

Задача 3. Миниатюризация в природе (Байжуманов А.А.) (8 баллов)

Если Вы читали сказку про Карика и Валю, то помните, что они выпили волшебный эликсир и превратились в маленьких человечков. На стрекозе они отправились изучать микромир. В развитие нанобиотехнологий большой вклад вносит изучение живых существ, которые образовались в ходе эволюции, приведшей к миниатюризации. В настоящее время особое внимание приковано к изучению миниатюрных насекомых, чей размер тела составляет от 140 до 1000 мкм. В процессе эволюции этой группы насекомых появились виды, размер особей которых меньше размера их крупных сородичей в 2000 раз.

Вопросы:

- 1) Выскажите свои предположения, какие изменения в их морфологии дали им возможность стать такими маленькими (**4 балла**)? Как это может помочь для дальнейшего развития микроробототехники (**1 балл**)?
- 2) Как вы думаете, какие ограничения существуют для их дальнейшей миниатюризации? (**3 балла**)

Ответы:

- 1) А) Процесс миниатюризации насекомых проходит несколькими путями, путем редукции и модификации. Редукция органов наблюдается при изменении образа жизни, например переходе к паразитическому образу жизни. Это можно сравнить с тем, что изобретенный микроробот будет выполнять ограниченный набор функций, то есть будет узкоспециализированным. Было обнаружено, что уменьшение размеров не приводит к сильному упрощению строения у большинства микронасекомых. Несмотря на миниатюризацию большинство органов сохраняют их план строения. Так в работе доктора биологических наук Полилова А.А. было показано, что «у микронасекомых в целом системы органов, эффективность которых определяется площадью поверхности (метаболические системы) или скоростью диффузии (ткани внутренней среды и трахейная система), возрастающими при уменьшении размеров тела, меняются изометрически или уменьшают свой относительный объем при уменьшении размеров тела». Органы кроветворения и дыхания подверглись наиболее сильному упрощению, за счет того, что при маленьких размерах не нужен разветвлённый транспорт по доставке кислорода и питательных веществ. При уменьшении размеров тела у насекомых сократилось число оформленных элементов экзоскелета, упростился эндоскелет. Миниатюризация приводит к тому, что ЦНС в целом и мозг в частности демонстрируют значительное непропорциональное увеличение объема при уменьшении размеров тела. Сходные процессы наблюдаются в половой системе. У некоторых насекомых нейроны лишены ядер.
В) Подобные миниатюрные насекомые могут служить примером, для создания наномашин. Например, многочисленные реснитчатые выросты, позволяющие парить в воздухе, могут служить примером для создания летающих нанороботов. Внешний скелет микронасекомых может служить прототипом каркаса наноробота. Исследование структуры и функционирования безъядерных нейронов поможет в создании механического аналога нейрона. В целом, эти наблюдения будут важны в будущем для создания полифункциональных микророботов способных к саморепродукции. Если роботам не нужно будет саморепродуцироваться, то для их компьютерного мозга будет отведено еще больше места.
- 2) При изучении микронасекомых было обнаружено, что фактором, лимитирующим уменьшение их размеров тела является объем ЦНС, который, в свою очередь,

лимитирован консервативностью строения и ультраструктуры, числом и размером нейронов, а также минимальным диаметром отростков. Для свободноживущих насекомых: их уменьшение ограничено размером яйца, то есть соответственно объемом половой системы. Таким образом, можно сделать вывод, что для микророботов основным лимитирующим фактором будет размер компьютерного мозга.