Обмен веществ

Основные неорганические ионы, содержащиеся в тканях

Ион	Распределение	Некоторые функции
Na^+	Доминирующий катион внеклеточной среды	Основной фактор осмотического давления внеклеточной среды Источник потенциальной энергии для транспорта веществ через клеточную мембрану Создает входной ток в момент возбуждения мембраны
K^+	Доминирующий катион цитоплазмы	Создает осмотическое давление в цитоплазме Обеспечивает потенциал покоя Создает выходной ток в момент реполяризации мембраны
Ca^{2+}	Содержится в клетках в небольших концентрациях	Регулирует экзоцитоз и мышечное сокращение Участвует в «цементировании» клеток между собой Регулирует активность многих ферментов и других клеточных белков Действует как вторичный внутриклеточный посредник
Mg^{2+}	Содержится внутри и вне клетки	Кофактор для многих ферментов (например, АТРаз)
NPO_4^{2-}, NCO_3^{2-}	Содержится внутри и вне клетки	Ограничивают изменения концентрации
Cl^-	Доминирующий анион внеклеточных областей тканей	Противоположный ион по отношению к неорганическим катионам

Состав внеклеточной жидкости у различных животных (концентрация дана в моль*д-1) часть 1 (Schmidt-Nielsen, Mackay, 1972; Prosser, 1973)

	Место обитания [1]	Милли-осмоли	$[Na^+]$	$[K^+]$	$[Ca^{2+}]$	$[Mg^{2+}]$	$[Cl^-]$	$[SO_4^{2-}]$	$[HPO_4^{2-}]$	Мочевина
Морская вода [2]		1000	460	10,0	10,0	53,0	54,0	27,0	–	–
Кишечнополостные	МВ	–	454	10,2	9,7	51,0	554	14,6	–	–
Aurelia (сцифоидная медуза)										
Иглокожие	МВ	–	428	9,5	11,7	49,2	487	26,7	–	–
Asterias (морская звезда)										
Кольчатые черви										
Arenicola (пескожил	МВ	–	459	10,1	10,0	52,4	537	24,4	–	–
Lumbricus (дождевой червь)	Наземн.	–	76	4,0	2,9	–	43	–	–	–
Моллюски										
Arlysia (морской заяц)	МВ	–	492	9,7	13,3	49	543	28,2	–	–
Loligo (кальмар)	МВ	–	419	20,6	11,3	51,6	522	6,9	–	–
Anodonta (беззубка)	МВ	–	15,6	0,49	8,4	0,19	11,7	0,73	–	–
Ракообразные										
Cambarus (речной рак)	ПВ	–	146	3,9	8,1	4,3	139	–	–	–
Homarus (омар)	МВ	–	472	10,0	15,6	6,7	470	–	–	–
Насекомые										
Locusta (саранча)	Наземн.	–	60	12	17	25	–	–	–	–
Periplaneta (таракан)	Наземн.	–	161	7,9	4,0	5,6	144	–	–	–
Круглоротые										
Ertatreus (миксина)	МВ	1002	544	6,8	8,8	23,4	532	1,7	2,1	3
Lampetra (речная проходная минога)	ПВ	248	120	3,2	1,9	2,1	96	27	–	0,4

Состав внеклеточной жидкости у различных животных (концентрация дана в моль*д-1) часть 2

	Место обитания [1]	Милли-осмоли	$[Na^+]$	$[K^+]$	$[Ca^{2+}]$	$[Mg^{2+}]$	$[Cl^-]$	$[SO_4^{2-}]$	$[HPO_4^{2-}]$	Мочевина
Хрящевые рыбы										
Колючая акула	МВ	1075	269	4,3	3,2	1,1	258	1	1,1	376
Carcharhinus (настоящая серая акула)	ПВ	–	200	8	3	2	180	0,5	4,0	132
Целакантообразные										
Латимерия	МВ	–	181	51,3	6,9	28,7	199	–	–	355
Костистые рыбы										
Paralichthya (камбалообразная)	МВ	337	180	4	3	1	160	0,2	–	–
Carassius (серебряный карась)	МВ	293	142	2	6	3	107	–	–	–
Земноводные										
Rana esculenta (прудовая лягушка)	ПВ	210	92	3	2,3	1,6	70	–	–	2
Rana cancrivora	ПВ	290	125	9	–	–	98	–	–	40
(крабоядная лягушка)	80% МВ	830	252	14	–	–	277	–	–	350
Пресмыкающиеся										
Аллигатор	ПВ	278	140	3,6	5,1	3,0	111	–	–	–
Птицы										
Anas (утка)	ПВ	294	138	3,1	2,4	–	103	–	1,6	–
Млекопитающие										
Человек	Наземн.	–	142	4,0	5,0	2,0	104	1	2	–
Лабораторная крыса	Наземн.	–	145	6,2	3,1	1,6	116	–	–	–

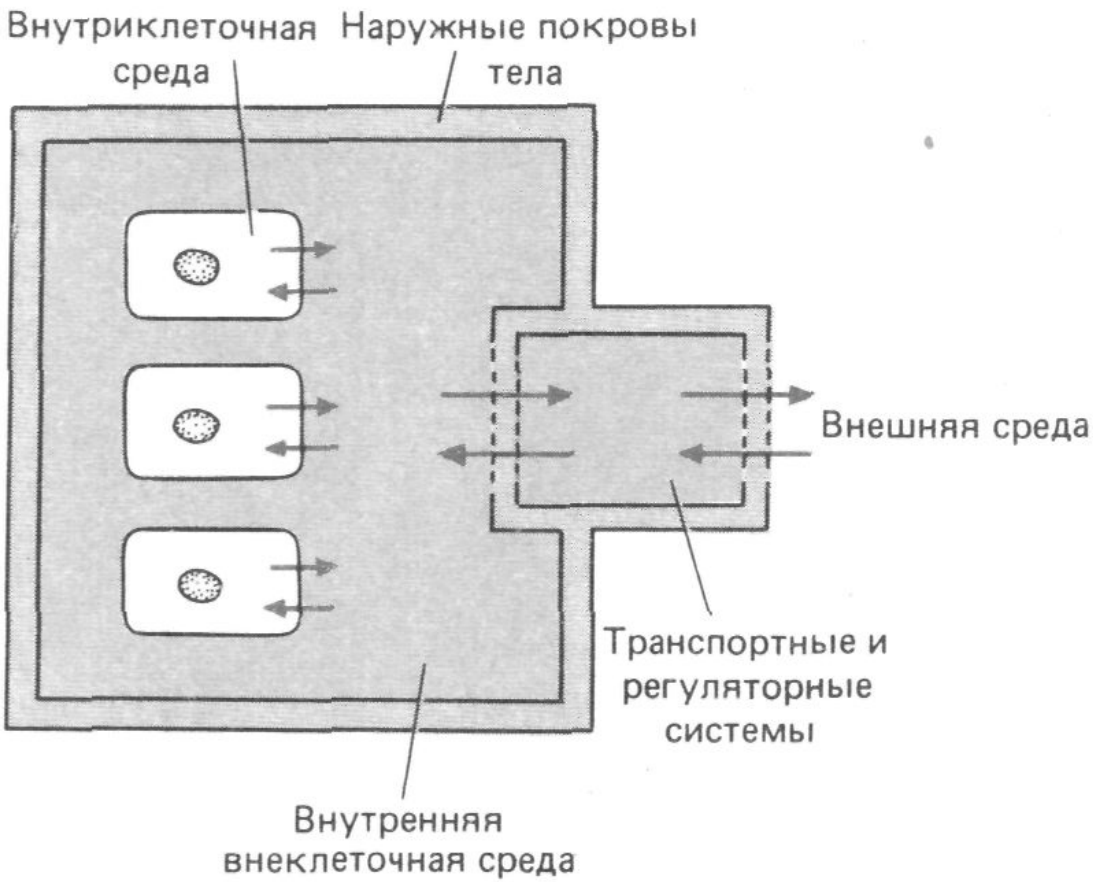
[1] МВ – морская вода; ПВ – пресная вода; Наземн. – наземный образ жизни.

[2] Величины осмотической концентрации осмолярности и состава морской воды колеблются, и приведенные здесь значения не претендуют на абсолютную точность. Состав жидких сред осмоконформирующих животных тоже колеблется в зависимости от состава морской воды, в которой производились измерения.

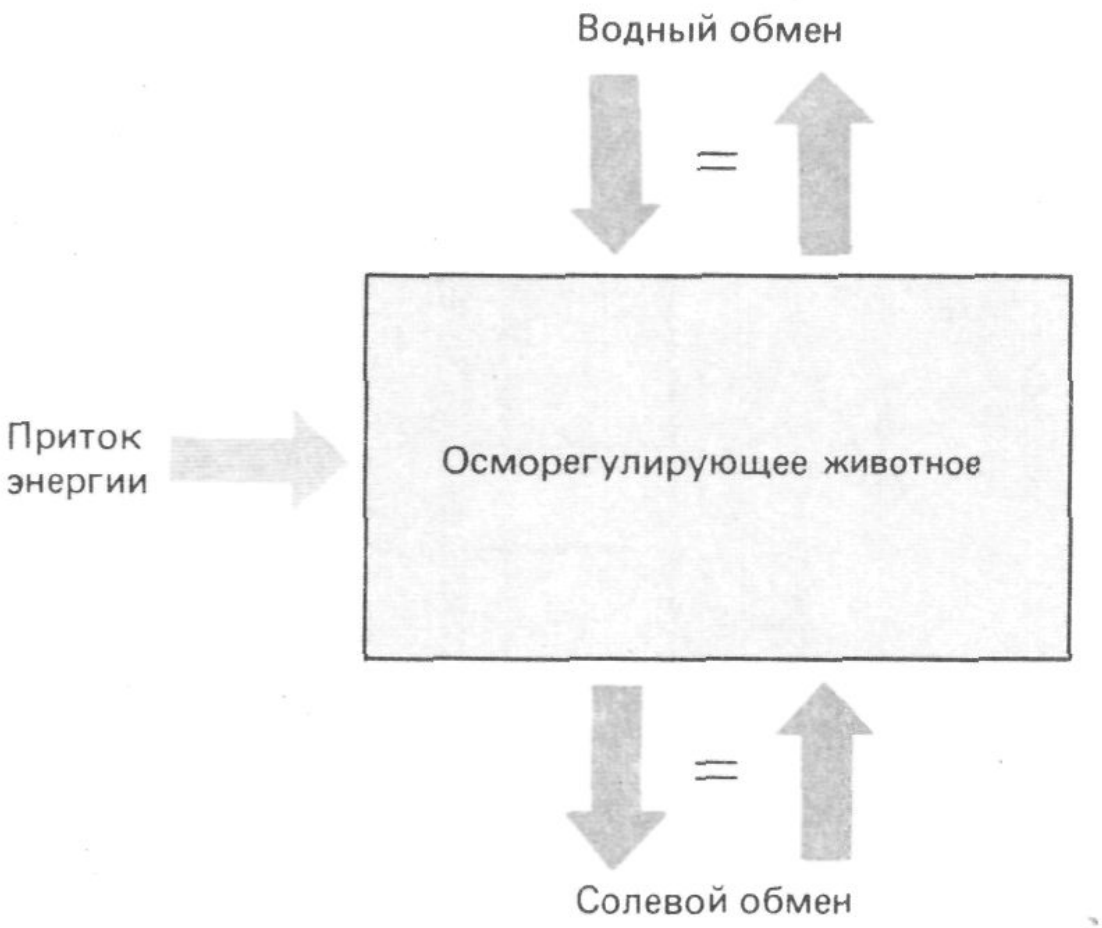
Состав электролитов в жидких средах человеческого организма

Электролит	Сыворотка, мэкв/кг H_2O	Тканевая жидкость, мэкв/кг H_2O	Внутриклеточная жидкость (в мышцах), мэкв/кг H_2O
Катионы			
Na^+	142	145	10
K^+	4	4	156
Ca^{2+}	5	–	3
Mg^{2+}	2	–	26
Итого	153	149	195
Анионы			
Cl^-	104	114	2
HCO_3^-	27	31	8
HPO_4^{2-}	2	–	95
SO_4^{2-}	1	–	20
Органические кислоты	6	–	–
Белок	13	–	55
Итого	153	145	180

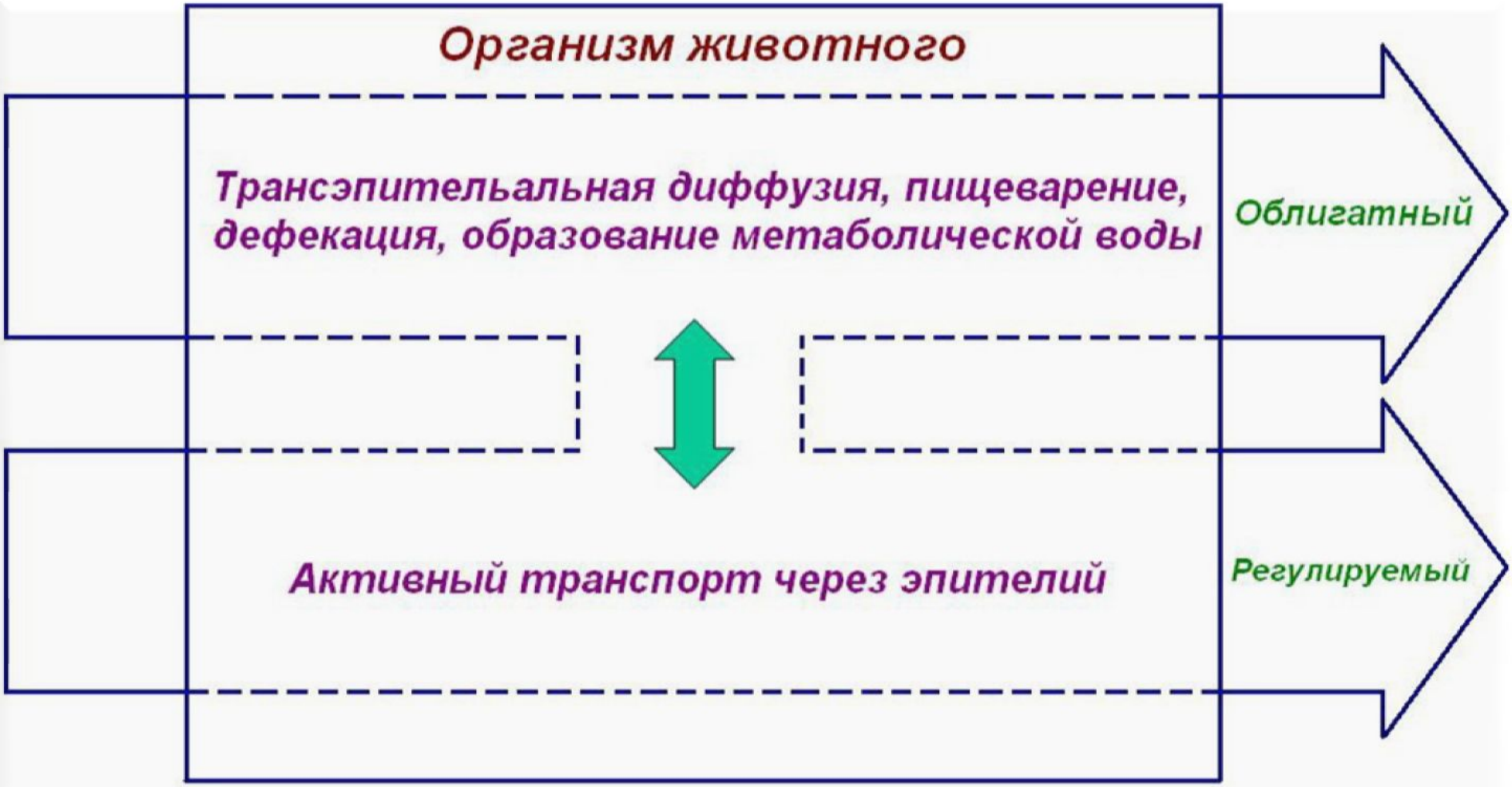
Примечание. Некоторые ионы, содержащиеся внутри клетки, не распределены свободным образом по цитоплазме. Часть из них может задерживаться в цитоплазматических органеллах. Поэтому истинная концентрация Ca^{2+} в цитоплазме скорее всего составит менее 10-6 мэкв/кг H_2O, а не ту общую величину, которая дана в таблице. Отсутствие совпадения между итоговым содержанием анионов и катионов отражает неполноту проведенного расчета.



Регуляторные системы наиболее развитых групп животных действуют как буфер между внутренней и внешней средой. Клетки и ткани этих животных защищены от сильных колебаний условий внешней среды, в частности экстремальных осмотических воздействий, поскольку состав внутренних внеклеточных жидких сред меняется в узких пределах.



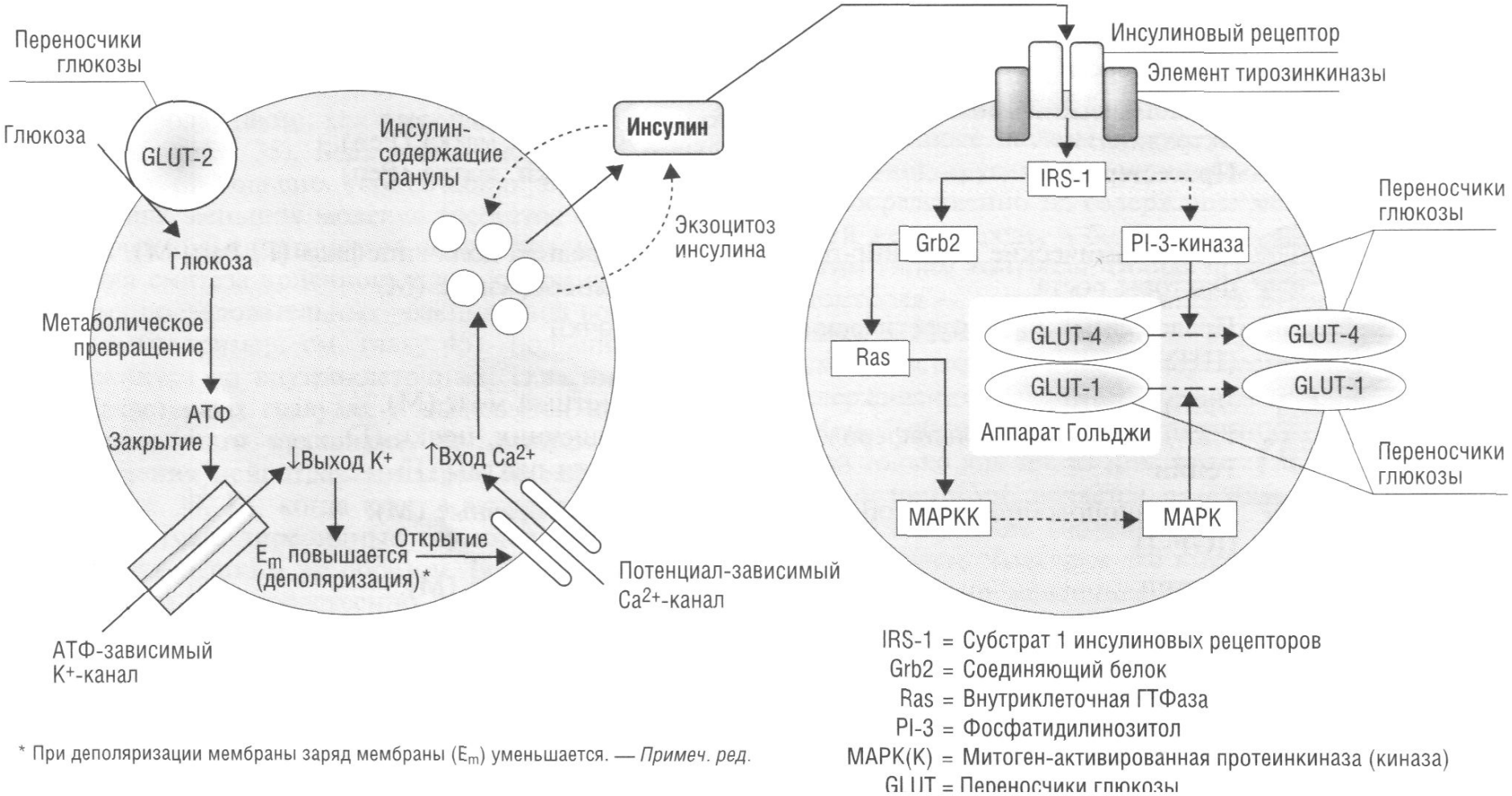
У животных - строгих осморегуляторов - концентрация соли и воды внутри организма поддерживается относительно постоянной несмотря на изменение данных показателей во внешней среде. Для этого необходимо, чтобы величина притока и оттока воды и солей была одинаковой на протяжении длительного времени. Такой осмотический гомеостаз поддерживается за счет метаболической энергии.


Организм животного
Трансэпительальная диффузия, пищеварение, дефекация, образование метаболической воды
Облигатный
Активный транспорт через эпителий
Регулируемый

Контроль содержания глюкозы в плазме инсулином и глюкагоном

Вызванное глюкозой высвобождение инсулина из панкреатических В-клеток

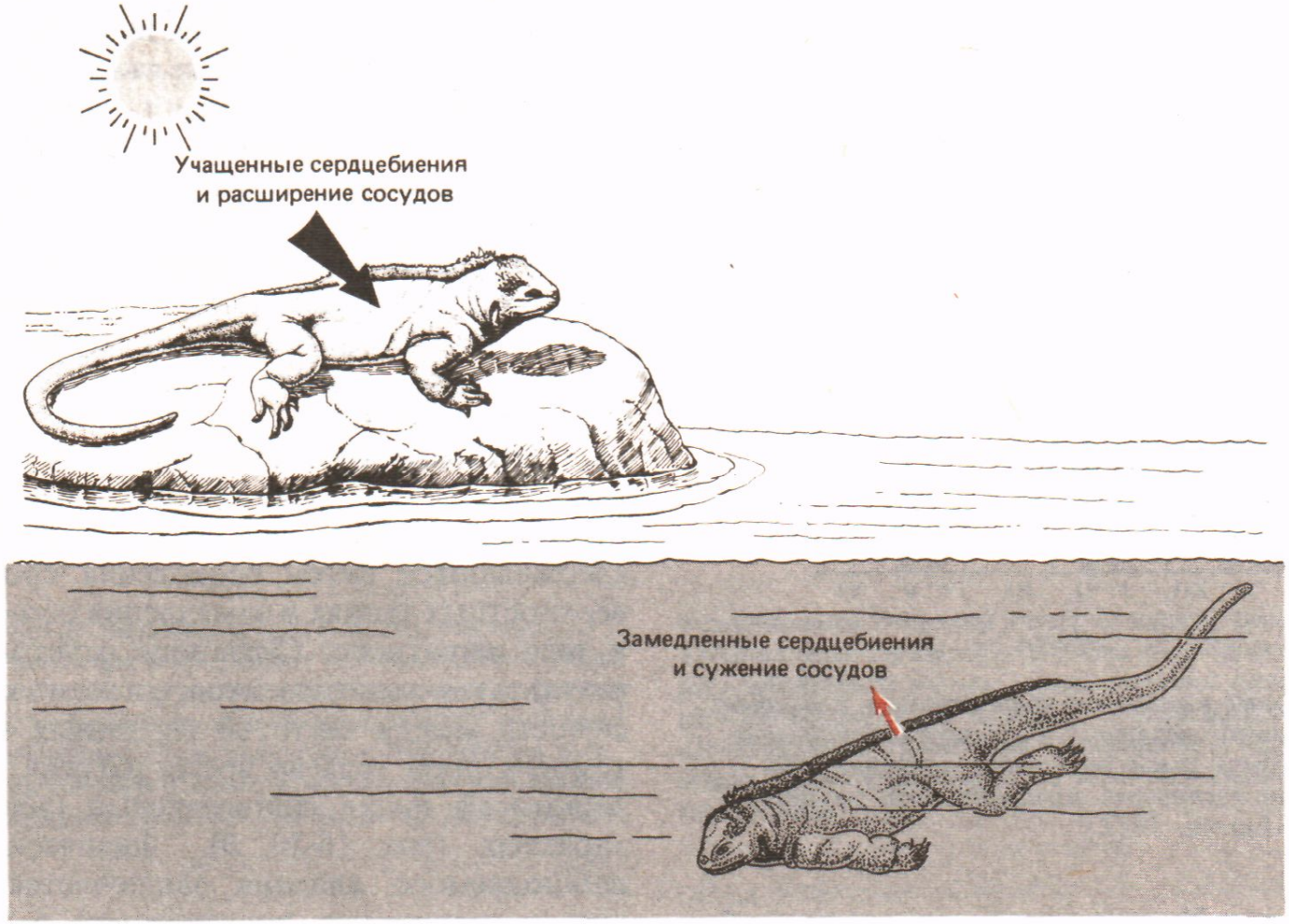
Инсулин стимулирует перемещение переносчиков глюкозы к мембране клеток-мишеней



IRS-1 = Субстрат 1 инсулиновых рецепторов
Grb2 = Соединяющий белок
Ras = Внутриклеточная ГТФаза
PI-3 = Фосфатидилинозитол
MAPK(K) = Митоген-активированная протеинкиназа (киназа)
GLUT = Переносчики глюкозы

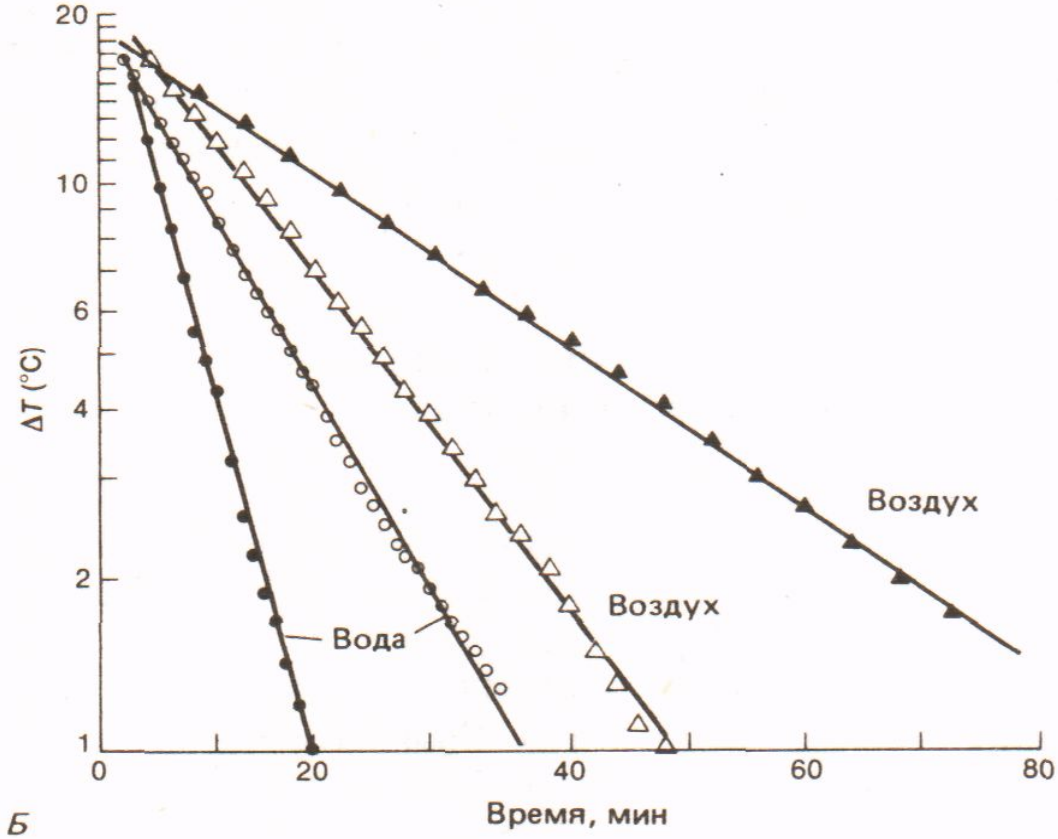
* При деполяризации мембраны заряд мембраны (E_m) уменьшается. — *Примеч. ред.*

Терморегуляция

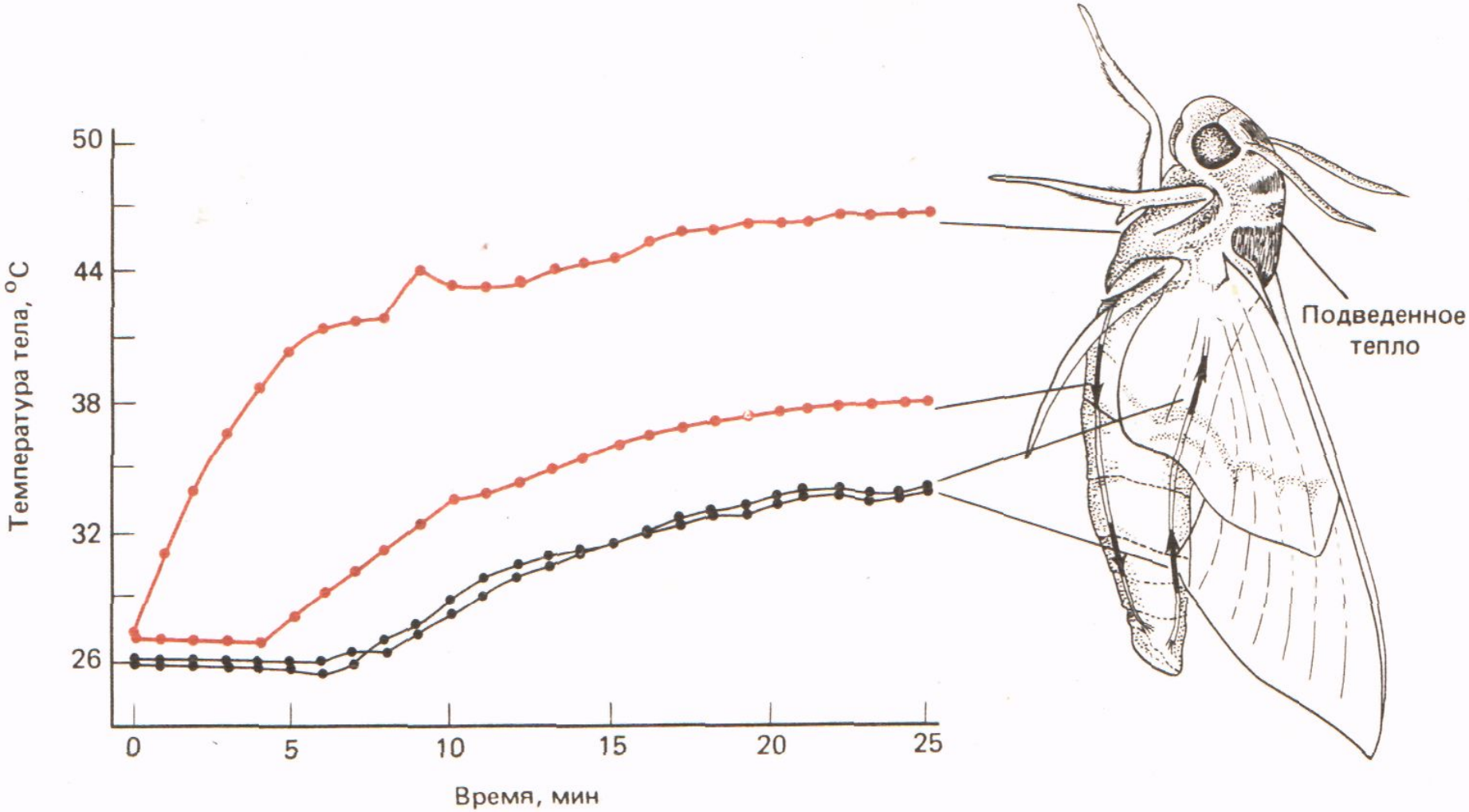


А

Различие в процессе нагревания и охлаждения у галапагосской морской игуаны. Греясь на суше, игуана поглощает солнечное тепло. Расширение кровеносных сосудов в коже и учащение сердцебиений обеспечивают достаточную циркуляцию и нагревание крови, а следовательно, быстрое распределение тепла по всему организму. Под водой потери тепла сдерживаются за счет максимального ослабления кожного кровотока.



Различие в процессе нагревания и охлаждения у галапагосской морской игуаны.
Б. Разница между температурой тела и температурой окружающей среды (АТ) дана в зависимости от продолжительности нагрева (черные линии) или охлаждения (цветные линии) тела игуаны в воде и на воздухе. В период нагревания температура внешней среды была равна 40° С, в период охлаждения снижалась до 20°С.
В. Петля гистерезиса, отражающая зависимость между частотой сердцебиений и температурой тела во время нагревания с последующим охлаждением в воде. При нагревании тела игуаны частота сердцебиений круто возрастала, но во время охлаждения еще более стремительно падала (Bartholomew, Lasiewski, 1965.)



Регуляция температуры у неподвижной бабочки-бражника Manduca sexta во время 25-минутного подведения внешнего тепла к груди (цветная область). Температура груди поднимается круто с момента начала нагревания. Когда она достигает около 39° С, кровоток, поступающий из грудного отдела в брюшко, начинает нагревать последнее. Одновременно холодная кровь из брюшка поступает по спинному сосуду в грудь, о чем свидетельствует замедление нагревания этой области тела. (Heinrich, 1974.)

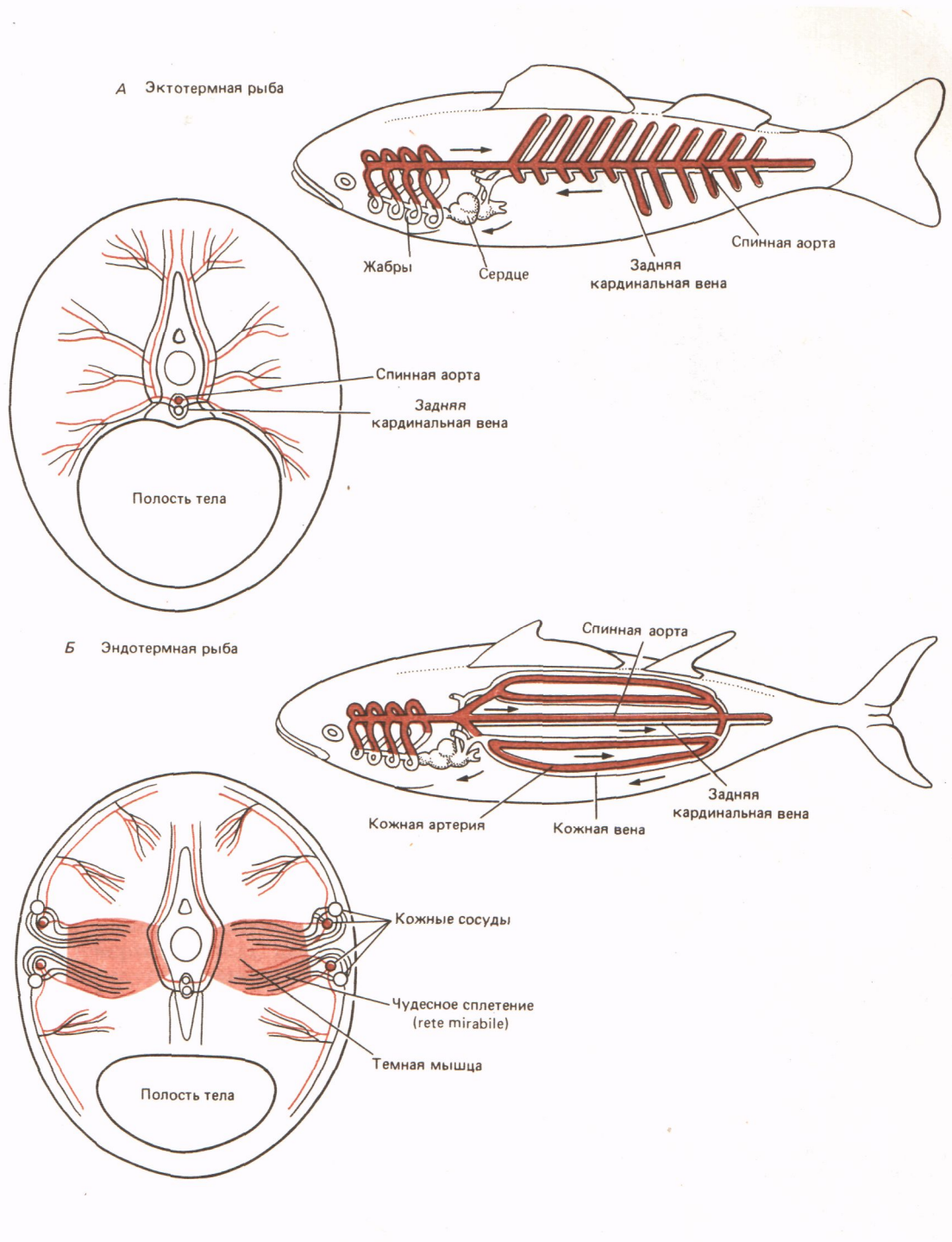
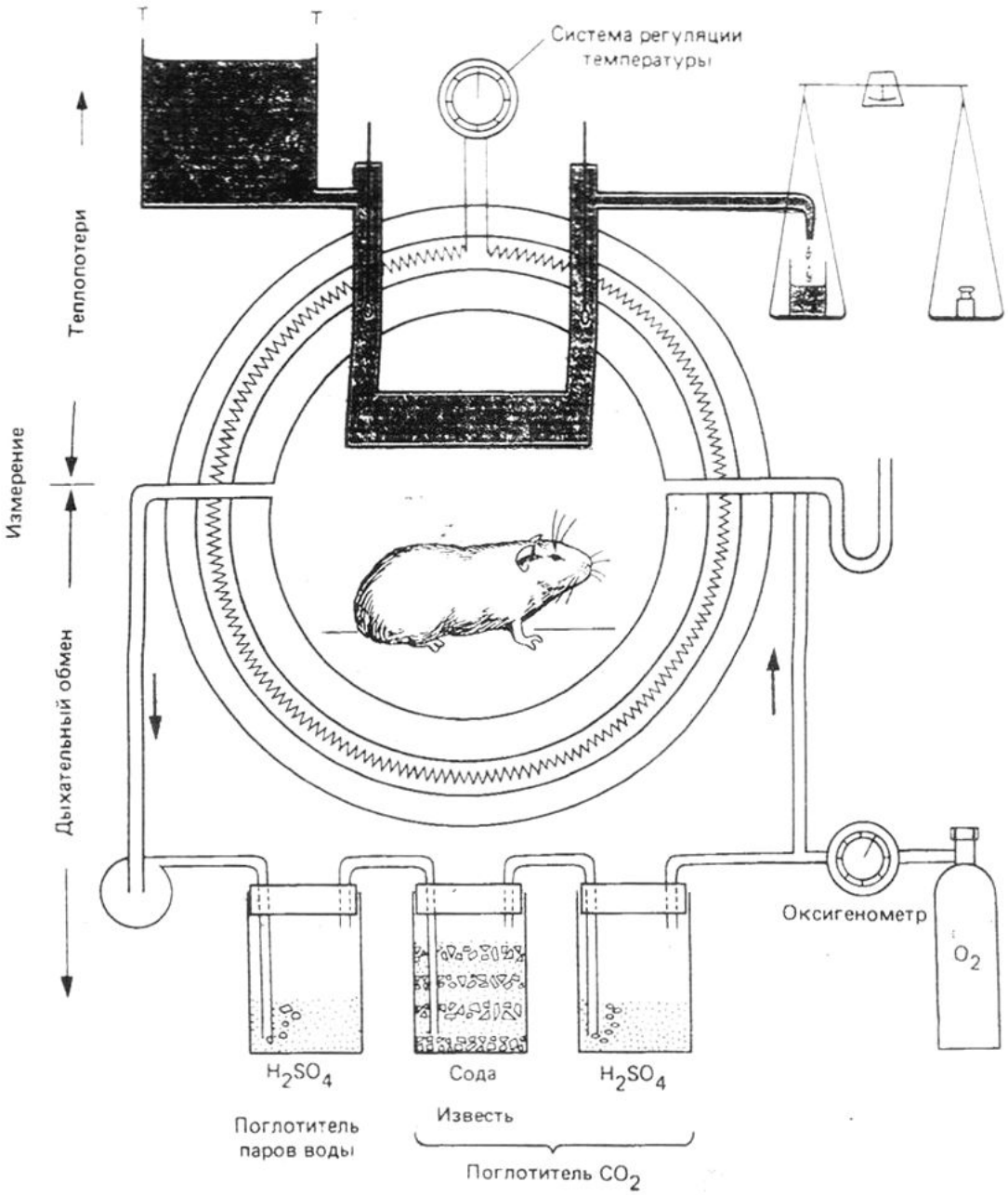


Схема кровоснабжения «холодной» рыбы (А) и типичной «теплой» рыбы-голубого тунца Tunnus thynnus (Б).

У эктотермной рыбы основные сосуды расположены в центральной части тела, тогда как у гетеротермной-под кожей. Во втором случае кровеносные сосуды образуют сплетения, предназначенные для сохранения тепла в глубоких тканях по принципу противоточного обмена. Преимущество подобного расположения сосудов у гетеротермной рыбы состоит в том, что теплая артериальная кровь не уносит тепло из тела, хотя неминуемо охлаждается при прохождении через жабры. (F. G. Garey Fishes with Warm Bodies, Copyrighx © 1973 by Scientific American, Inc. Вее авторские права сохранены.)

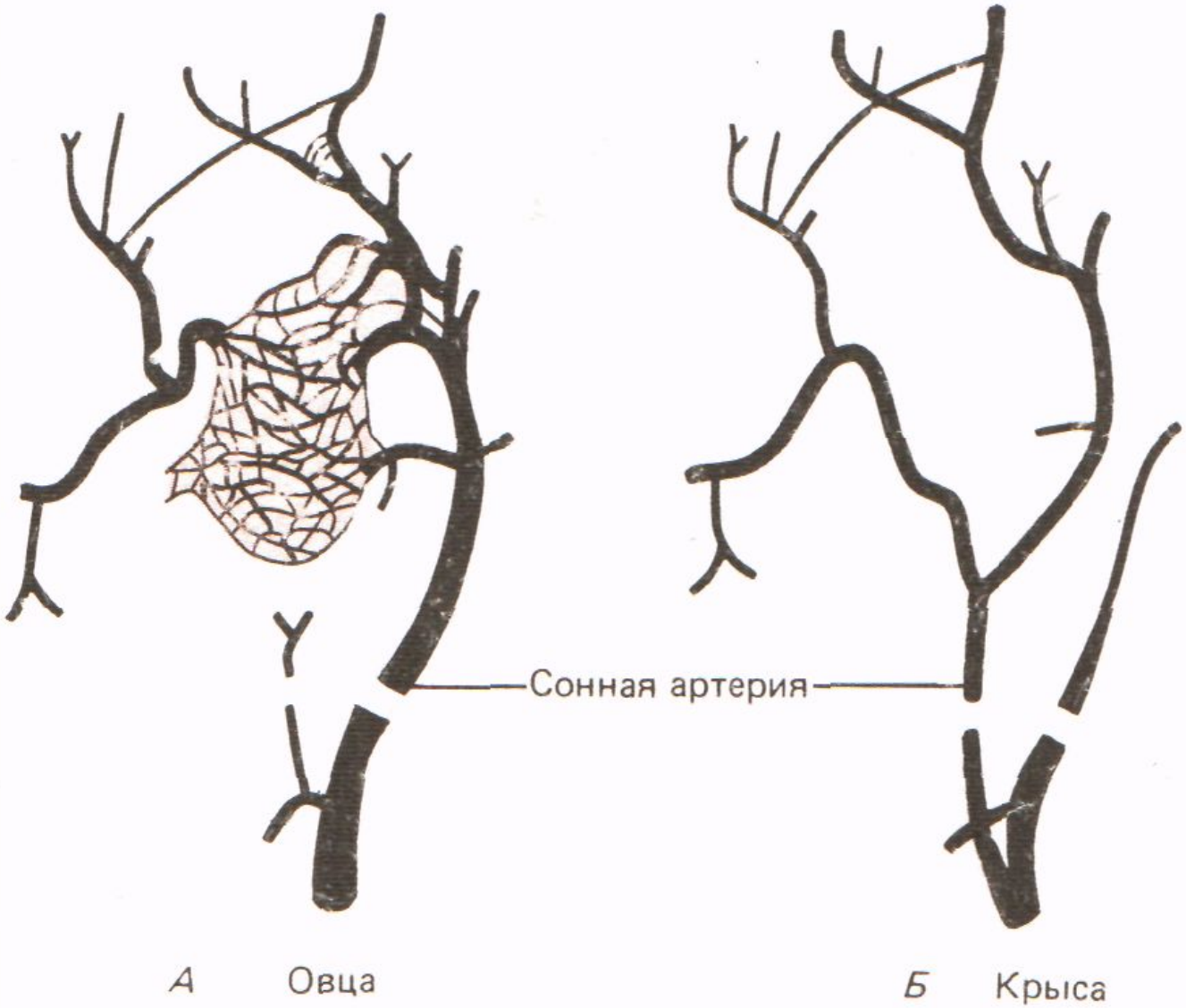
Респираторный калориметр Этуотера-Розы



Животное помещено в изолированную камеру, в которой поддерживается постоянная температура. Теплопродукцию животного определяют по количеству тепла, поглощенного охлаждающей водой (верхняя часть рисунка).

T – термометр.

По поглощению кислорода и выделению углекислого газа измеряют величину дыхательного обмена (по: *Kleiber, 1961*)

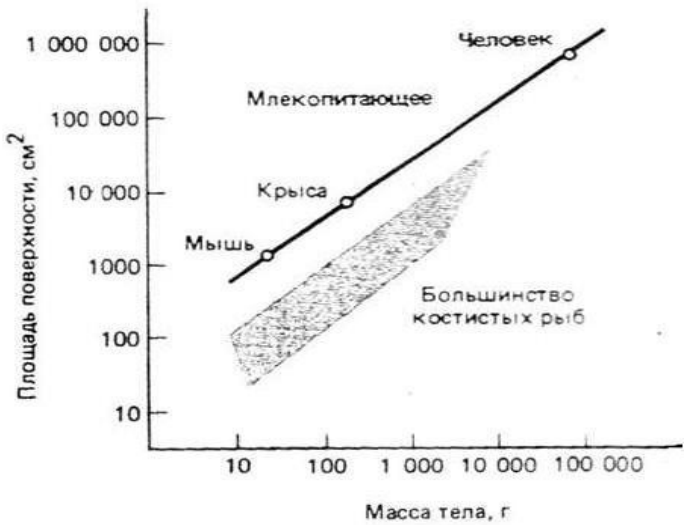


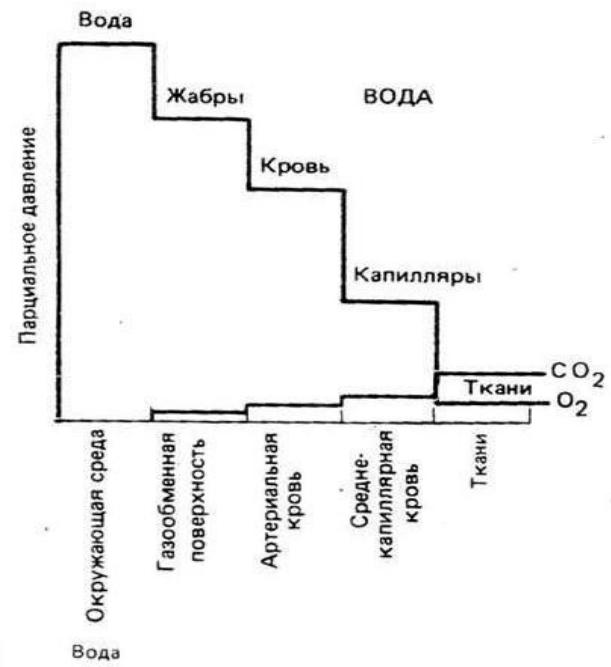
Каротидная сеть, обнаруженная у некоторых млекопитающих (обозначена в цвете). Система мелких артерий действует как теплообменник на пути крови, питающей головной мозг. Передача тепла из сосудистого сплетения в венозную кровь кавернозного (пещеристого) синуса предохраняет мозг от перегревания. Каротидная сеть развита у овцы (А) и отсутствует у крыс (Б). (Daniel et ah, 1953.)

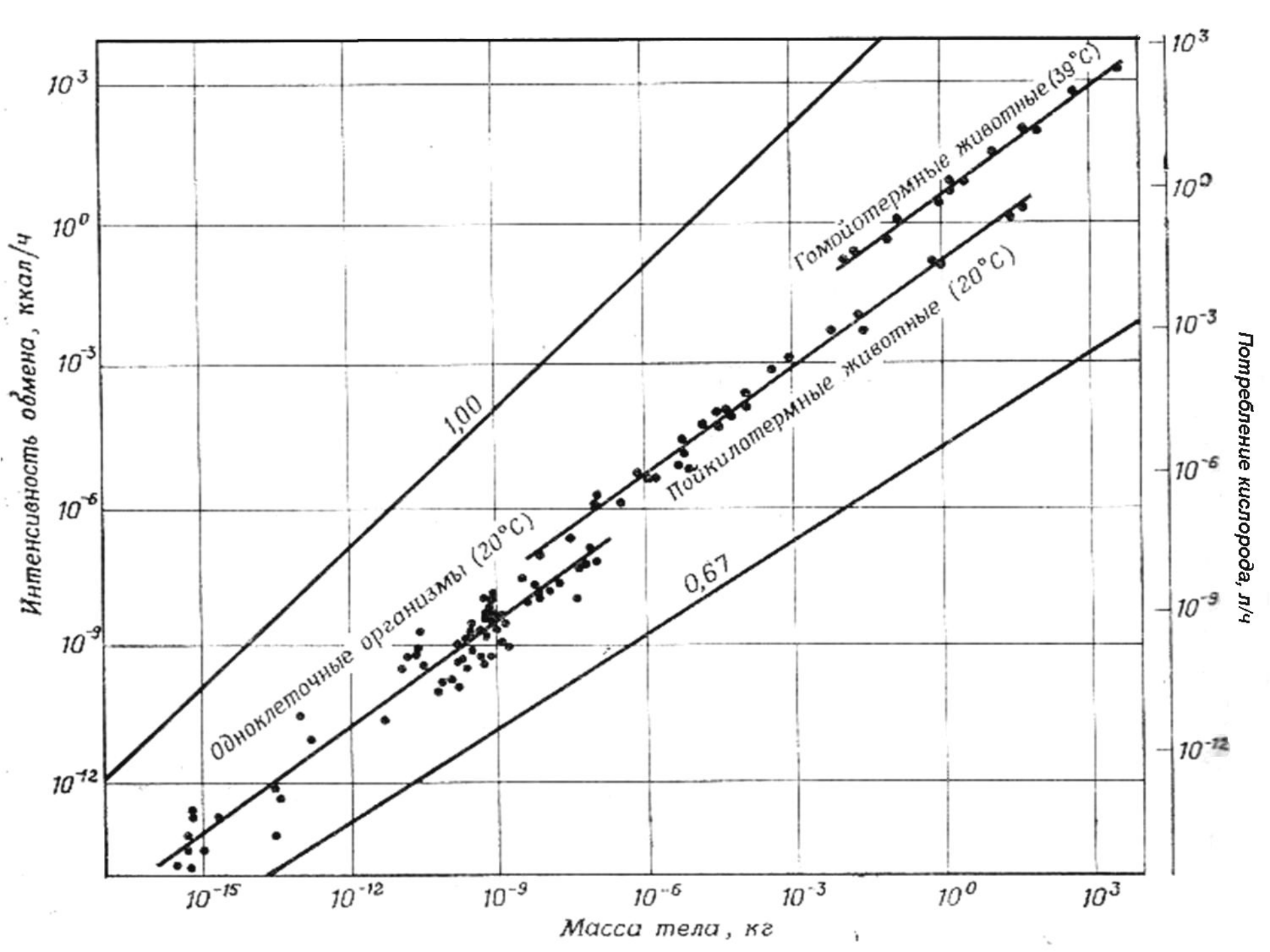
Каротидная сеть и противоточное охлаждение крови из сонной артерии у овцы. Холодная венозная кровь, возвращаясь из носовой полости, омывает каротидную сеть, расположенную в кавернозном (пещеристом) синусе, и забирает тепло у артериальной крови, которая направляется в виллизиев круг, а затем — в головной мозг (Hayward, Balker, 1969).

Изменения напряжения кислорода и углекислого газа в процессе газообмена между воздухом (А) или водой (Б) и тканями у наземных и водных животных

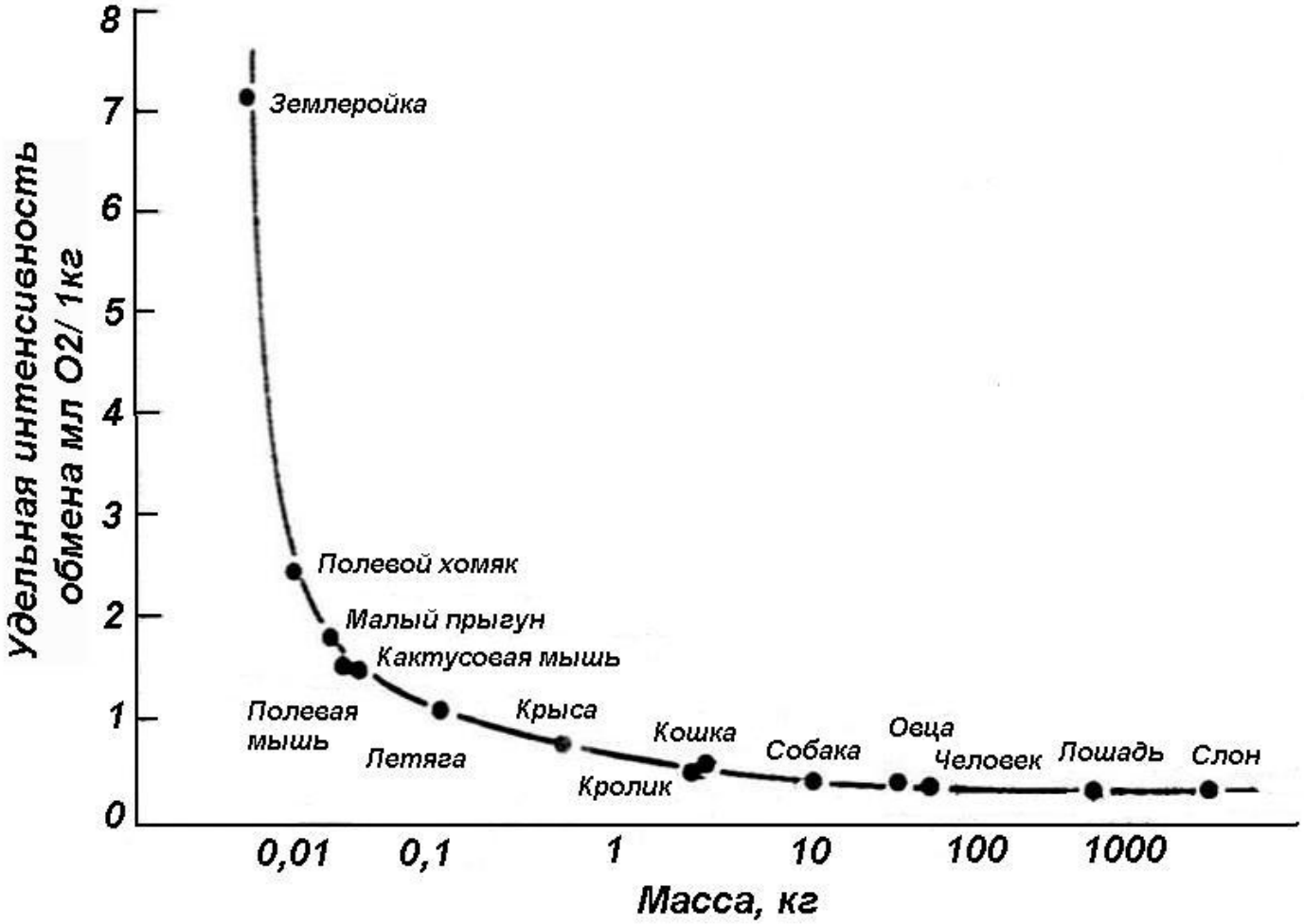
А. Зависимость площади дыхательной поверхности от массы тела для некоторых позвоночных. Б. Связь между площадью поверхности альвеол и поглощением кислорода у млекопитающих

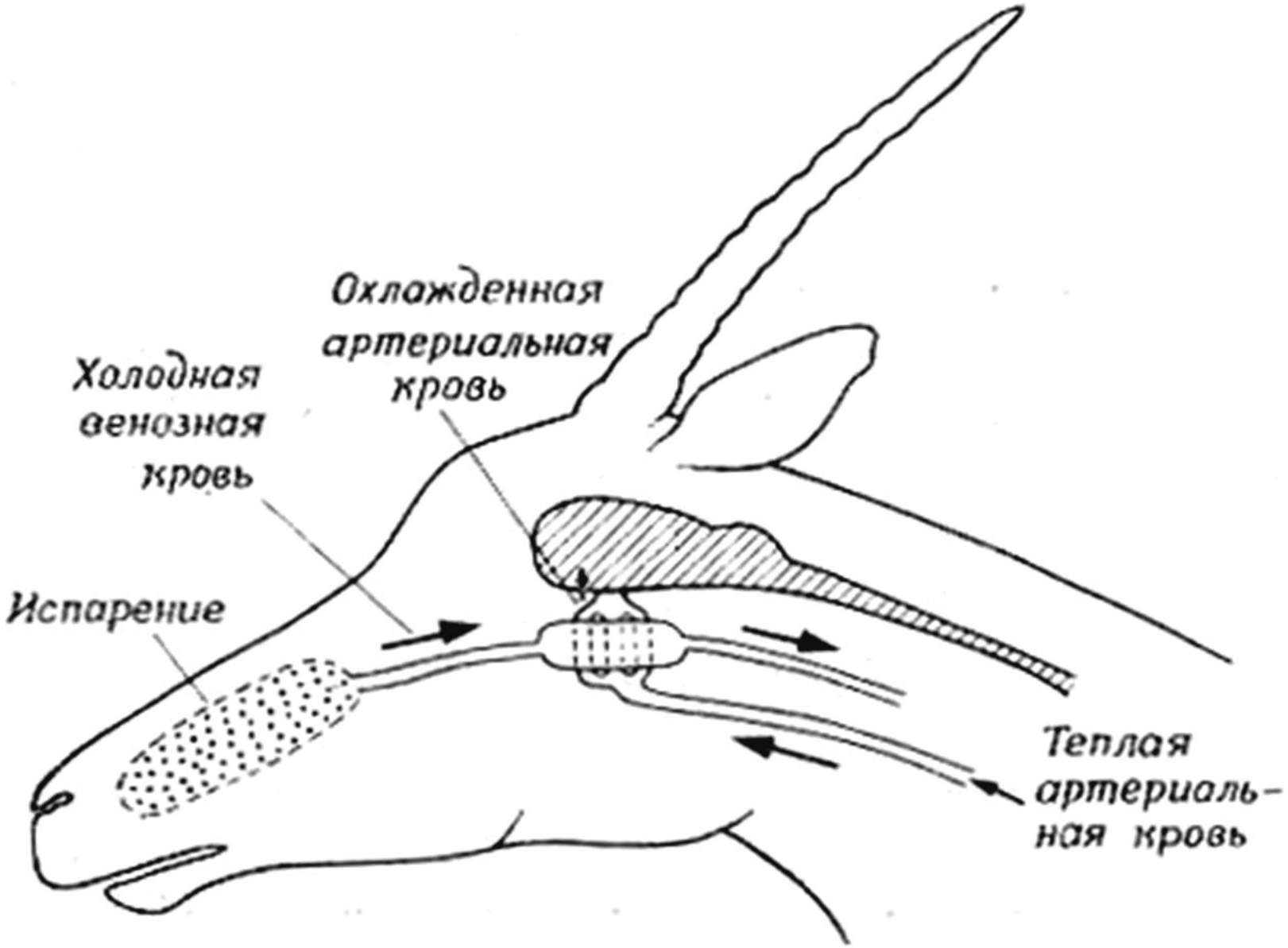


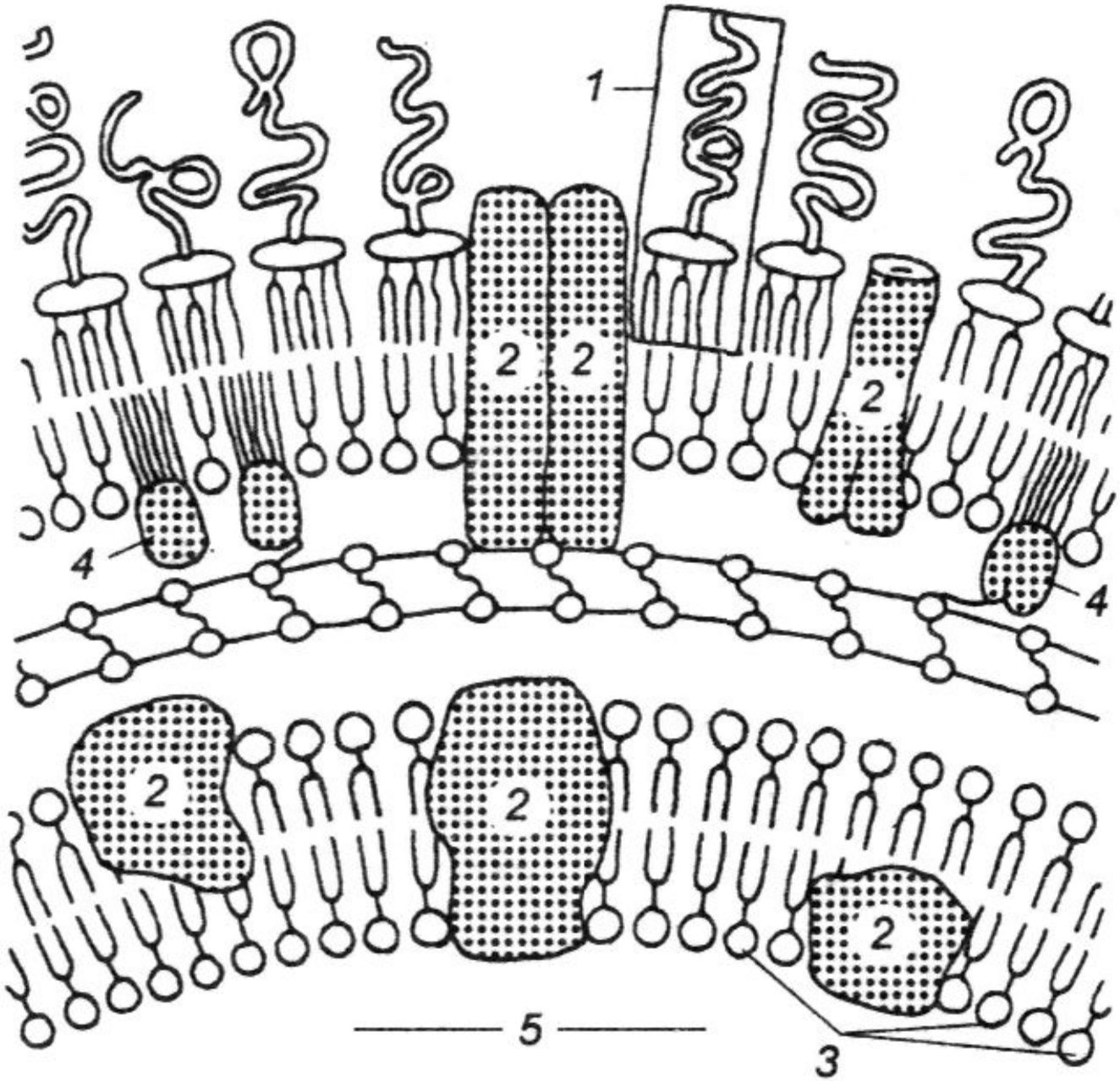



Интенсивность обмена, ккал/ч
Потребление кислорода, л/ч
Масса тела, кг
Гомойотермные животные (39°C)
Пойкилотермные животные (20°C)
Одноклеточные организмы (20°C)
1,00
0,67
10^{3}
10^{0}
10^{-3}
10^{-6}
10^{-9}
10^{-12}
10^{-15}

Зависимость между массой тела млекопитающих и интенсивностью обмена в состоянии покоя

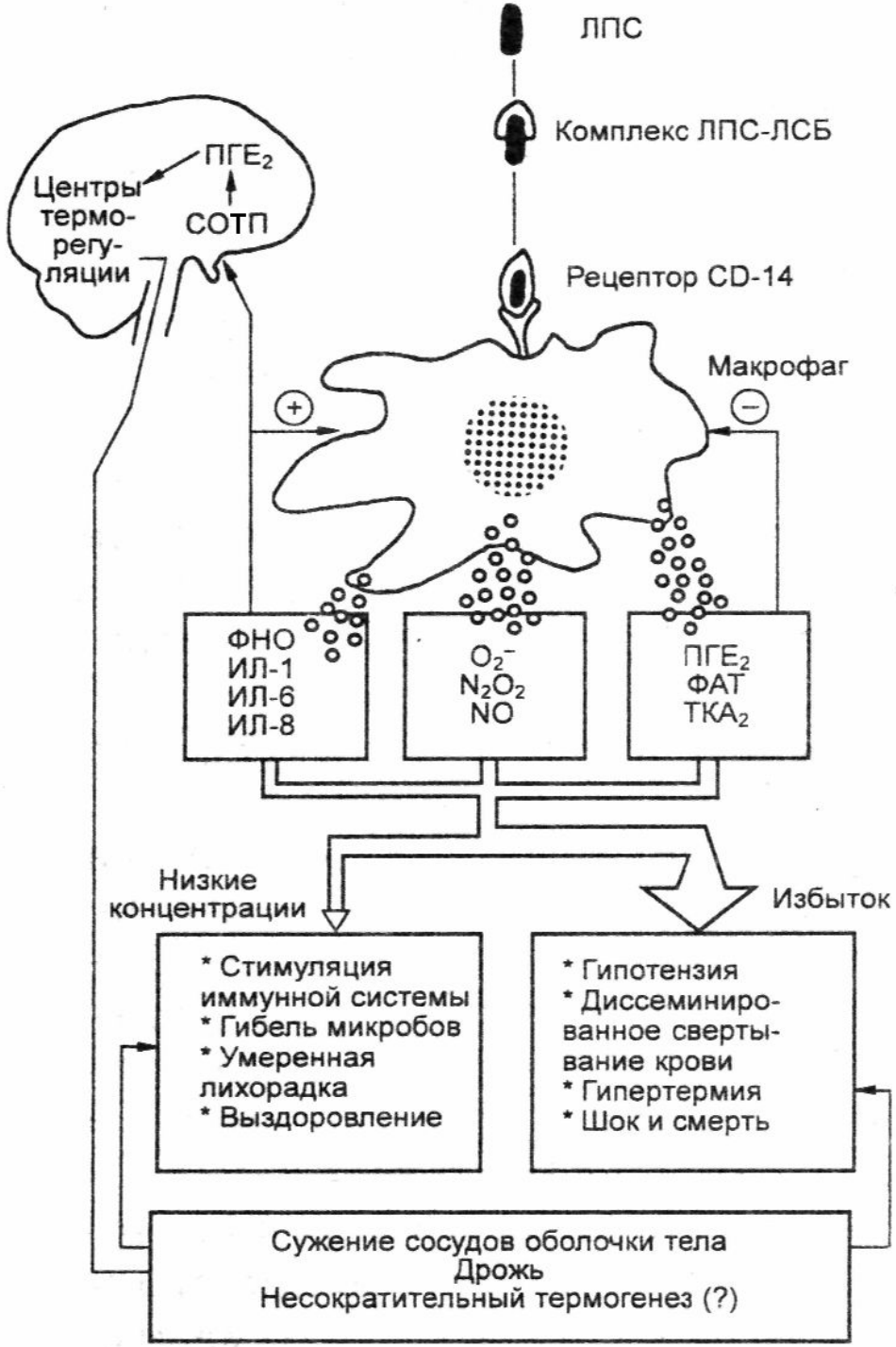



Охлажденная
артериальная
кровь
Холодная
венозная
кровь
Испарение
Теплая
артериаль-
ная кровь



Молекулы эндотоксина в мембране бактерии (кишечной палочки)

1 — эндотоксин (липополисахарид),
2 — белок,
3 — фосфолипид,
4 — липопротеин,
5 — цитоплазма.



Главные звенья развития лихорадки

ЛПС — липополисахарид,
ЛСБ — липополисахарид-связывающий белок,
ФНО — фактор некроза опухолей,
ИЛ — интерлейкины,
$ПГЕ_2$ — простагландин E_2,
ФАТ — фактор, активирующий тромбоциты, $ТКА_2$ — тромбоксан A_2,
СОКП — сосудистый орган терминальной пластинки.