

как голубой кит) и $R_{эф} \approx 3,6$ м характерное время $\tau \sim 10^{26}$ с – уже около трети года!

Большие животные медленно меняют температуру тела и должны быть теплокровными. Для упрощения процесса теплоотвода с поверхности такие животные имеют гладкую кожу. В то же время у самых маленьких теплокровных животных, типа мыши массой ~ 3 г, эффективный радиус $R_{эф} \sim 0,9$ см и характерное время охлаждения $\tau \sim 1$ мин. В результате такие животные, имея достаточно большую температуру тела (у мыши она $\approx 38^\circ\text{C}$), вынуждены непрерывно искать пищу, съедая ее за день по порядку величины столько же, сколько весят сами. Кроме того, они обязаны иметь шерстяной покров, позволяющий снизить теплоотвод от поверхности тела (коэффициент теплопроводности шерсти приближается к таковому для воздуха и примерно на порядок меньше теплопроводности воды).

Таким образом, у самых маленьких теплокровных животных задача – не замерзнуть, а у самых больших – не перегреться.

Размеры клеток и скорость роста растений и животных

Размеры типичных клеток животных и растений примерно одинаковы, их характерный диаметр $d_{кл} \sim 10\text{--}20$ микрон. Однако сходство размеров типичных клеток не исключает наличия специальных клеток, имеющих существенно большую протяженность. Так, довольно велики нервные клетки у животных. А у некоторых растений, в частности у водоросли Нителлы, длина клеток достигает нескольких сантиметров, а диаметр порядка миллиметра. Следует отметить, что нервные клетки

животных, через которые передаются определенные сигналы по их организму, имеют специфическое строение (на техническом языке их можно уподобить волноводной линии). Поэтому их лишь с некоторой натяжкой можно назвать клетками. Нечто подобное происходит и в случае больших клеток Нителлы. Поскольку «управлять» жизнью этих клеток с помощью одного ядра затруднительно, в них имеется множество ядер, каждое из которых обслуживает определенную область большой клетки, – фактически это как бы множество сросшихся клеток.

Рост и развитие растений и животных происходит за счет деления клеток. При этом наибольшая скорость роста, естественно, у молодых организмов. В упомянутом справочнике приводится совершенно поразительный факт: скорость роста бамбука доходит до 75 сантиметров в сутки, т.е. до 3 сантиметров в час! Могут ли животные составить конкуренцию растениям по скорости роста? Тут, по видимому, следует дать отрицательный ответ. Дело в том, что растения могут расти некоторое время только в длину (можно назвать это одномерным ростом). У животных рост всегда двумерный (или трехмерный) – одновременно в длину и в ширину. Поэтому по скорости изменения линейных размеров растения вне конкуренции.

Однако и для растений, и для животных рост – это «просто» деление и дифференциация клеток. Можно ли найти физические причины, ограничивающие скорость роста клеток? Сделаем некоторые оценки. Клетки растений и животных состоят в основном из воды. Коэффициент диффузии для молекул воды при нормальных условиях составляет $D \sim 10^{-9}$ м²/с. При размере клеток $x \sim 10\text{--}20$ мкм характерная скорость диффузионного процесса составляет

$$v_D \sim \frac{D}{x} \sim (0,5 - 1) \cdot 10^{-4} \text{ м/с} = 50 - 100 \text{ мкм/с}.$$

Отметим, что для клеточных размеров скорости как направленного перемещения, так и случайного блуждания оказываются одного порядка.

Сравним указанную величину v_D с реальной скоростью перемещения веществ внутри клетки. Воспользуемся данными статьи А.В.Приезжева и Ю.М.Романовского «Физичес-

кие основы подвижности клеток» из книги «Школьникам о современной физике» (М.: Просвещение, 1990):

скорость движения ядер и митохондрий в клетке – 50 мкм/с;

скорость движения веществ по системе прокачки клетки – 150 мкм/с.

Очевидно, что скорость образования и роста новых клеток должна быть существенно меньше. Если принять «запас» равным 10, то для скорости роста клеток получаем такую оценку:

$$v_{кл} \sim (0,5 - 1) \cdot 10^{-5} \text{ м/с} = 5 - 10 \text{ мкм/с}.$$

Это составляет 2–4 сантиметра в час или 50–100 сантиметров в сутки. Видно, что наша оценка хорошо совпала с максимальной скоростью роста у растений (75 сантиметров в сутки).

Несколько другие соображения, основанные на скорости производства вещества зеленым растением под действием Солнца (см. статью А.Веденова и О.Иванова «С какой скоростью растет зеленый лист?» в «Кванте» №4 за 1990 г.), также дают оценку, близкую к указанной выше величине скорости роста. Так, при оптимальных условиях (хорошие освещение и питание корней) молодое растение может увеличивать свой рост за день примерно на треть. Это означает, что ежедневная скорость прироста у бамбука может составить 30 см при росте 1 м, 60 см при росте 2 м и 90 см для трехметрового растения. Видно, что это примерно тот же диапазон скорости роста, что и приведенный ранее экспериментальный факт (75 сантиметров за сутки). Нужно отметить, что уже начиная с 2–3 метрового размера ствола бамбука недостаток освещенности и питания корней (в основном из-за конкуренции с окружающими растениями) приводит к замедлению скорости роста. При этом близкий к экспоненциальному закон увеличения массы у молодого побега постепенно сменяется на примерно постоянный прирост массы, характерный для взрослого растения.

На этом прервем краткую экскурсию по миру Фауны и Флоры (по их наиболее «эффектным» представителям), затеянную с целью приоткрыть тайну их «крутизны». Прекрасно, что они есть, царство Фауны и царство Флоры, – это основа и нашей с вами жизни. К тому же, это пища, в том числе... и для ума.

