

## Человеческий геном - Гениальнейшая концепция сохранения информации.

(Das menschliche Genom – ein äußerst geniales Speicherkonzept für Information)

Вернер Гитт  
Перевод с немецкого: Альфира Вайе

Внутри наших клеток, в микроскопически малых по размерам ядрах хранится ценнейшая субстанция нашего организма – геном, наша генетическая информация. Известно ли вам, что объём информации нашего генома (= генетический материал в половых клетках) содержит 3 миллиарда генетических символов-букв? Если напечатать книги карманного формата (например, в моей книге такого размера «Вопросы первостепенной важности» насчитывается 252 000 знаков), содержащих такое количество символов-букв, то их получилось бы 12 000 штук. Стопка из этих книг была бы высотой 170 метров.

Чтобы только «отбить» такое количество знаков, высоко квалифицированной машинистке, печатающей со скоростью 300 знаков в минуту, не хватило бы всей её многолетней трудовой жизни, даже если бы она непрерывно работала по 8 часов в день 220 рабочих дней в году. Потому что ей на это понадобилось бы 95 лет! Если этот машинописный текст представить в виде одной строки, то эта буквенная цепочка протянулась бы от Северного полюса до экватора.

Знаете ли вы, что один профессиональный программист в среднем за день составляет программный код примерно из 40 знаков, включая время от создания концепции до её системного обеспечения. Если исходить из количества знаков в человеческом геноме, то для написания такой программы понадобилась бы работа в течение всего периода трудовой жизни целой армии программистов из 8 000 человек. И не один из программистов во всем мире не может объяснить, как составлена программа человеческого генома, размещенная на нити ДНК длиной всего в 1 метр.

Носителем памяти генетической информации является двойная спираль ДНК (химическое название: Дезоксирибонуклеиновая Кислота). Она состоит из двух винтообразно перекрученных между собой нитей, образующих таким образом двойную спираль. Пары нуклеотидов («буквы» генетического кода) располагаются в плоскости, поперечной оси спирали. Диаметр молекулы ДНК равен 2-м нанометрам (1 нм = одна миллиардная метра), высота одного витка спирали равна 3,4 нм. Этот носитель памяти человеческой генетической информации имеет **чрезвычайно малый объём –  $3 \cdot 10^{-9}$  мм<sup>3</sup>** (= 3 миллиардных кубического миллиметра). В этом невообразимо малом объёме реализуется такая огромная плотность записи информации, которая на десяток порядков превосходит возможности мощнейших современных компьютеров. Это наибольшая известная человеку плотность записи информации!

Теперь давайте попробуем составить себе представление об этой части материи, обладающей такой плотностью информационной памяти.

Представьте себе, что мы из вещества одной булавоочной головки диаметром 2мм вытягиваем сверхтоненькую проволоку толщиной, равной диаметру молекулы ДНК. Какой длины будет эта проволока? После соответствующих расчетов приходим к результату, что этой проволокой можно будет ни много, ни мало - 33 раза обвить Земной шар по экватору! Могли ли вы представить себе такое ?

Если же задаться вопросом, сколько же книг карманного формата нужно было бы напечатать, чтобы разместить в них объём ДНК-информации, уместяющейся в булавоочной головке? То мы получим следующий ответ:

15 триллионов! Сложенная из этих книг стопка была бы в 500 раз выше, чем расстояние от Земли до Луны, которое составляет 384 000 км. А, например, если бы все эти книги распределили между жителями нашей планеты (в настоящее время население Земли равно примерно 6,5 миллиардов человек), то каждый получил бы по 2500 экземпляров!

Каким образом достигается такая огромная, невообразимая и технически невозможная информационная плотность? Можно привести здесь 3 объяснения:

- 1) В молекуле ДНК применена пространственная, т.е. трехмерная технология записи информации, в то время как компьютерные модули в смысле документирования памяти имеют только двумерную ориентацию.
- 2) Для изображения памяти единицы информации теоретически достаточно одной единственной молекулы. В концепции молекулы ДНК эта материалосберегающая технология как раз и реализована.
- 3) В компьютерных чипах по технологическим причинам возможны только  $n=2$  коммутационных состояния, что ведет исключительно к двоичной системе кодирования с помощью 2-х знаков ( $n = 2$ ), а именно «0» и «1». Поэтому один знак кодирования в этой системе имеет объём информации в 1 бит ( $I = \lg 2 = 1$ ). Тогда как в молекуле ДНК имеется 4 химических знака (нуклеотида), обозначаемых буквами А, С, G и Т; это значит, что здесь возможна квадратичная система кодирования ( $n = 4$ ), при которой один знак кодирования (буква-нуклеотид) несет в себе информацию объёмом в 2 бита ( $I = \lg 4 = 2$ ), что дает увеличение размера памяти в 2 раза по сравнению с двоичным кодом.

Всю нашу генетическую информацию можно в целом сравнить с библиотекой.

Отдельные тома в ней называются хромосомами, а главы из этих книг – генами. Гены - это как бы «статьи» из гигантской энциклопедии. Человеческие 23 пары хромосом содержат двойной набор по 30 000 признаков, или генов. Каждый ген (признак) существует в двойном экземпляре: материнском и отцовском, что носит название - диплоидный хромосомный набор. В отличие от соматических клеток, содержащих диплоидный набор хромосом, половые клетки (яйцеклетка и сперматозоид) содержат простой, гаплоидный (haploiden, греч. – простой) набор. Таким образом, если 23 хромосомы содержат 30 000 признаков, то на каждую хромосому приходится примерно 1300 генов.

Наши генетические признаки (около 30 000) дают клетке точные указания для того, чтобы она могла производить всё необходимое, на что она запрограммиро-

вана: например, гормоны, ферменты, слизь, жир, иммуноактивные вещества и т.д. Спрашивается только, как расшифровывается эта закодированная информация и как этот абстрактный словесный код преобразуется в конкретные белковые молекулы? К тому же этот непрерывный сложнейший процесс протекает в невероятно малом пространстве наших клеток, имеющих диаметр всего лишь в несколько сотых миллиметра.

Приведенное выше изложение концепции памяти генетической информации в наших клетках продемонстрировало нам только лишь одну из сторон Божьего Промысла, которая вызывает в нас особенное изумление. Не обладая нашими сегодняшними научными знаниями, об этом догадывался и псалмист, поражаясь Божьему Величию и указывая на это в своей молитве:

«Как велики дела Твои, Господи! Дивно глубоки помышления Твои!» (Псалом 91:6)