



Рис. 5. Зависимость осмолярной концентрации от порядкового номера сегмента, полученная в результате моделирования

особой необходимости, и поэтому ее количество в моче может быть большим, а концентрация веществ в моче (осмотичность) – низкой. Наоборот, для млекопитающих, живущих в пустынях, вдалеке от водоемов, каждая капля воды на счету. Поэтому обитатели пустынь, выводя шлаки с мочой, должны как можно больше увеличивать ее осмотичность. Действительно, исследования показали, что осмотичность мочи у бобров составляет всего 0,5 осмоль/л, а у тушканчика – более 5 осмоль/л. Различия в осмолярности мочи у этих животных можно объяснить тем, что у тушканчика длина петли Генле почти в 10 раз больше, чем у бобра.

Криобиология и биологические антифризы

Жизнь возможна только в очень узком диапазоне температур – от нескольких градусов ниже температуры замерзания чистой воды (0 °С) до 40–50 °С. Здесь, конечно, речь идет о температуре самого организма, а не окружающей среды. Изменение температуры очень сильно сказывается на многих физиологических процессах, а ее уменьшение значительно замедляет их. Так, потребление кислорода животными при понижении температуры на 10 °С падает в 2–3 раза. Оказавшись вне диапазона температур, совместимых с активной жизнью, многие животные могут выживать, переходя в состояние оцепенения. Некоторые из них, находясь в таком состоянии, способны переносить температуру жидкого воздуха (–193 °С) или даже жидкого гелия (–269 °С). Однако такой сопротивляемостью по отношению к низким температурам обладают далеко не все организмы. Те, кто держит тропических рыб в комнатных аквариумах, наверное, знают, что стоит отключить подогрев, и в первую же прохладную ночь все рыбки погибнут.

Животные, обитающие в условиях холодного климата, выдерживают длинные холодные зимы, когда их температура может падать гораздо ниже температуры замерзания воды. Один из способов, который помогает им избегать гибели в таких условиях, это переохлаждение. Под переохлаждением имеется в виду снижение температуры жидкости внутри клеток животного ниже температуры ее замерзания без образования кристаллов льда. Следует отметить, что образование кристаллов внутри клетки может привести к необратимому разрушению внутриклеточных структур и ее гибели.

Заметим, что если воду или солевой раствор охладить

ниже температуры замерзания, то это не обязательно сразу приведет к образованию кристаллов льда. Необходимым условием образования льда является наличие центров кристаллизации и достаточная длительность охлаждения. При отсутствии чужеродных частиц, служащих, как правило, центрами кристаллизации, чистую воду можно переохлаждать почти до –40 °С. При этом, как только появляется первый кристаллик льда, замерзание всей жидкости происходит очень быстро.

Давно известно, что глицерин предохраняет живые организмы от повреждения при замораживании. Глицерин в высокой концентрации содержится в гемолимфе насекомых, и с этим связывают их способность выживать при низких температурах. Например, у осы к наступлению зимы концентрация глицерина увеличивается до 5 моль/л, и в этот период глицерин составляет около 3% всего жидкого содержимого этого насекомого. В результате температура замерзания гемолимфы осы снижается до –17,5 °С. Так же, по видимому, можно объяснить недавнее открытие энтомологов, обнаруживших на одном из ледников Гималаев насекомого, похожего на комара, довольно активного при температуре ниже –16 °С.

Доказано, что способность переносить резкие похолодания, увеличивая концентрацию глицерина в крови, характерна не только для тех насекомых, которые на зиму впадают в спячку. Так, обычные мясные мухи легко переносят понижение температуры до –10 °С, однако они выживают только тогда, когда температура падает относительно медленно.

Оказалось, что причиной такой быстрой адаптации насекомых к отрицательным температурам является трехкратное увеличение концентрации глицерина в их гемолимфе. Это, очевидно, помогает им выживать во время заморозков ранней весной и поздней осенью.

Свойство глицерина быть хорошим криоконсервантом широко используется в биологии и медицине. Известно, что эритроциты можно много месяцев хранить без повреждения в замороженном состоянии, если предварительно погрузить их в глицерин. Используя глицерин, можно предохранить от криоповреждения даже целых животных. Вот – пример. Хомяков сначала перфузировали (от латинского perfusio – вливание) небольшим количеством глицерина, после чего их погружали в ледяную воду. Все признаки жизни (дыхание, сердцебиение) у них вскоре исчезали. Далее животных замораживали до температуры –14 °С, и они становились совершенно твердыми. Затем, пробыв около часа в комнате, они оттаивали, и большая их часть возвращалась к жизни.

Рыбы и множество беспозвоночных животных обитают в арктических водах, где круглый год температура воды держится около –1,8 °С. Температура замерзания жидкостей тела придонных антарктических рыб составляет около –0,7 °С, что примерно на целый градус выше температуры морской воды в приполярных районах. Почему же рыбы не замерзают? Оказывается, они в течение всей жизни находятся в переохлажденном состоянии. Если к такой рыбе прикоснуться кус-