

Шошенко К. А.
Лекции
по экологической физиологии

Лекция 9

Оцепенение, спячка

Возникновение теплокровности

Биологические ритмы

Биологическая ритмичность – явление универсальное, и оно связано с колебаниями физической среды: света, температуры, влажности, приливов-отливов, электромагнитной напряженности.

Она обнаружена у всех живых организмов (простейших, растений и животных), что свидетельствует о древнем происхождении и основополагающем значении ее.

Ритмичность активности присуща сообществам организмов, целому организму и его частям (системам, органам, клеткам и органоидам клетки)

**Годичный сезонный ритм
возник у живого организма эволюционно
и закреплён в его генетической программе.**

**В организме теплокровного он проявляется
в структурных и функциональных изменениях,
происходящих у него в течение года.**

**Для человека
сезонный ритм сказывается на его
социальном поведении, настроении
(зимняя депрессия),
двигательной активности и характере питания.**

**Знания о сезонных ритмах важны
для понимания жизнедеятельности
человеческого сообщества**

**Например, сроки призыва в армию
южан и северян должны быть разными:
для службы на Севере
южан следует призывать весной,
тогда их армейская адаптация
придется на привычное им лето.**

Наиболее ярким примером сезонного ритма является спячка – летняя и зимняя.

**В летнюю спячку
впадают некоторые виды грызунов,
обитающих в полупустынях и пустынях.**

**Она длится в период наибольшей T среды,
когда высыхает растительный покров,
и происходит предварительное
обезвоживанием самого животного**

Зимняя спячка развивается в холодное время года и сопровождается снижением T тела, в том числе его ядра, и снижением скорости окислительных процессов.

У очень мелких теплокровных процессы, происходящие при зимней спячке, могут происходить ежедневно.

Они не могут сохранять постоянной T тела, и при значительном снижении T воздуха они впадают в состояние оцепенения (торпидности).

Переход к торпидности и обратный процесс обычно происходят у них после захода солнца и протекают очень быстро с высокой величиной Q_{10} - 4-5 [42].

Таблица 40.

Скорость потребления кислорода калибри при холодном оцепенении и при двигательном покое в зоне термонейтральности, мл O₂ • кг⁻¹ • мин⁻¹ [42]

Вид	Мт, г	Оцепенение	Покой
<i>Calypte costae</i>	3.2	2.8	168
<i>Calypte anna</i>	6.8	2.8	163
<i>Eugenes</i>	6.6	2.0	117
<i>Lampornis</i>	7.9	2.0	108

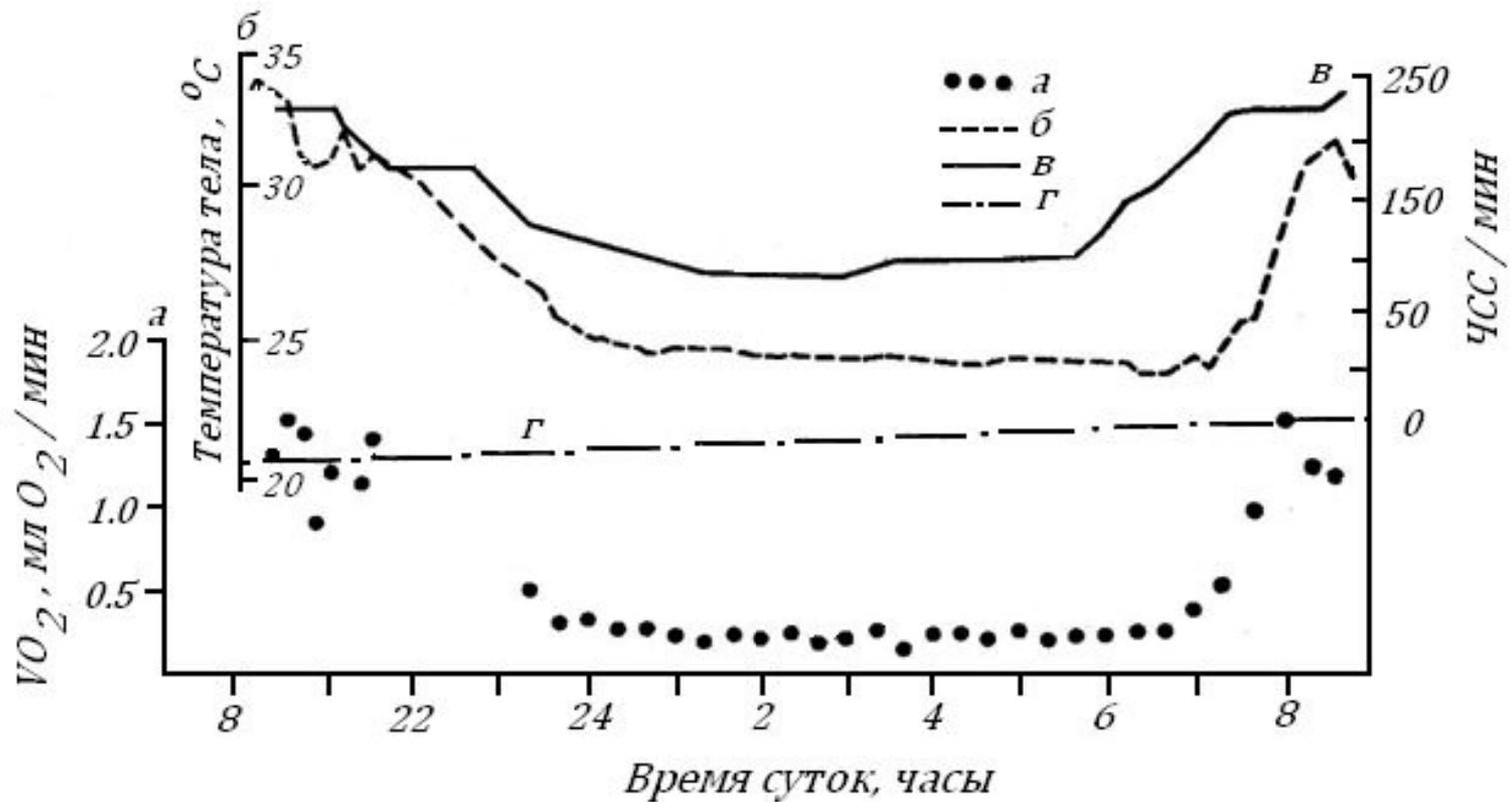


Рис. 76. Скорость потребления кислорода (а), температура тела (б), ЧСС/мин (в) и температура воздуха (г) у стрижа с 8 ч вечера до 8 ч утра (линия абсцисс) (Кескпайк, 1973), по:[49]

Спячка животных носит сезонный характер и возникает

**1. при понижении T воздуха
(грызун соня при понижении T воздуха,
может ежедневно засыпать, а утром,
если потеплеет, просыпаться,
а если не потеплеет, то спать месяцами);**

**2. при достаточном накоплении жира
(суслик, сурок, еж не заснут, пока не накопят жир).**

**Обе формы спячки протекают с резким падением T тела
и снижением всей жизнедеятельности.**

**Третья форма спячки – зимний сон
(медведь, барсук), при котором снижаются
 T тела на $1.5-2^{\circ}$, окислительный обмен на 50-70%**

Зимняя спячка (подготовка к ней, ее течение и пробуждение) имеет сложный сценарий.

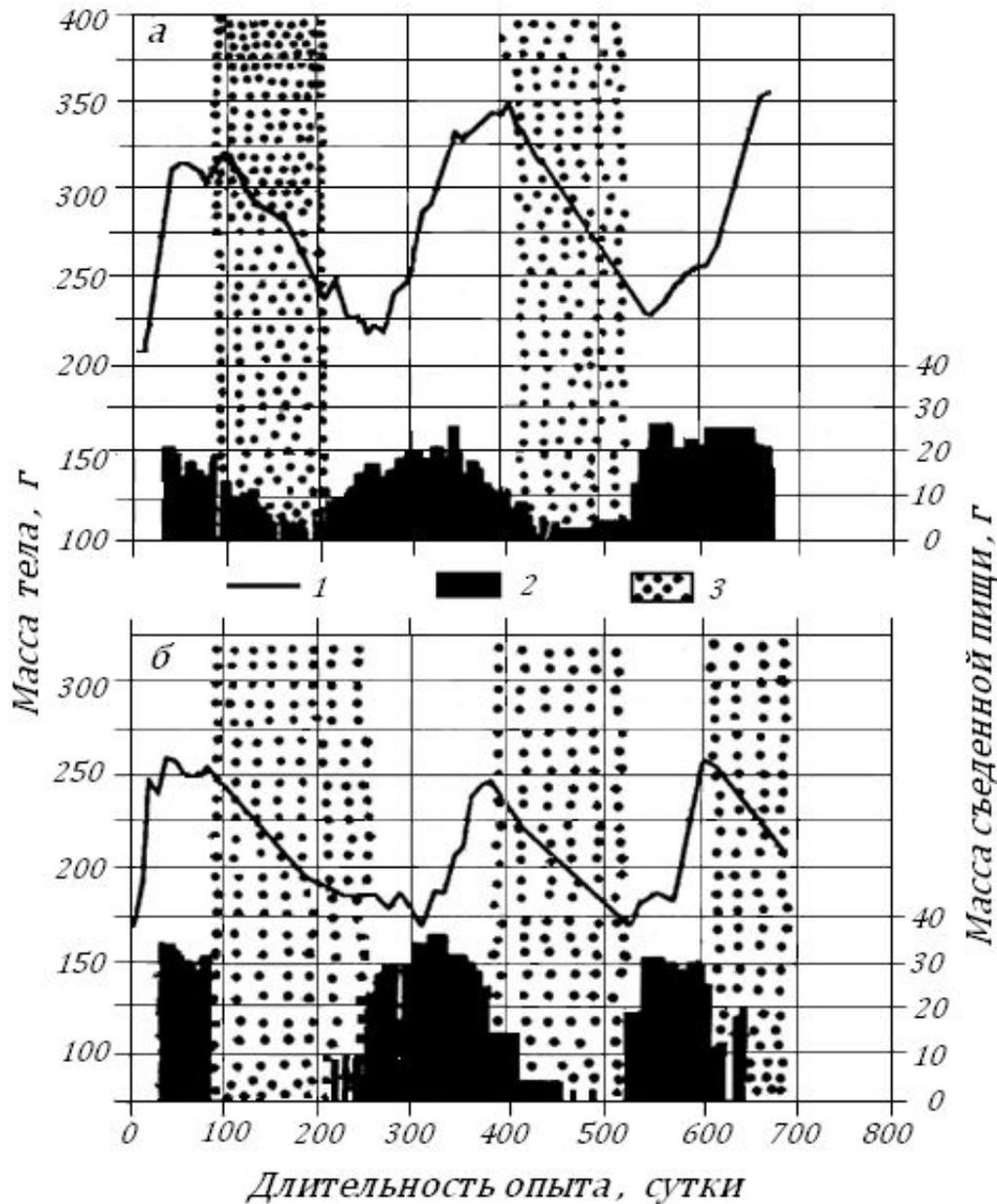
Животные перед спячкой мигрируют в определенные места, где собираются группами и готовят зимовочные норы, запасая в них корм.

Сами они накапливают значительное количество жира.

У животных меняются активность всей гипоталамо-гипофизарной системы, продукция гормонов тироксина, адреналина, инсулина,

***в мозгу* - концентрация биогенных аминов (норадреналина, серотонина и мелотонина),**

***в тканях* - концентрация аскорбиновой кислоты, витамина Е, гиалуронидазы (накапливается вода) [49].**



**Рис. 77. Масса тела (1),
масса съеденного корма (2)
и период спячки (3)
у сусликов *Citellus lateralis*,
находящихся в течении
800 сут при T воздуха 22°
(а) и чуть выше t точки
замерзания (б) (Pengelley,
Asmundson, 1970), по: [49].**

**Периодическая сезонная спячка
осуществляется вне зависимости
от величины
максимальной M_t и T среды,
при условии, если T среды
была не слишком высокой.**

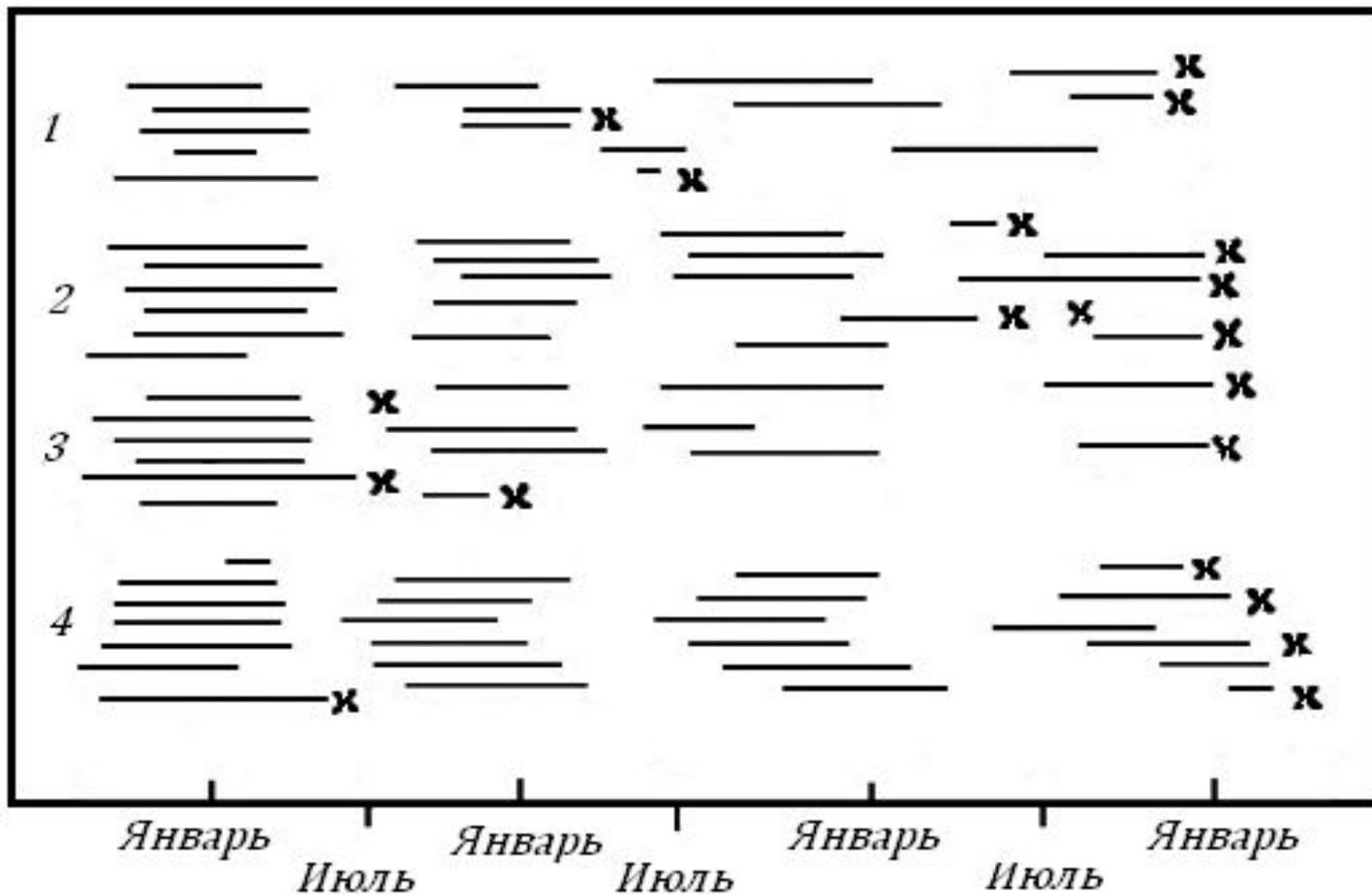


Рис. 78. Периоды активности (гомойотермия - светлые промежутки) и спячки (гетеротермия – темные линии) в течении 4 лет наблюдения за 24 сусликами, разделенных на 4 группы (Pengtley, Asmundson, 1970), по: : [49].

Группы 1 и 2 - нормальные животные с фотопериодикой по 12 ч и по 20 ч; группы 3 и 4 – кастрированные и без глаз с рождения животные с фотопериодикой по 12 ч. Черные линии – длительность спячки, крестики – смерть животных.
По оси абсцисс – время опыта, полугодие.

**В осенние месяцы,
чуть раньше или чуть позже, у всех сусликов,
несмотря на разную фотопериодику
или при отсутствии ее (слепые зверьки),
несмотря на присутствие или отсутствие половых гормонов
наступает спячка,
и длится она, примерно, полгода.**

**Это означает,
что сигнал к началу спячки и ее продолжительности
исходит от самого животного,
хотя свет, холод и состояние жировых депо
играют в этих процессах модулирующую роль:
они ускоряют начало,
удлиняют или укорачивают время спячки.**

**По-видимому, биологические ритмы
– суточный, годичный,
а для некоторых организмов и лунный,
возникли эволюционно,**

**и их расписания закреплены
на ленте генетической программы
каждого вида живого организма.**

**При впадении в спячку и при выходе из нее
работают два механизма
по снижению (или повышению) T тела:**

- 1. активная теплопродукция,
когда T тела $>15^{\circ}$,**
- 2. пассивный теплообмен.,
когда T тела $<15^{\circ}$**

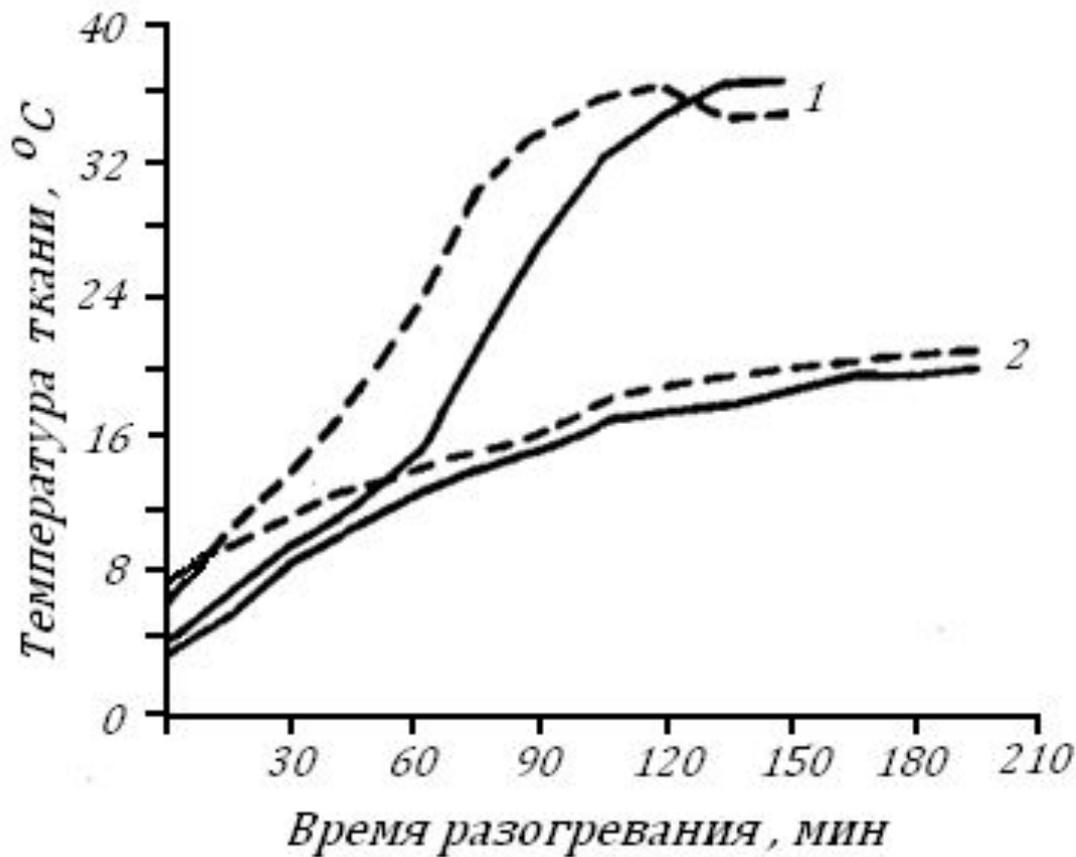


Рис. 79. Разогревание пробуждающегося от зимней спячки краснощекого суслика (1) и мертвого суслика (2), перенесенных из комнаты с T воздуха $3-4^{\circ}$ в комнату с T $22-23^{\circ}$ (Якименко, Попова, 1977).

Температуру ядра тела и области шеи показывают сплошная и прерывистая линии.

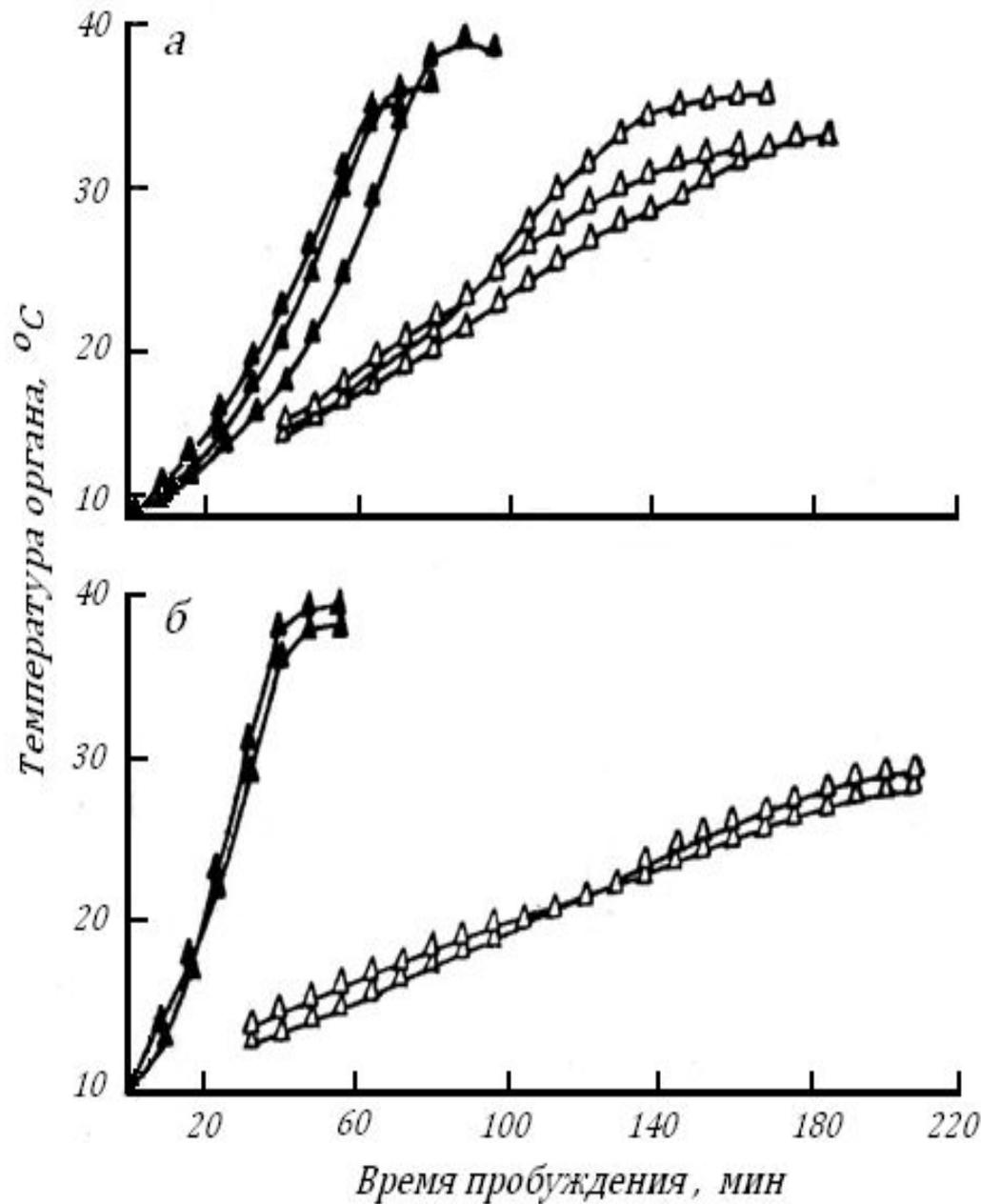


Рис. 80. Температура миокарда и бурого жира у хомяка (а) и сони (б) во время пробуждения от спячки при T воздуха $6-8^{\circ}$ (Hayward, Lyman, 1967).

Темные и светлые треугольники – нормальные и кураризированные животные на искусственном дыхании.

**Во время спячки суслика
частота дыхания снижается до 1-2/мин,
пульс до 2-20/мин,
Причем пульс становится неритмичным.**

**При пробуждении
частоты дыхания и пульс повышаются
до 160/мин и более 500/мин, соответственно.**

**Дыхательный центр во время спячки
нечувствителен к повышению CO_2 в крови,**

**а в сердце зимнеспящих
никогда не возникает фибрилляций**

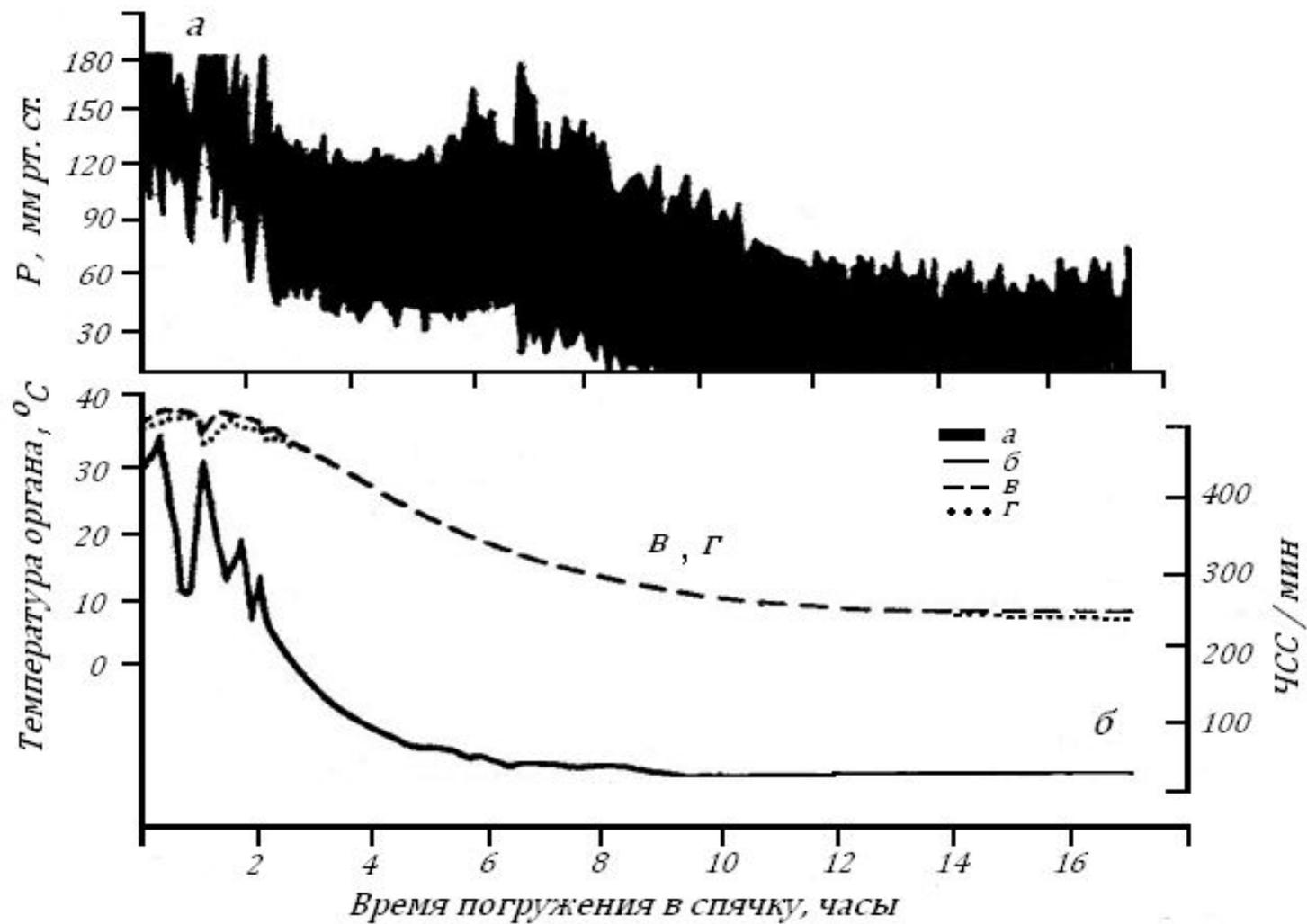


Рис. 81. Артериальное давление (а), частота сердцебиений (б) и температура в сердце (в) и брюшной полости (г) у суслика *C. tridacemlineatus*, впадающего в спячку (Luman, 1965).

Ось ординат: а – шкала слева вверху, б – шкала справа внизу, в и г - шкала слева внизу.

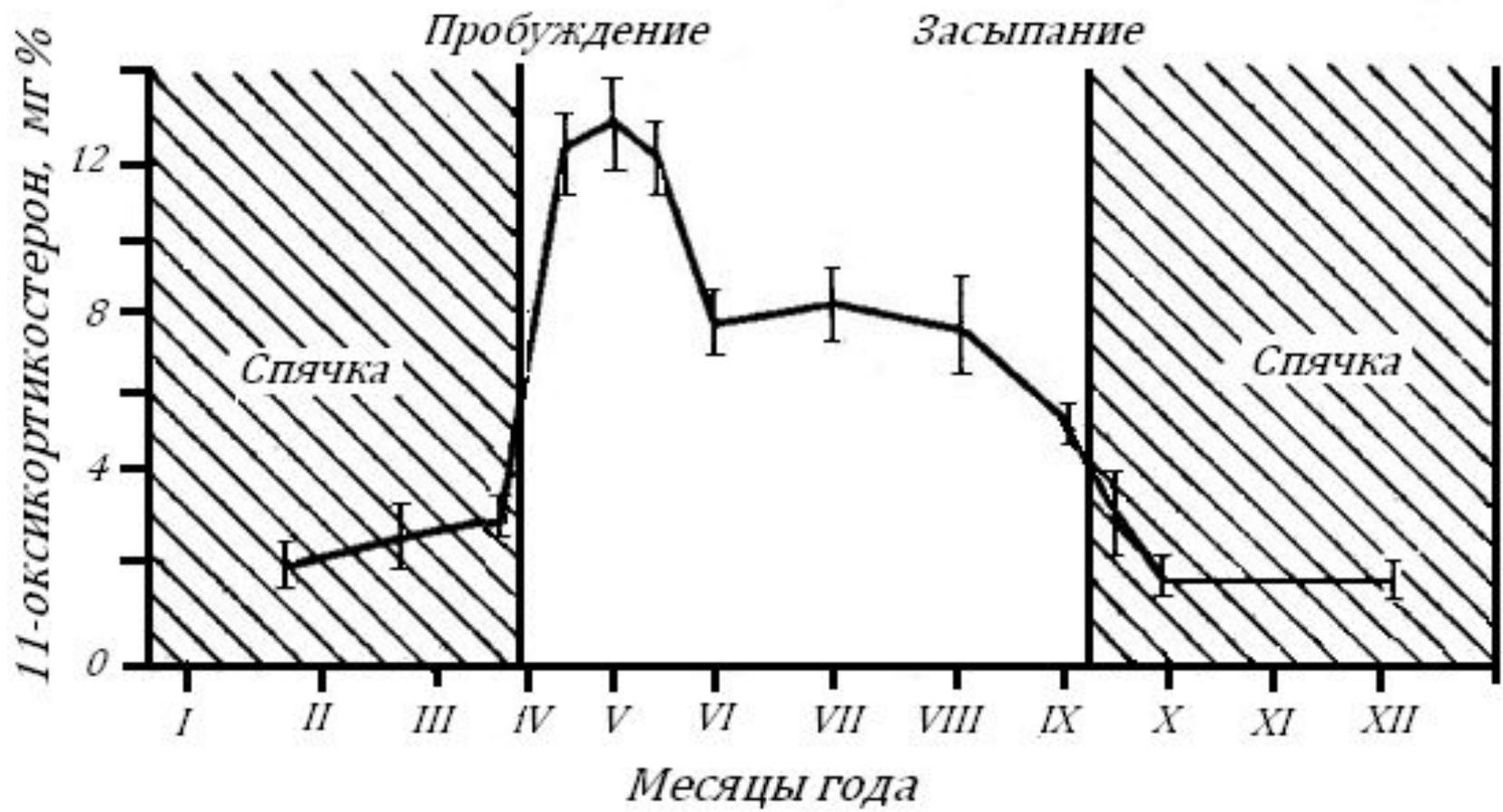


Рис. 82. Сезонные изменения в крови краснощекого суслика концентрации 11-оксикортикостерона (Корякина, 1979).

**Суточный ритм связан
с чередованием света и тепла днем,
темноты и похолодания ночью
и составляет 24 ч.**

**Примерно такой же ритм,
(чуть больше или чуть меньше 24 ч)
Сохраняется при постоянной
освещенности или темноте
(и постоянной T среды).
Его называли «циркадным»
(латынь: *circa* – около, *diem* – день)**

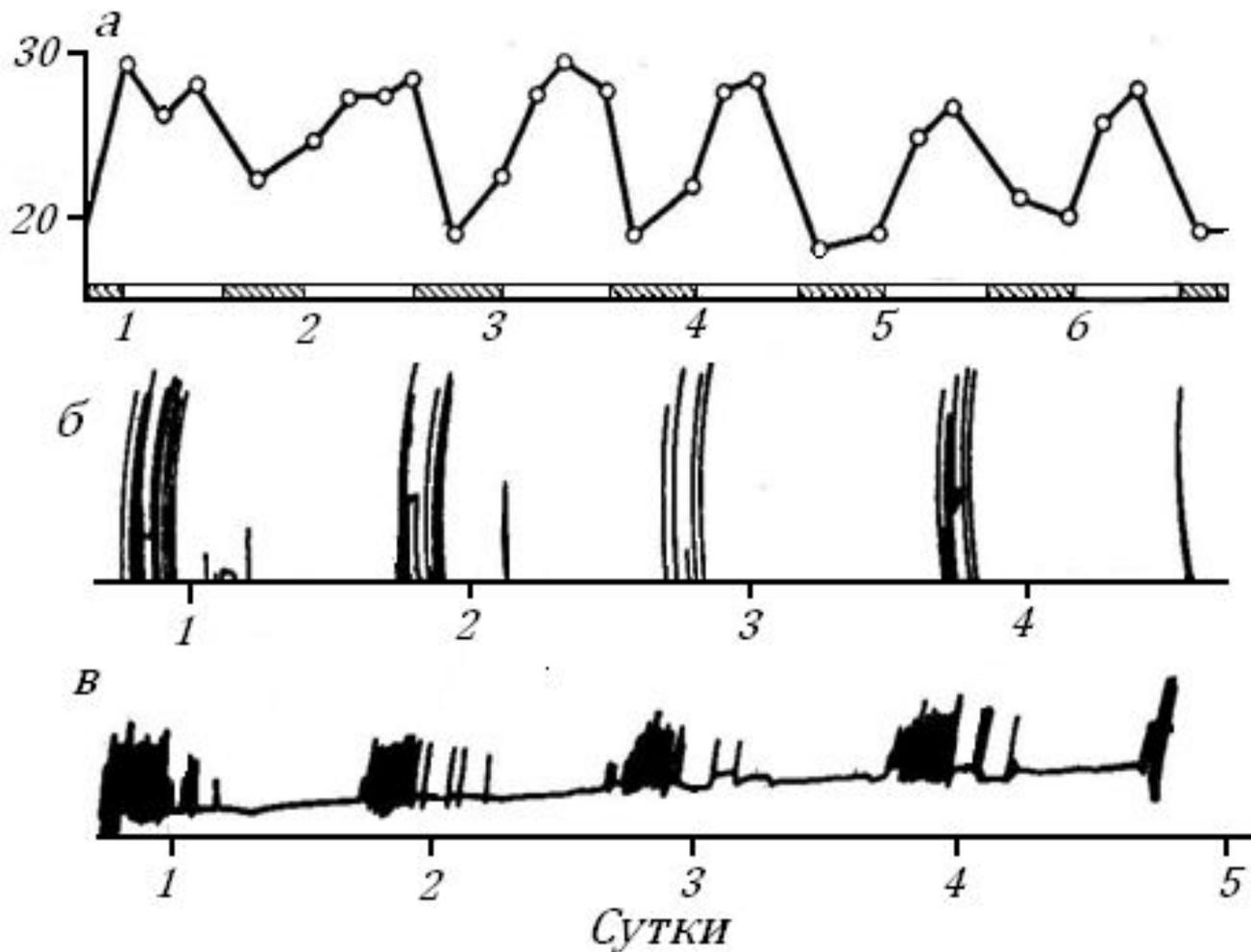


Рис. 83. Суточные циклы а. изменения пигментации пресноводного плоского червя в темноте (Kleitman, 1949), б. двигательной активности таракана и в. золотистого хомячка при постоянном сумеречном освещении [8]

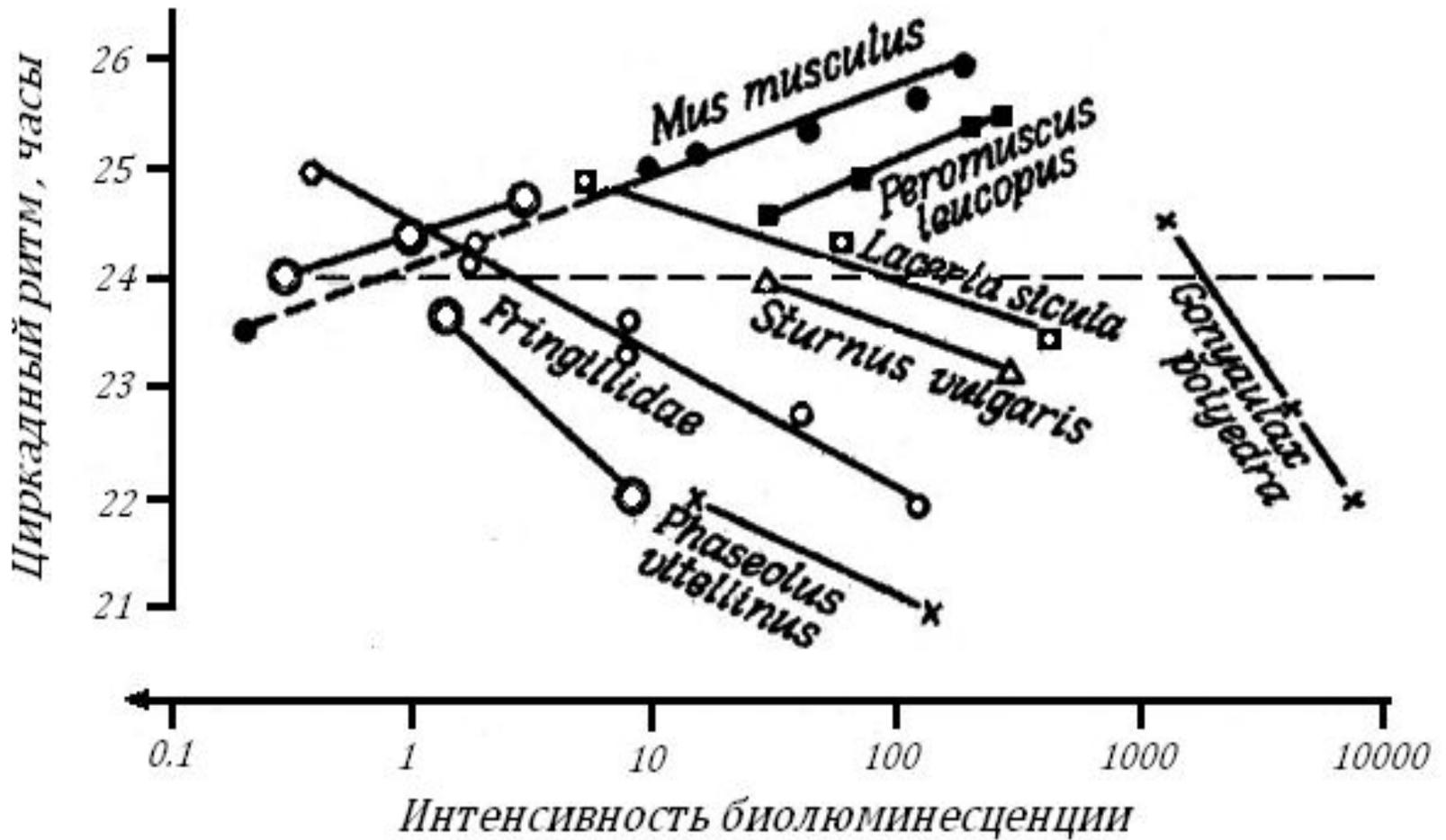


Рис. 84. Свободно текущие ритмы у различных организмов при постоянной освещенности разной интенсивности (Aschoff, 1960).
 У *Gonyaulax* измерялась биолюминесценция, у остальных видов двигательная активность.

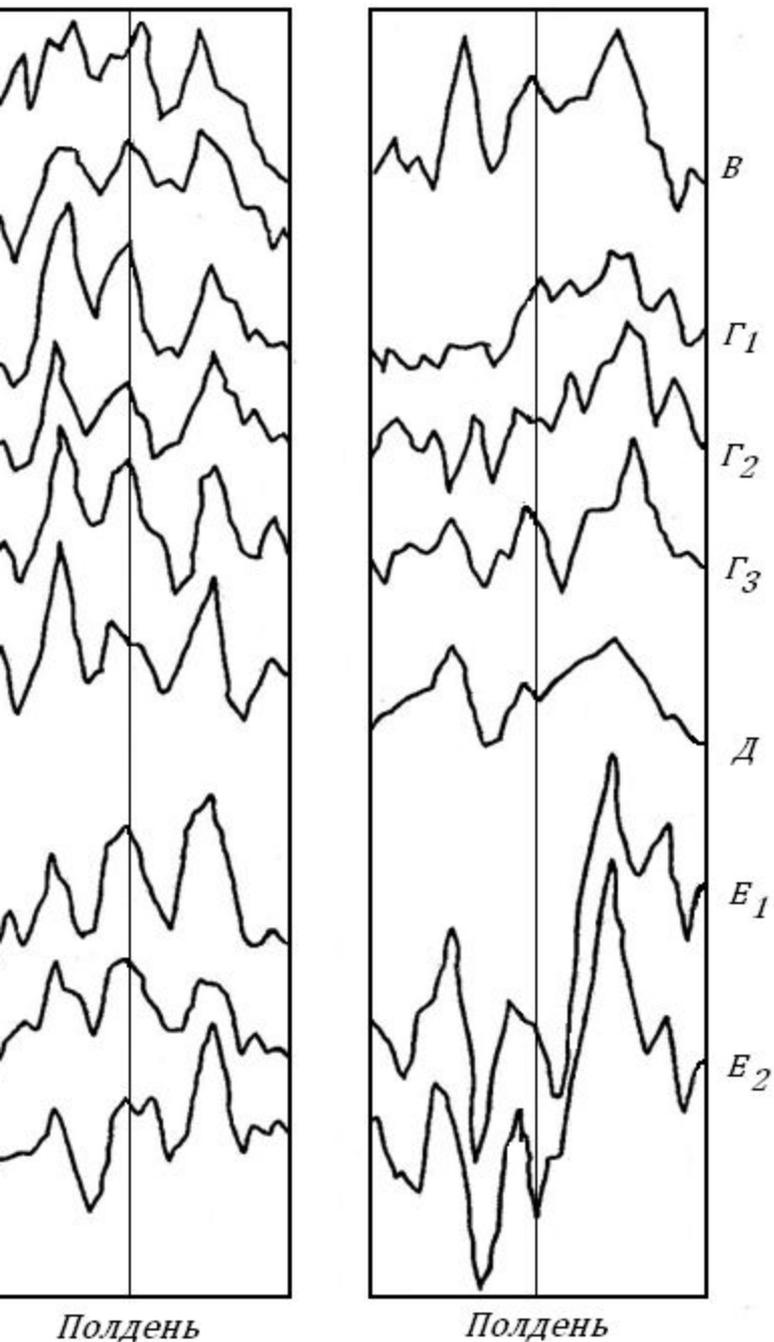


Рис. 85. Внутрисуточные ритмы у живых организмов, которые долгое время находились в условиях постоянной освещенности, Т и влажности воздуха, [42]

Потребление O_2 (A_1 - A_6) картофелем в течении 6 лет,
 (B_1 - B_3) проросшими семенами бобов в течении 3 лет,
 (В) срезам моркови в течении 8 мес.,
 (Γ_1 - Γ_3) 6-, 7-, 8-суточным куриными эмбрионами;
 (Д) двигательная активность мышей при 5-кратном повышении фоновой радиации,
 (E_1 и E_2) активность личинок хруща, который наблюдался в течении 9 мес. во время половины лунного месяца с полнолунием и новолунием.

**Суточный ритм характерен и для человека.
Многочисленные и довольно длительные
(месячные) опыты
по навязыванию ему другого ритма,
как правило, оказывались неудачными
и довольно тяжелыми.**

**Трудно происходят и сдвиги суточного цикла
на несколько часов,
которые возникают при перемещении человека
в часовых поясах.**

Более легко происходит адаптация к сдвигу на 12 ч.

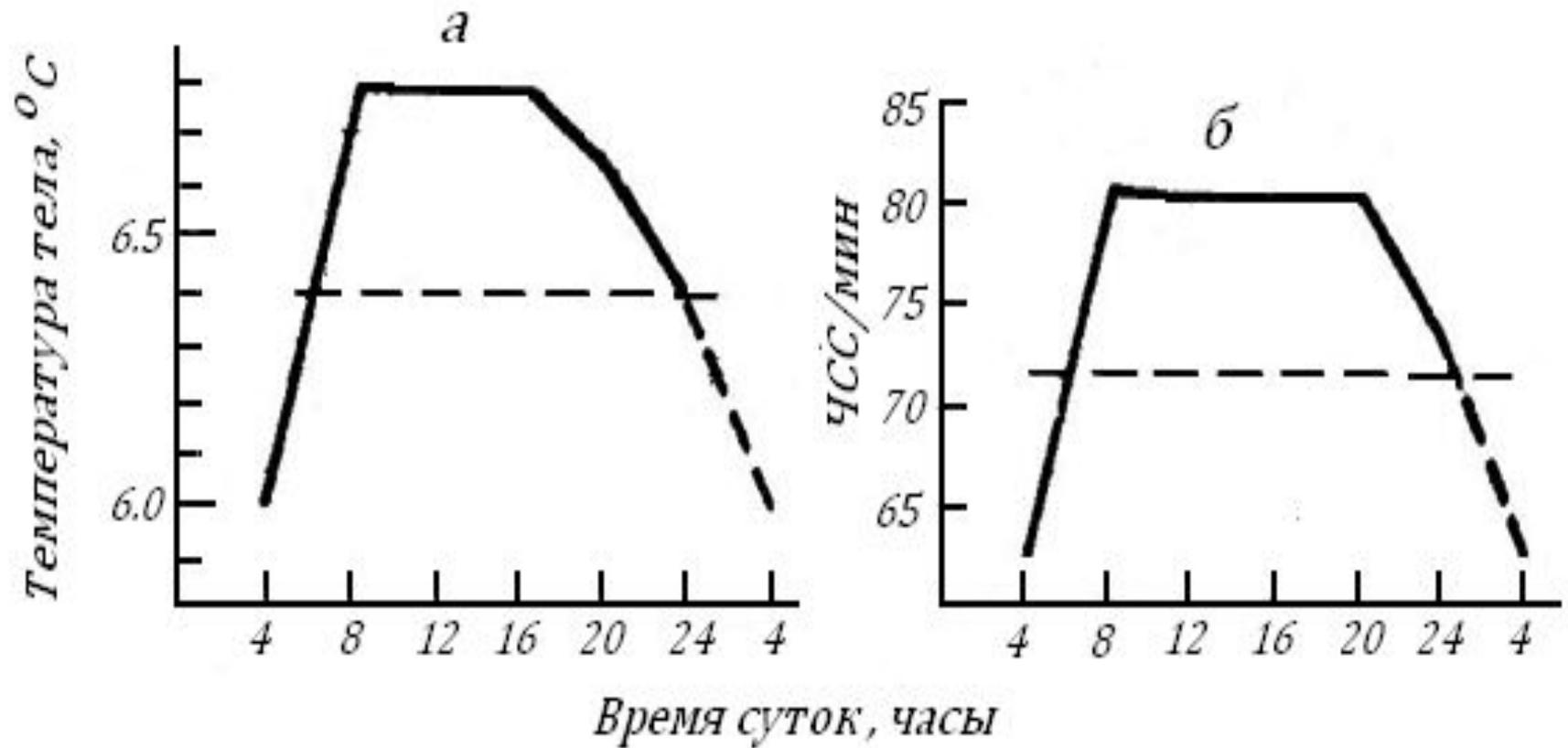


Рис. 86. Суточный ритм температуры тела (а) и ЧСС (б) у человека (Смирнов и др., 1975). Горизонтальная прерывистая линия – полусумма экстремальных значений.

Таблица 41. Показатели различных функций человека в дневные и ночные часы (Васильев и др., 1957)

Показатель	днем	ночью	разница
Температура тела, оС	36.6	36.0	-0.6
Пульс, уд./мин	72	60	-12
Пульсовое давление, мм рт. ст.	51	36	-15
Становая сила, кг	133	126	-7
Сила правой кисти, кг	41	38	-3
Время удержания усилия, с*	55.1	46.5	-8.6
Скорость бега, с, на 40 м	7.23	7.45	+0.22
на 1 км	228	244	+16

***Приведено время удержания на динамографе усилия, равного 75% максимального.**

**Согласно немецким исследованиям [28].
примерно $1/5$ часть людей относится
к лицам утреннего типа,
 $1/3$ – вечернего типа,
а половина легко приспосабливается
к тому и другому режиму труда.**

**Такие «аритмики», как правило,
заняты физическим трудом.**

Люди умственного труда чаще относятся к «совам».

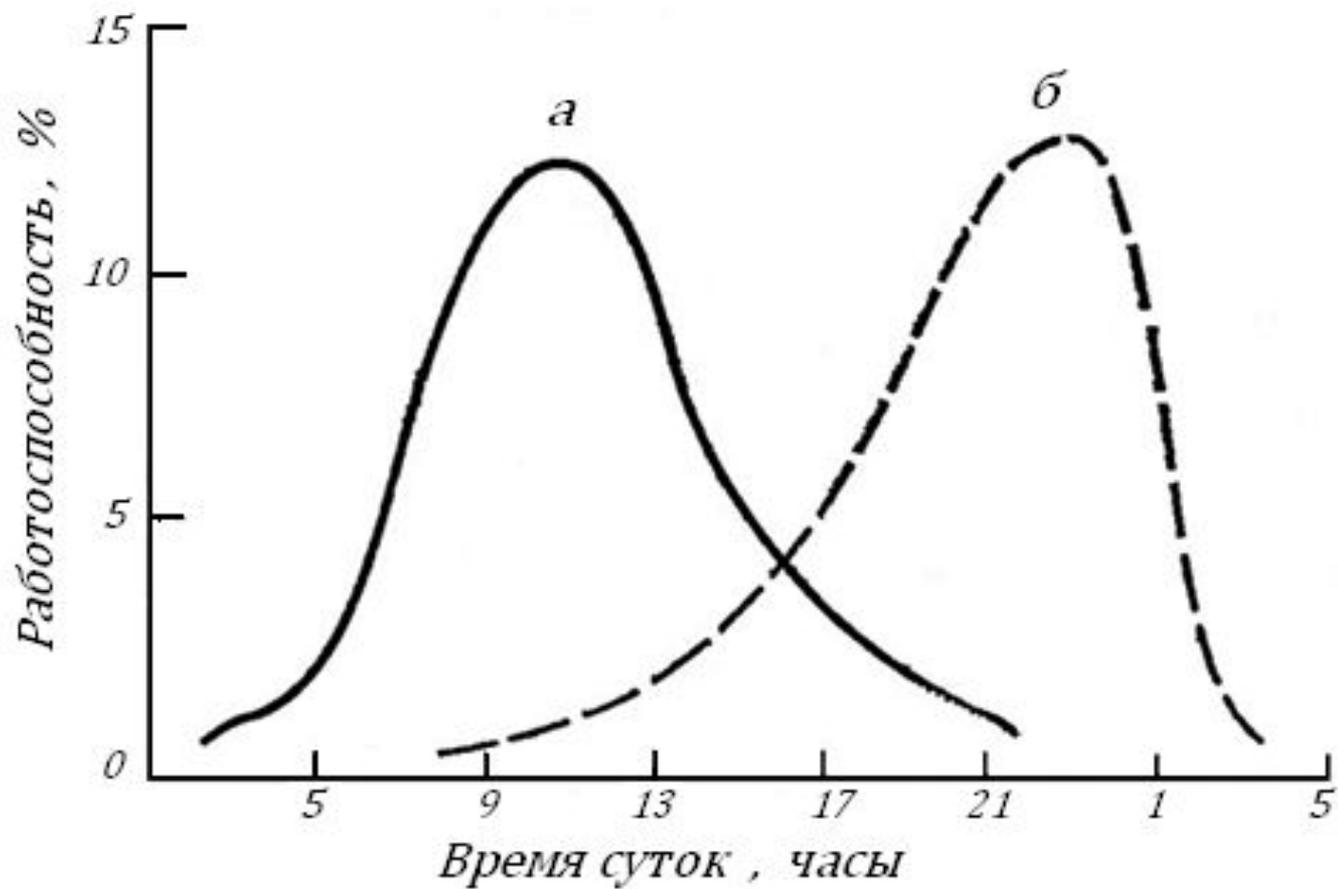


Рис. 87. Распределение суточной работоспособности у «жаворонков» (а) и «сов» (б) [28].

Жизнь каждого человека с рождения протекает в соответствии с тремя циклами:
физическим (23 сут),
эмоциональным (28 сут),
интеллектуальным (33 сут).

Переход каждого цикла из одного периода в другой называют нулевым или плохим днем.

В этот день меняются с положительных на отрицательные (или наоборот) физические, эмоциональные и интеллектуальные свойства человека.

Плохих дней, в среднем, должно быть для одного из трех циклов 1 раз в 6 дней, для двух циклов сразу 6 раз в году, а для всех трех циклов 1 раз в году.

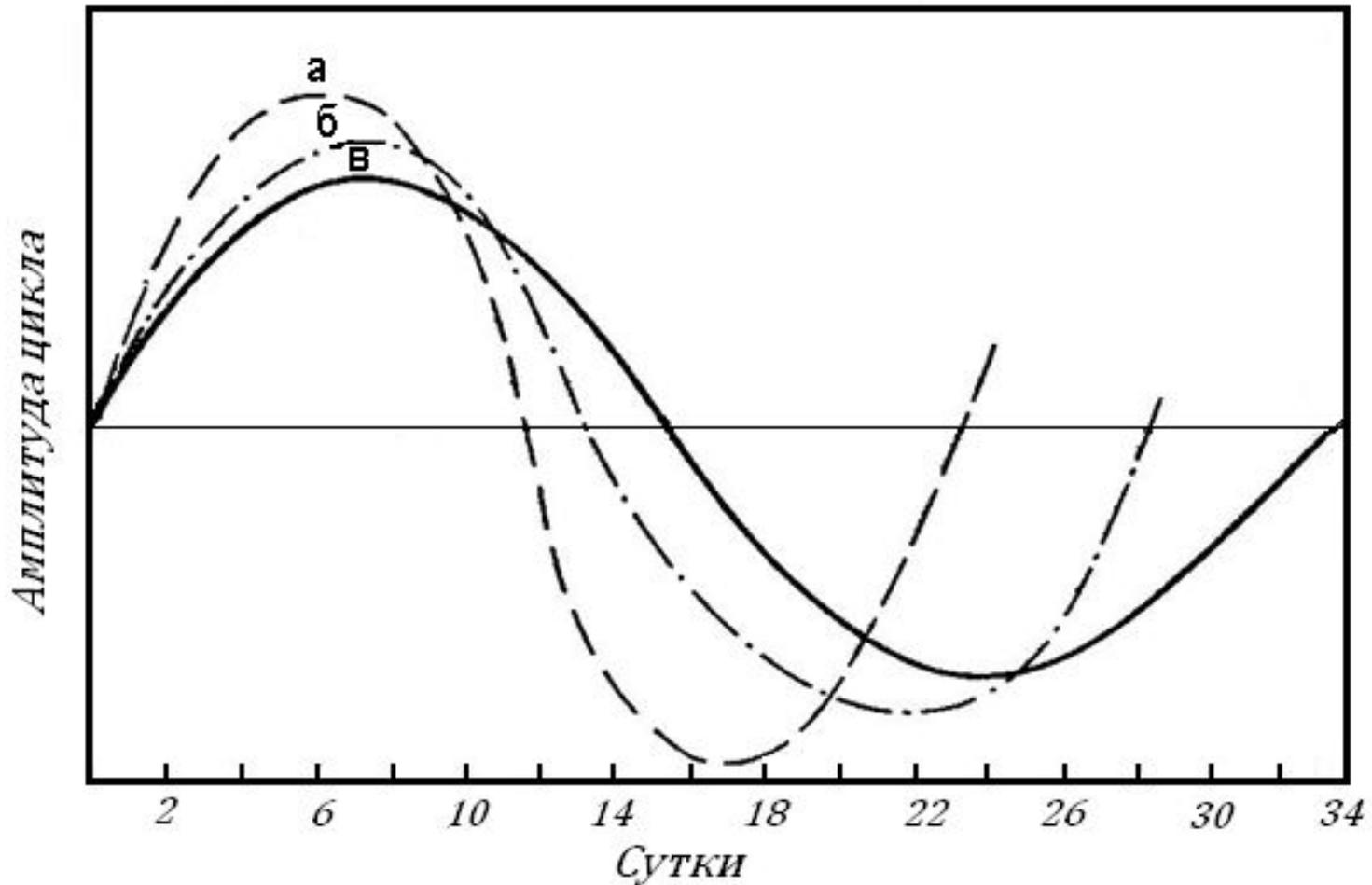


Рис. 88. Графическое изображение физического (а), эмоционального (б) и интеллектуального (в) циклов человека в течении 33 суток [28].