — каспийский тюлень (*Phoca caspica* Gm.) — 20; китообразные — афалина (*Tursiops truncatus* Mont.) — 5, азовка (*Phocaena phocaena* L.) — 5; парнокопытные — бегемот (*Hippopotamus amphibius* L.) — 2, кавказский олень (*Cervus elaphus maral* Gray) — 2; марал (*Cervus elaphus sibiricus* Severtzov) — 1.

Кровеносные сосуды предсердно-желудочковых клапанов наливались водной взвесью черной туши через венечные артерии сердца. Тотальные препараты клапанов с инъекрованными кровеносными сосудами растягивали на пробковых или парафиновых пластинках, фиксировали в 10 %-ном растворе нейтрального формалина, обезвоживали, просветляли в ксилоле или диметилфталате, изучали под стереоскопическим микроскопом, фотографировали при использовании фотонасадки с аппаратом «Зенит Е» и сеткой окулярмикрометра. С помощью последнего, имеющего диоптрийную наводку, измеряли диаметр кровеносных сосудов и их протяженность от основания к свободному краю створок клапана. Для изучения гистотопографии сосудов клапанов использовали срезы толщиной 10—12 мкм, окрашенные по Ван-Гизону или Вергефу.

Установлено, что у полуводных хищных (белый медведь) и парнокопытных (бегемот) в створки предсердно-желудочковых клапанов со-