

Лекция 10. Lect_10_Temper_metabolizm

Факторы и условия. Трудности выявления лимитирующих факторов. Температура как экологический фактор.

Эктотермы и эндотермы. «Теплокровность» динозавров.

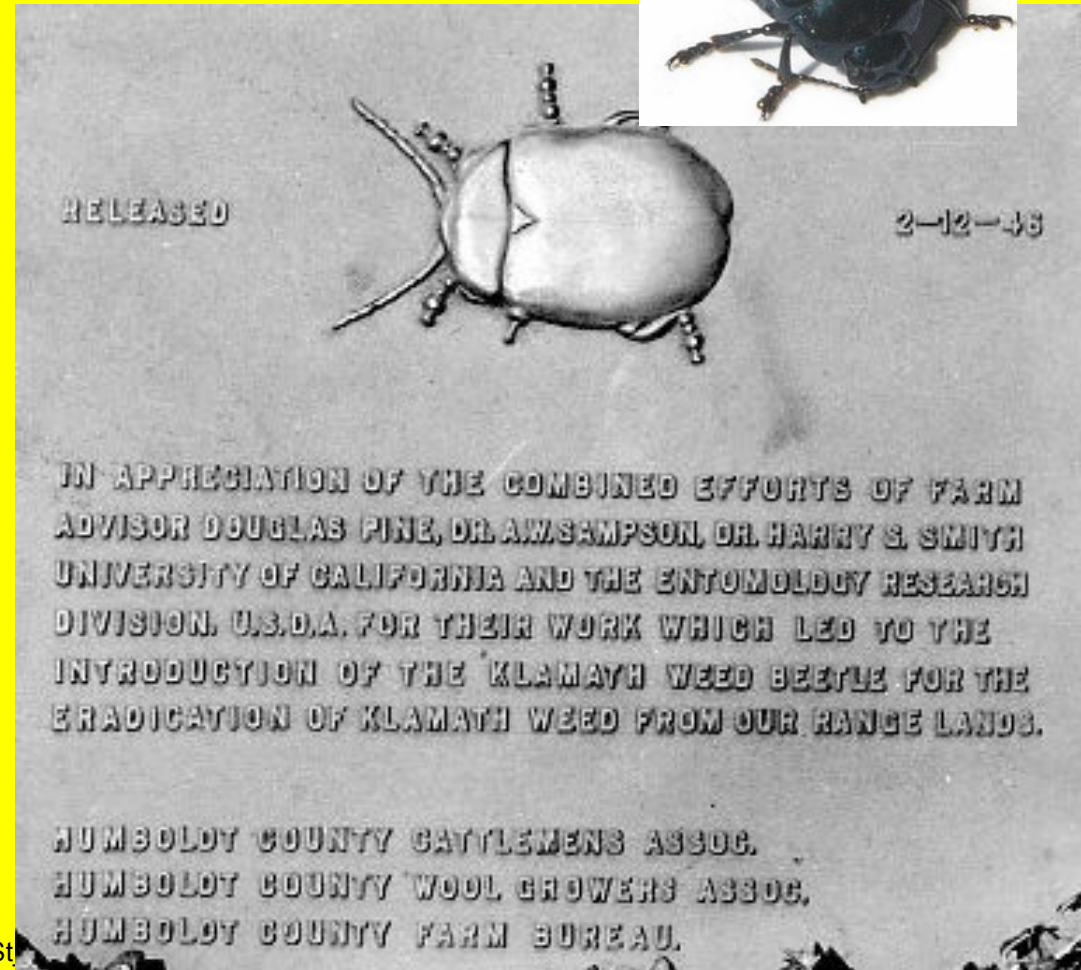
Расчет температуры животного по скорости его роста и массе тела. Состав зубной эмали как «палеотермометр».

Зависимость интенсивности обмена и скорости роста от температуры. Правило суммы температур. Зависимость скорости метаболизма от массы тела.

ФАКТОРЫ
(условия и ресурсы),

МЕТАБОЛИЗМ

Трудности выявления лимитирующих факторов *Hypericum perforatum* и *Chrysolina quadrigemina*



Эктотермы и эндотермы

«Пойкилотермные организмы» (от греч. «poikilos» – пестрый, разнообразный), имеющие разную температуру

«Гомойотермные организмы» (от греч. «homoios» – одинаковый), имеющие одну и ту же температуру

**Использование
эндотермами** тепла,
**выделяемого в
экзотермических** реакциях,
проводимых экзотермами

???

Пример – сорные куры

(Megapodius reinwardt),
Australia



Leipoa ocellate

Megapodius reinwardt красноногая кустарниковая курица (Australia)



<http://flickr.com/photos/87949960@N00/390616172>

«Теплокровные»

ДИНОЗАВРЫ

Gillooly J.F., Allen A.P., Charnov E.L.

[Dinosaur fossils predict body temperatures](#) // *PLoS Biol.* 2006. V. 4.

No. 8. p. e248 (вся статья в свободном доступе)



***Tyrannosaurus rex* во взрослом состоянии весил около 5 тонн. По-видимому средняя температура его тела превышала 30°C. Рис. с сайта: <http://www.futura-sciences.com/communiquer/g/showphoto.php/photo/1751/si/avant>**

Скелет *Tyrannosaurus rex* по кличке [Sue](#) по кличке Sue в честь палеонтолога [Susan Hendrickson](#), нашедшей этот скелет при раскопках в Южной Дакоте в 1990 г.

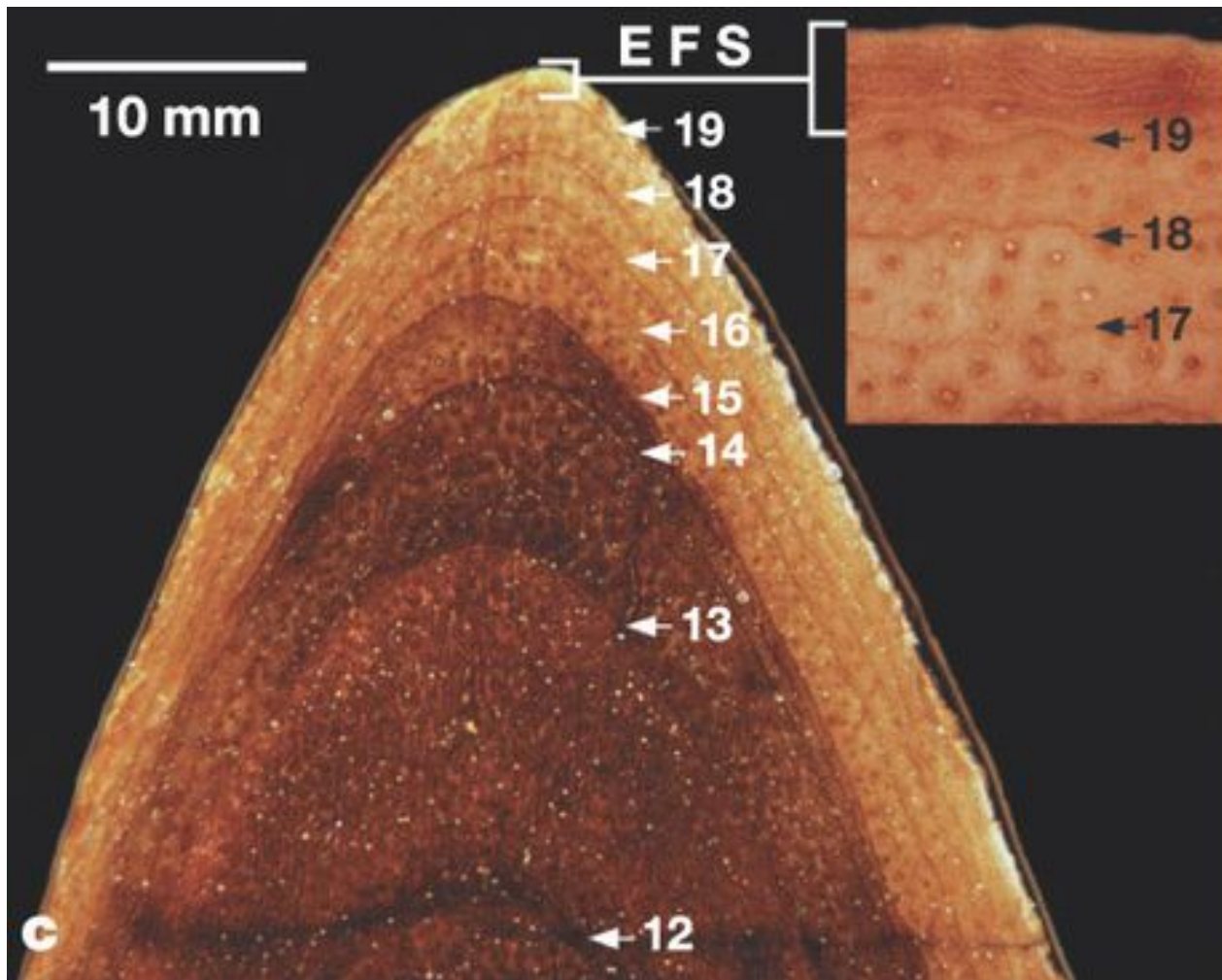


<http://www.richard-seaman.com/USA/Cities/Chicago/Landmarks/index.html>

«Теплокровность» динозавров.



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ab/Palais_de_la_Decouverte_Tyrannosaurus_rex_p1050042.jpg/800px-Palais_de_la_Decouverte_Tyrannosaurus_rex_p1050042.jpg



Срез ребра тираннозавра со слоями годового прироста. Цифры указывают год жизни. Наиболее активный рост был в 14-19 лет. Затем он резко замедлился. Это видно на вставке справа вверху, где линии после 19 лет идут очень тесно друг к другу (соответствующий участок помечен как EFS). Рисунок из: Erickson et al. 2004. [Gigantism and comparative life-history parameters of tyrannosaurid dinosaurs](#) // *Nature*. V. 430. P. 772-775

$$G = g_o M^{3/4} e^{0.1 T_b}$$

G - максим. скорость роста (кг сутки⁻¹)

M – масса тела (кг), при которой достигается максим. скорость роста

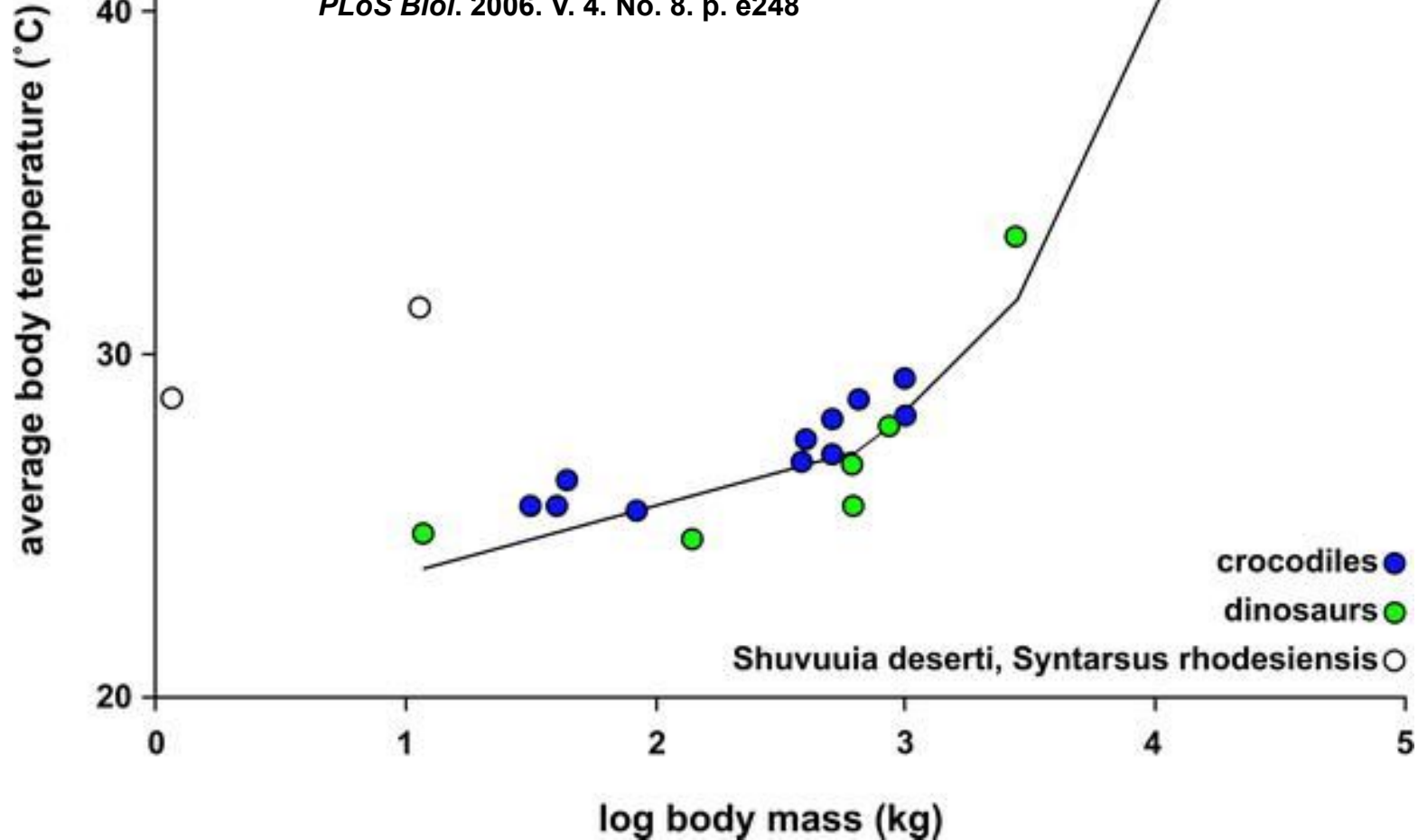
g_o – константа нормализации

T_b – температура тела (°C)

$$T_b = 10 \ln GM^{-3/4} / g_o$$

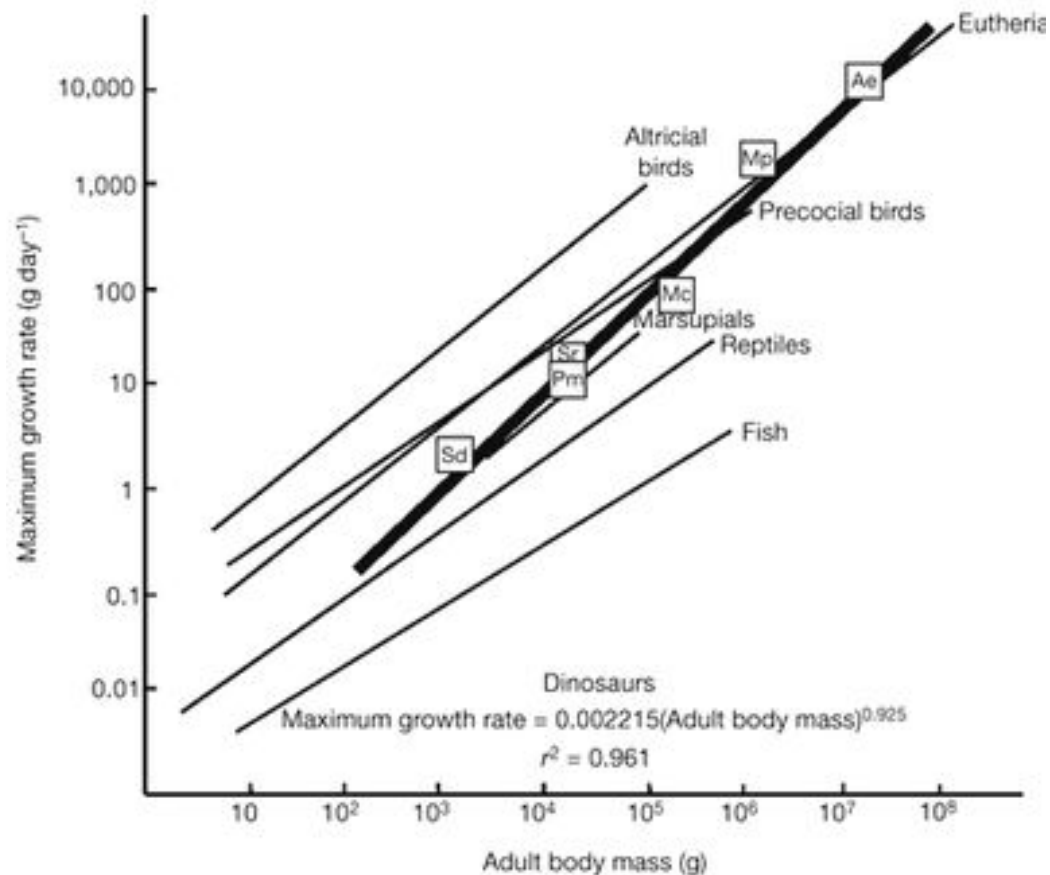
Температура тела (T_b) как функция скорости весового прироста G и массы тела M

Gillooly J.F., Allen A.P., Charnov E.L.
[Dinosaur fossils predict body temperatures](#) //
PLoS Biol. 2006. V. 4. No. 8. p. e248



Зависимость средней температуры тела динозавров и ныне живущих крокодилов (синие кружки) от средней массы тела в период максимального роста. Пустые кружки - два динозавра, которые не приняты в расчет. Один из них (*Shuvuuia deserti*) покрыт перьями, а другой (*Syntarsus rhodensis*) просто выпадает из общей зависимости. По оси X логарифмическая шкала.

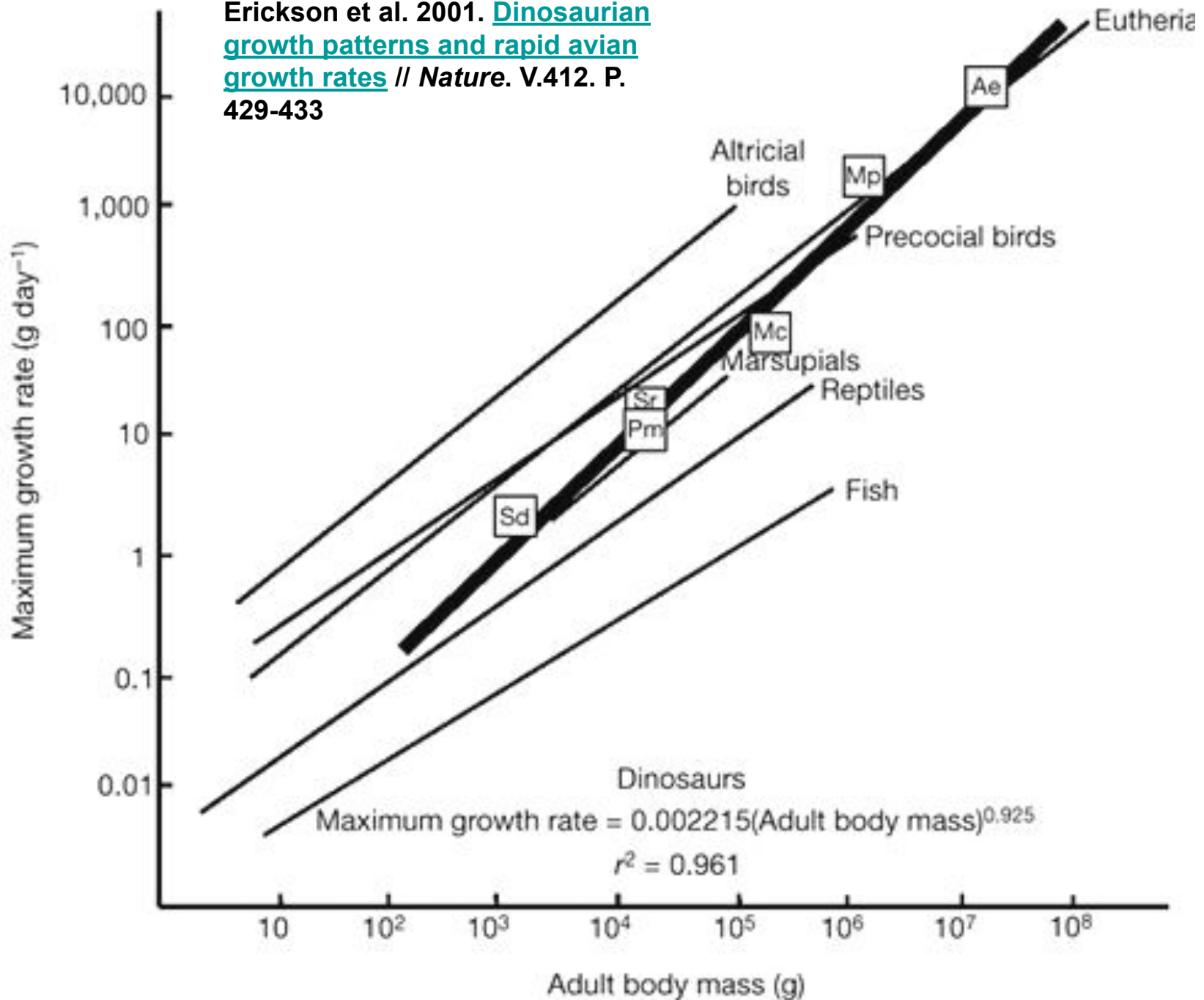
Мелкие динозавры (весащие десятки килограммов) имели температуру тела около 25° , (по-видимому только слегка выше средней температуры окружающей среды). У динозавров, весащих 200-600 кг, температура была всего на 2° выше, но при дальнейшем увеличении массы температура росла гораздо быстрее и достигала 35° при весе животного в несколько тонн.



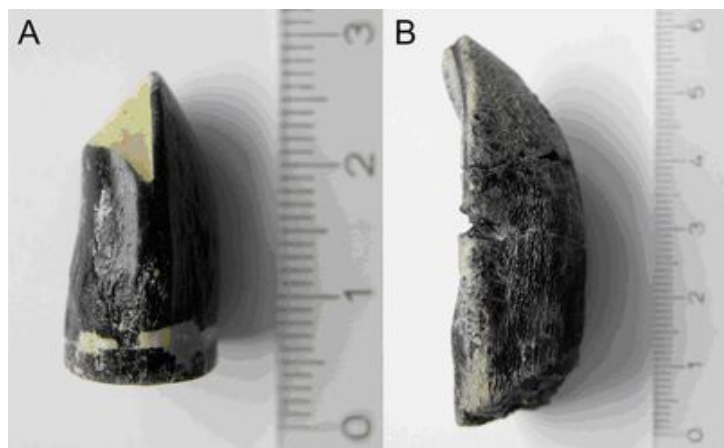
См. увелич. рис на следующем слайде!

Зависимость максимальной скорости прироста (в г/сутки) от массы тела взрослого животного (в г) для разных групп позвоночных: рыб, современных рептилий, сумчатых млекопитающих (Marsupials), плацентарных млекопитающих (Eutheria), выводковых птиц (Precocial birds), птенцовых птиц (Altricial birds) и динозавров (для них линия регрессии выделена жирным). Буквы в квадратиках соответствуют разным видам динозавров. Рисунок из статьи: Erickson et al. 2001. [Dinosaurian growth patterns and rapid avian growth rates](#) // *Nature*. V.412. P. 429-433.

Erickson et al. 2001. [Dinosaurian growth patterns and rapid avian growth rates](#) // *Nature*. V.412. P. 429-433



Температуру
динозавров
МОЖНО
определить по
зубам!

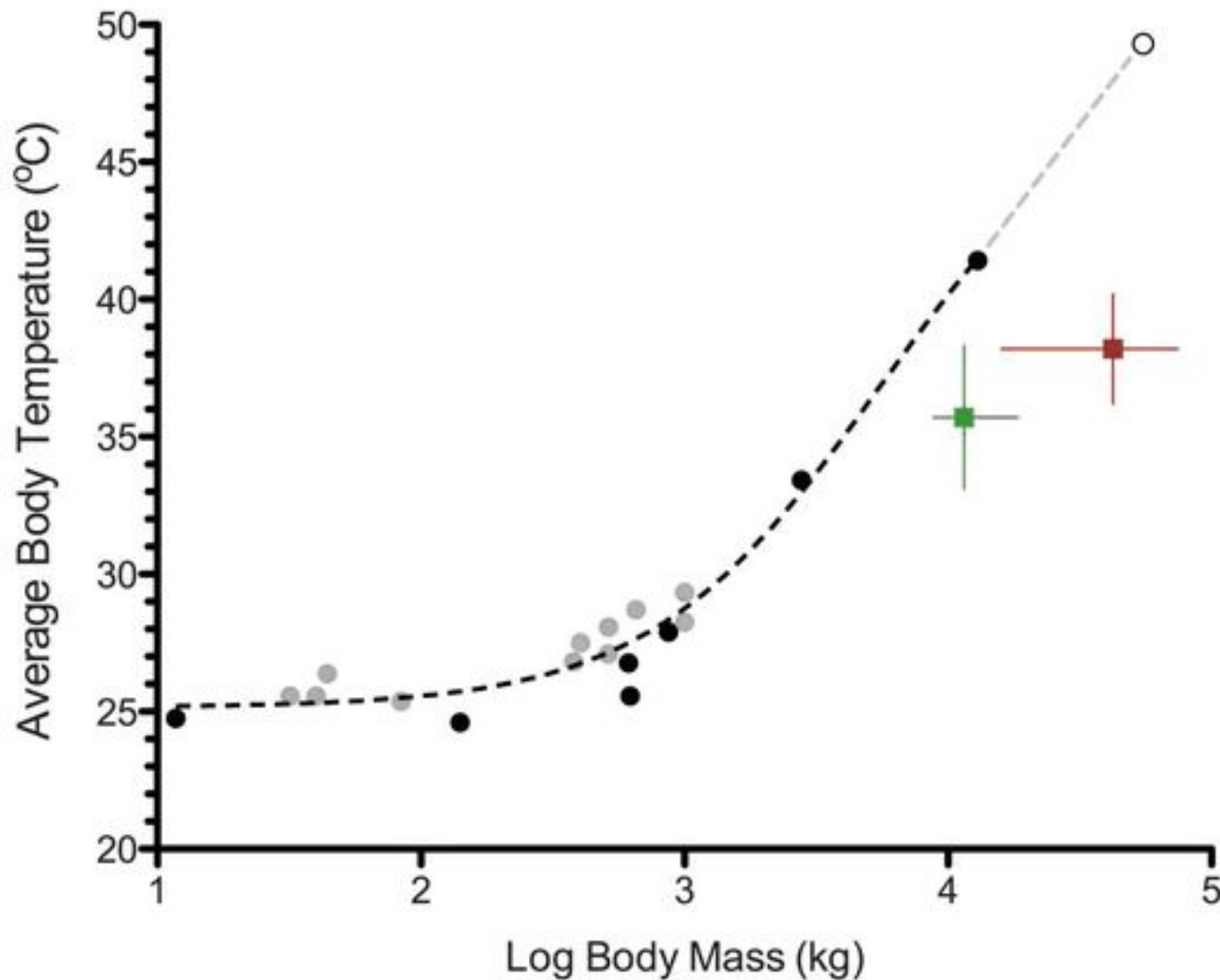


*Brachiosaurus (Giraffatitan)
brancai* в Берлинском музее
естественной истории



Недавно появился новый «палеотермометр» (Ghosh et al., 2006). Основан на том, что при образовании карбоната CaCO_3 (в том числе и входящего в состав биоапатита) тяжелый изотоп углерода (^{13}C) и тяжелый изотоп кислорода (^{18}O) демонстрируют четко выраженную тенденцию образовывать между собой связь, причем эффект этот оказывается строго зависящим от температуры

Robert A. Eagle, Thomas Tütken, Taylor S. Martin, et al. [Dinosaur body temperatures determined from isotopic \(\$^{13}\text{C}\$ - \$^{18}\text{O}\$ \) ordering in fossil biominerals](#) // *Science*. 2011. V. 333. P. 443-445



Зависимость средней температуры тела (°C по вертикали) от массы тела (кг, лог) для выборки современных крокодилов (светлосерые кружочки) и динозавров. По: Gillooly et al. (2006) с добавлением. Зеленый квадратик - *Camarasaurus*, красный - *Brachiosaurus* (оба последних значения по результатам изотопного анализа эмали зубов). Из: Eagle R.A. et al., // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 2010. V. 107. P.10377-10382

**Зависимость
интенсивности обмена
(и скорости развития)
организма от
температуры**

УРАВНЕНИЕ АРРЕНИУСА (Arrhenius equation)

Svante Arrhenius 1894

$$k = A e^{-E_a/RT}$$

k – константа скорости реакции;

E_a – энергия активации;

R – газовая постоянная

$$(R = 8.314472 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1})$$

A – коэфф. пропорциональности

T – абсолютная температура

правило Вант-Гоффа

**При увеличении температуры на 10°C
скорость реакции
возрастает в 2-4 раза**

$$\frac{w(T_2)}{w(T_1)} = \gamma^{(T_2 - T_1)/10}$$

γ - коэффициент, находящийся между 2 и 4

Q₁₀

**Для водных эктотермных животных
зависимость интенсивности
дыхания от температуры довольно
хорошо описывается правилом
Вант-Гоффа**

**значения коэффициента Q_{10}
находятся в пределах 2.0-2.5**

Для практических же расчетов
принимают, что

$$Q_{10} = 2.25$$

Скорость развития

$$V_t = 1/D$$

D – продолжительность
развития

Зависимость скорости
развития от температуры
лучше изучать на
непитающихся стадиях

Зависимость скорости деления развивающегося яйца севрюги от температуры

$$V_t = 1/D$$

А. Продолжительность одного деления яйца от температуры

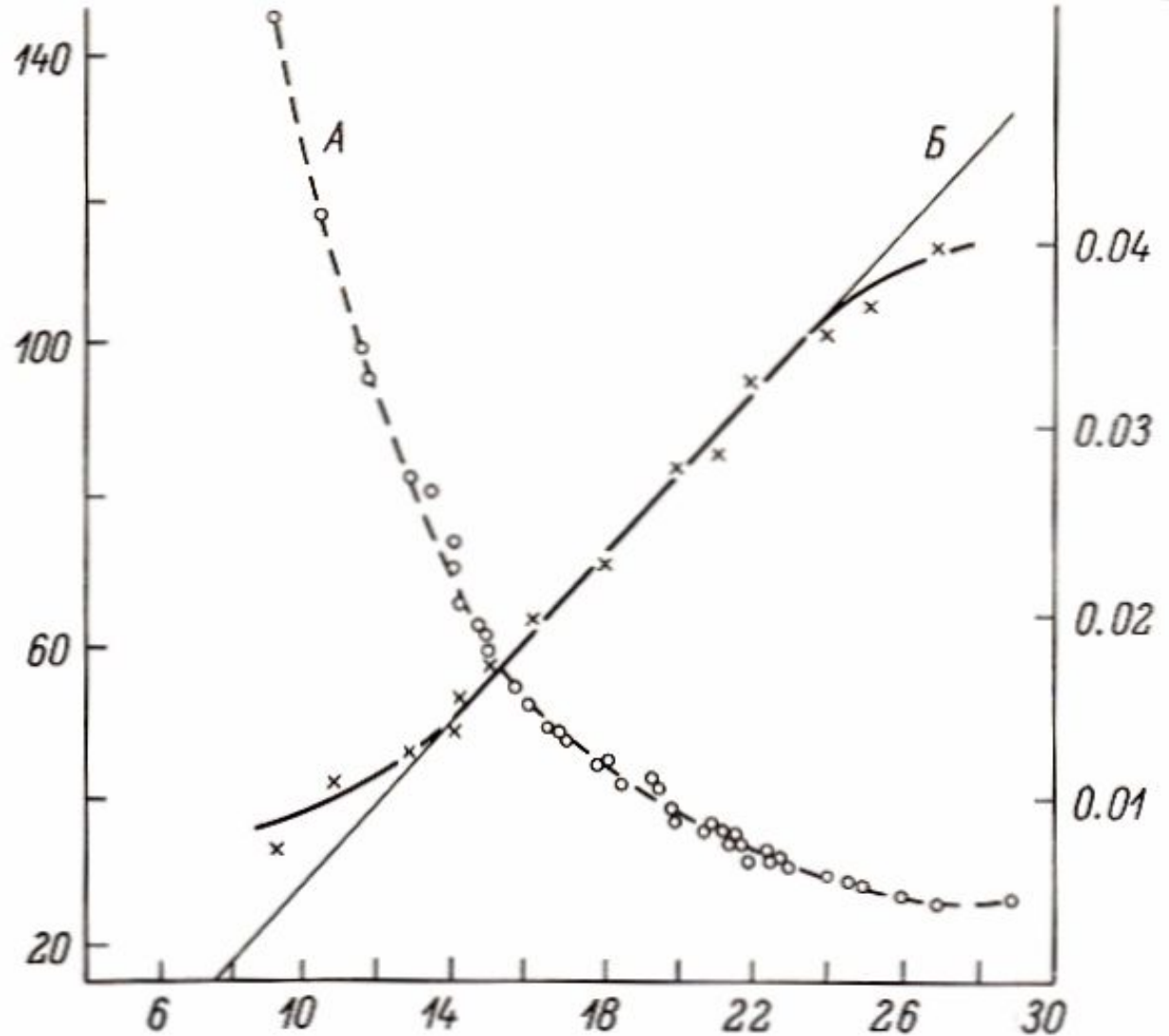
Б. Те же данные, представленные как скорость развития

Ось абсцисс – тем-ра °С

Левая ось ординат – продолжительность деления (мин)

Правая ось – скорость деления мин⁻¹

Гинзбург, Детлаф, 1969



Эктотермы и эндотермы

Внешняя температура и внутренняя температура

“Об эктотермах в отличие, например, от нас с вами, в частности, и от эндотермов вообще нельзя сказать, что для развития им требуется определенный промежуток времени. То, что им требуется, - **это некая комбинация времени и температуры**, часто называемая физиологическим временем. Иначе говоря, **время для эктотермов зависит от температуры, и если температура упадет ниже порога развития, то оно может воистину «остановиться».**” (М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. Экология, 1989, том 1, с. 71)

Четкая зависимость скорости биологических процессов от (внешней) температуры имеет место именно у эктотермов

** Слайд из лекций Л.В.Полищука*

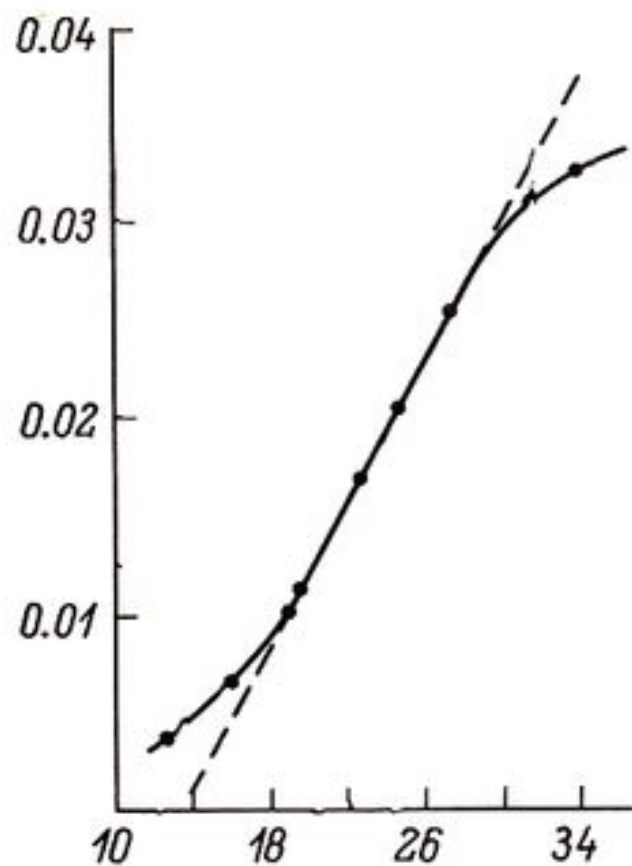


Рис. 3. Скорость развития куколки комара *Aedes taeniorhynchus* при разных температурах.

При 13 °С смертность 91 %, при 16—20 °С — 10—20, при 24—36 °С меньше 4 % (Nielson, Evans, 1960). На оси абсцисс — температура, °С; на оси ординат — скорость развития, ч⁻¹. Объяснение в тексте.

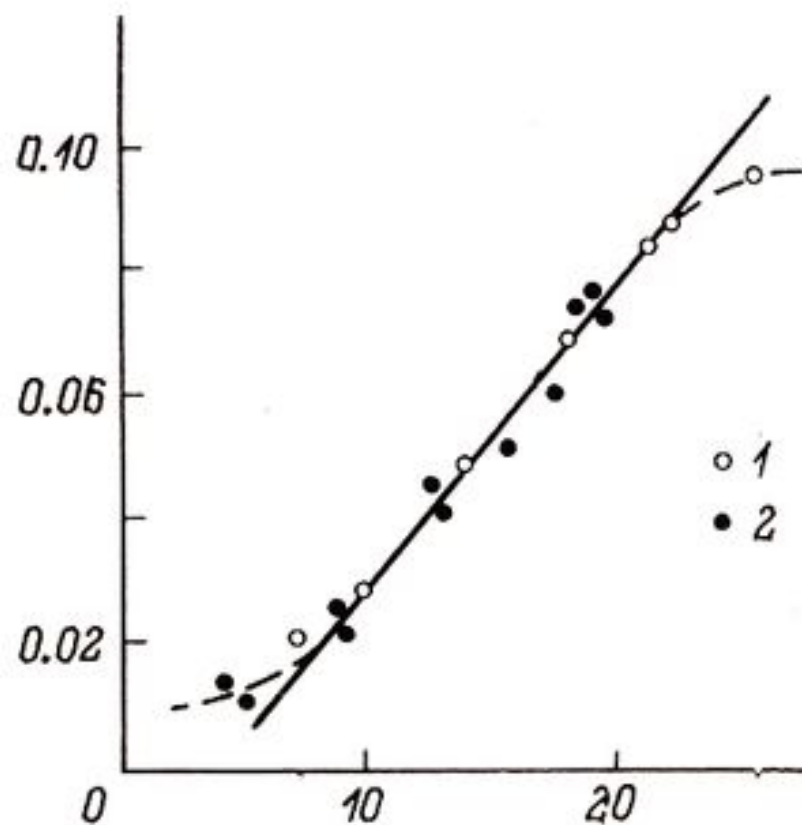


Рис. 4. Скорость развития яиц *Asellus aquaticus* при разных температурах.

1 — результаты В. Е. Рощина (1980), 2 — данные других авторов. Прямая рассчитана по уравнению $V = (t - 4.7) / 220$. На оси абсцисс — температура, °С. На оси ординат — скорость развития, сут⁻¹.

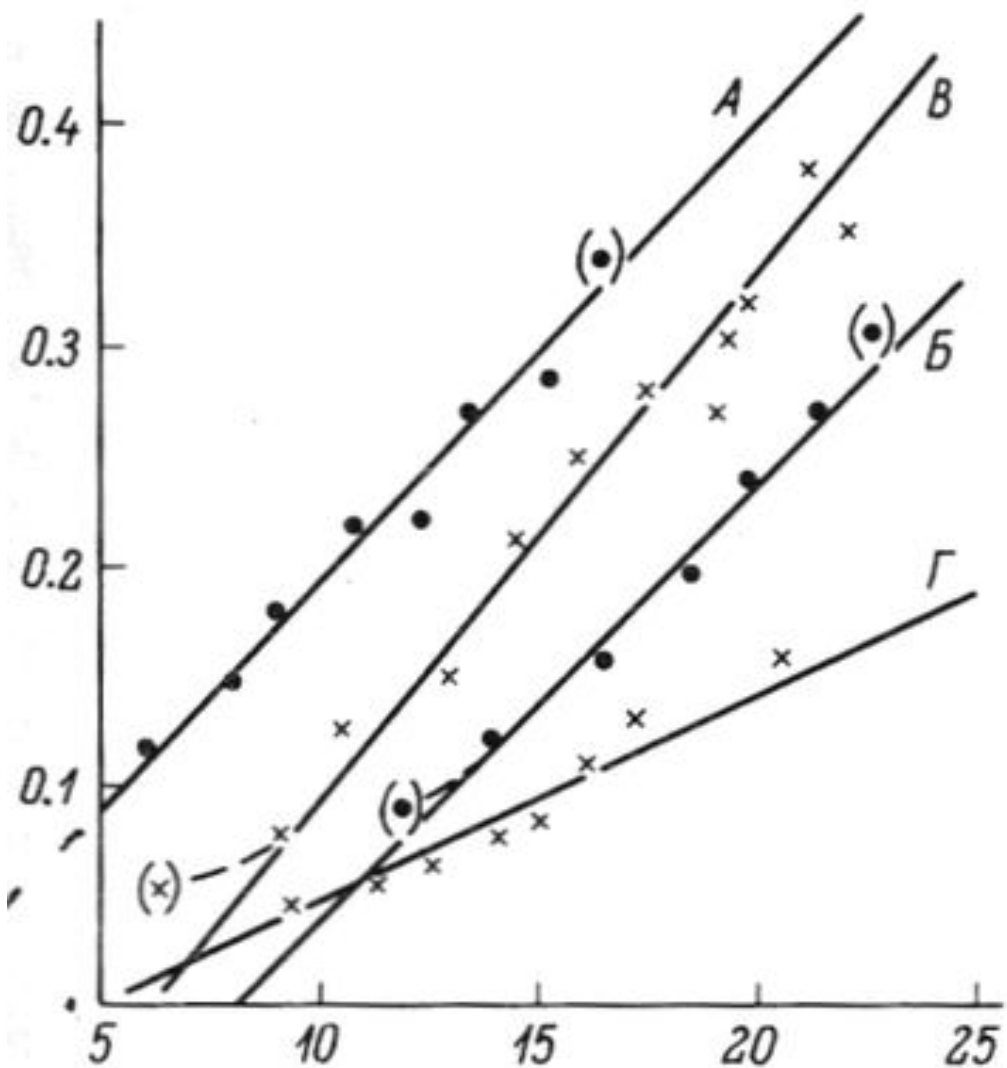


Рис. 10. Зависимость от температуры скорости развития икры рыб.

A — *Oncorhynchus mason* (сут^{-1}); Б — *Pagrosomus major* (ч^{-1}); В — *Leuciscus hakuensis* (сут^{-1}); Г — *Carrasius auratus* (сут^{-1}). Точки, взятые в скобки, означают скорость развития при резко сниженном проценте вылупления. По данным: А — Kawajiri, 1927a, 1927b; Б — Kajiya, 1929; В и Г — Kawajiri, 1927a. На оси абсцисс — температура, °С, на оси ординат — скорость развития.

**Возможность
правила суммы
температур**

«Эффективная температура» -
разность между реально
наблюдаемой
температурой - t
и условным нулем t_0

Сумма температур – это как
правило «сумма эффективных
температур», т.е. величин

$$(t - t_0)$$

Copyright: Paul Zborowski



Примеры:

Развитие покоящихся яиц кузнечика *Austroicetes cruciata* начинается при температуре 16°

**При температуре 20° (эффективная температура 4°) развитие яйца (до вылупления первой личиночной стадии) занимает 17.5 суток,
при 30° (эффективная температура – 14°) – 5 суток. Сумма температур в обоих случаях составляет 70 градусо-дней**

Примеры:

Для икры форели (вид обитает в высоких широтах) «биологический нуль» приходится примерно на 0°. Для полного развития икры соответственно требуется:

при температуре 2°C - 205 суток,

при 5°C - 82 суток,

при 10°C - 41 сутки.

Сумма температур во всех случаях оказывается равной 410 градусо-дней.

**Почему в тундре
не растут деревья?**

**Распространение леса на
севере Евразии ограничено
суммой эффективных
температур**

(превышающих $t_0 = + 10^\circ$)

700-800 градусо-дней,

но на Таймыре –

500-600 градусо-дней

«Свет как ресурс и условие»

—

**прошу пройти
самостоятельно, используя
учебник Бигона и др., и
учебники по физиологии
растений!**

Зависимость скорости метаболизма организма от массы тела

**На что полагаться при
оценке роли определенной
группы организмов в
экосистеме?**

Численность?

Биомасса?

Продукция?

Поток энергии через данную
популяцию?

**1 лось весом 500 кг
=
25 000 полёвок
весом 20 г каждая ?**



НЕТ !!!!!

**Для 25 тыс. полёвок
потребуется примерно в
11 раз больше энергии,
чем для одного лося**



Чем крупнее организм, тем больше ему надо энергии.
Связь можно описать степенной функцией:

$$Y = a W^b$$

где: **Y** – скорость дыхания, выраженная или в потреблении кислорода за единицу времени, или непосредственно в единицах потока энергии,

W – масса тела,

a и **b** – коэффициенты, более или менее постоянные для определенной группы организмов.

В логарифмической форме:

$$\lg Y = \lg (a W^b) = \lg a + b \lg W$$

Для гомойтермных (эндотермных) животных при средней температуре тела 39°C:

$$R_h = 4.1 W^{0.751}$$

Для пойкилотермных (эктотермных) животных при температуре 20°C:

$$R_p = 0.14 W^{0.751}$$

Для одноклеточных при температуре 20°C:

$$R_p = 0.018 W^{0.751}$$

