

## 7. Капсид – белковая оболочка вируса (11 баллов)

При создании капсида Природой была решена непростая задача: как, используя минимальное количество информации, из не обладающих высокой симметрией фрагментов собрать замкнутую оболочку с максимальной вместимостью (рис. 1). Для этого, в зараженной вирусом клетке первоначально синтезируются белковые кирпичики – **протомеры**, которые затем объединяются в симметричные «строительные блоки» – **капсомеры** – состоящие из пяти (**пентоны**) и шести (**гексоны**) протомеров. Используя однотипное объединение капсомеров друг с другом, вирусы строят оболочку необходимого размера, которая чаще всего приобретает симметричную форму икосаэдра.

В простейшем случае вирус использует одинаковые протомеры, соединенные одним и тем же способом друг с другом. На рис. 1 приведен пример сборки грани икосаэдра, основанный на таком принципе. Как можно видеть из рисунка, самой маленькой *симметричной* единицей подобного капсида будет являться равносторонний треугольник, составленный из трех протомеров. Число таких треугольников, приходящихся на одну грань икосаэдра, носит название *величины триангуляции Т*.

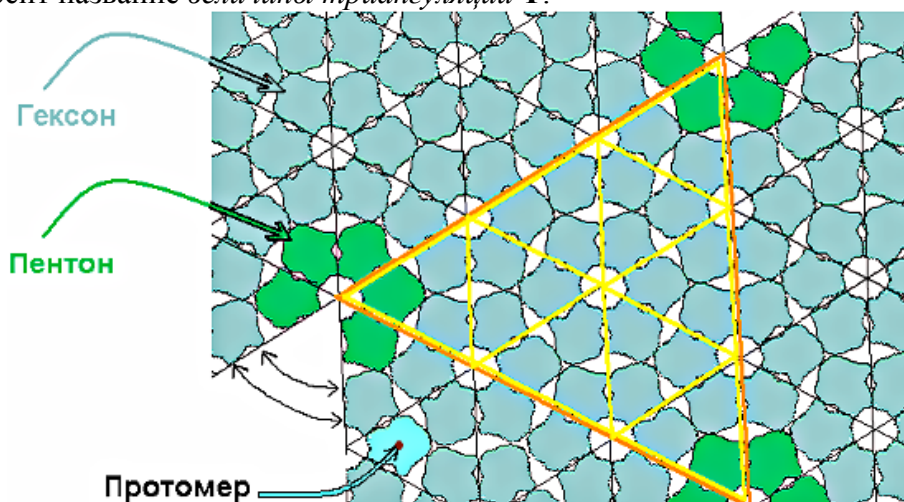


Рис. 1. Однотипно соединенные идентичные **протомеры** формируют плоский лист, состоящий из повторяющихся мотивов – **гексонов**. Для сворачивания этого листа в объемный икосаэдр в нем необходимо создать мотивы, состоящие из **пентонов**. Это можно сделать, «вырезав» один сектор гексона и «склеив» края. При этом возникают небольшие геометрические искажения, но характер связи между протомерами не нарушается.

В данном примере  $T = 9$ .

Если из листа протомеров в месте будущих «вершин» удалить не один, как показано на рис. 1, а два или три рядом лежащих сектора, то при его сворачивании также можно получить замкнутые оболочки, состоящие из одинаковых граней.

1. Форму каких многогранников будут иметь такие капсиды? Почему они, в отличие от икосаэдрических, не встречаются в природе? (2 балла)

2. Сколько протомеров содержит самый простой икосаэдрический капсид? В какие капсомеры они объединены? Ответ поясните. (1 балл)

3. В мире фуллеренов  $C_{60}$  и  $C_{70}$  – самые распространенные структуры. Какое значение величины триангуляции  $T$  будет у капсида, являющегося «аналогом» фуллерена  $C_{60}$  по числу пентонов и гексонов? Почему несмотря на то, что из пентонов и гексонов можно построить капсид в форме фуллерена  $C_{70}$  («мяч регби»), такие капсиды не получили распространения среди вирусов? Ответы поясните. (2 балла)

Структура капсида играет важную роль при классификации вирусов, поскольку, как правило, специфична не только для конкретного вируса, но и для всего семейства, к которому он принадлежит.

4. По рисунку 2 определите число протомеров, триангуляцию, число пентонов и гексонов для изображенных капсидов вирусов. Опишите ход вашего решения. (6 баллов)

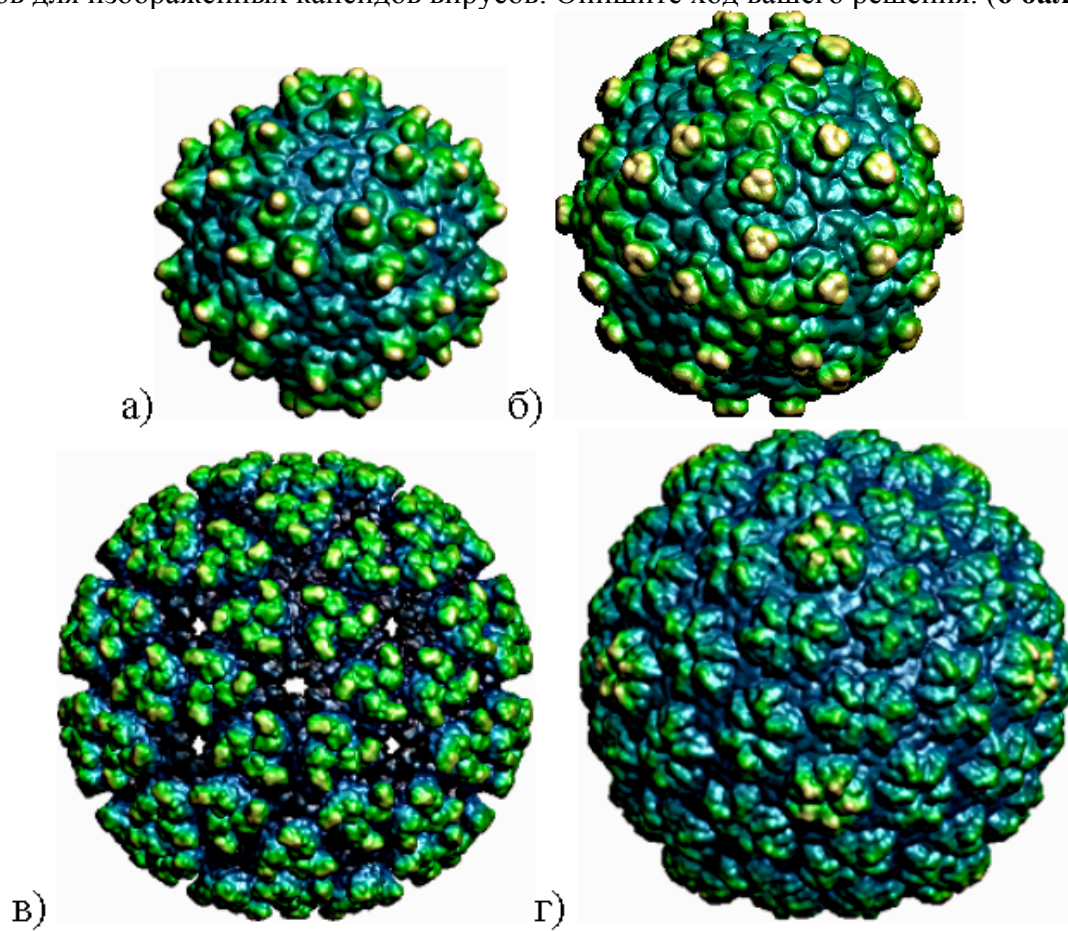


Рис. 2. Модели поверхностей капсидов: а) аденоассоциированного вируса, б) нодавируса, в) тогавируса, г) подовируса.