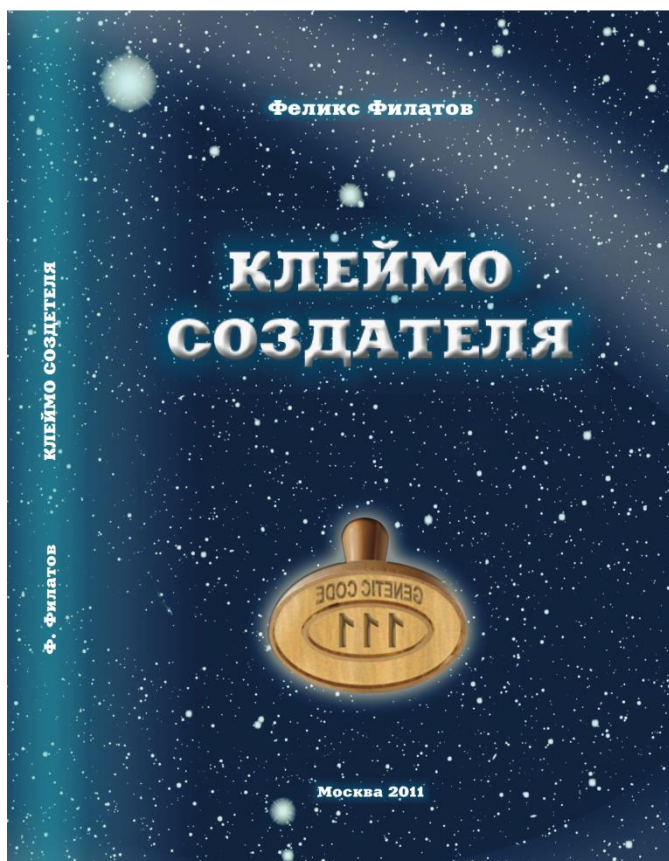


**Ф.П.ФИЛАТОВ**

# **КЛЕЙМО СОЗДАТЕЛЯ**

**МОСКВА 2011**



### КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ

Книга доктора биологических наук Феликса Петровича Филатова “*КЛЕЙМО СОЗДАТЕЛЯ*” (все буквы прописные) посвящена одной из версий происхождения жизни на Земле, аргументированной весьма любопытными формальными особенностями молекулярной организации одного из ее ключевых феноменов – генетического кода, на которые обращается незаслуженно мало внимания. Одновременно эта версия может оказаться решением известного *парадокса Ферми*, в основе которого лежит вопрос о существовании разумной жизни за пределами нашей звездной системы и о возможности общения и встречи с инопланетными цивилизациями. Книга (ее откорректированное издание выложено в Сети; бумажную версию можно приобрести у автора) располагает к фундаментальным размышлениям и ее с интересом прочтут биологи, биофизики и биохимики, математики, философы, а также те, кто интересуется космологией вообще.

# СОДЕРЖАНИЕ

## ВСТУПЛЕНИЕ – Немного лирики и мемуара

Глава 69. <i>ТЕМНЫЙ ОПТИМИЗМ И СВЕТЛЫЕ БЛАГОДАРНОСТИ</i> (I).....	4
Глава 111. <i>О ЧЕМ ЭТА КНИГА</i> (II) .....	16
Глава 7. <i>ТАКОЕ МНОГОЗНАЧНОЕ ЧИСЛО 69 И НЕМНОГО ВИРУСОЛОГИИ</i> (III).....	23

## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ – Научно-популярная

Глава 0. <i>ТАК ГДЕ ЖЕ ОНИ (MULTIVERSE)?</i> (IV).....	26
Глава 13. <i>ГДЕ ОНИ (UNIVERSE) И ПОЧЕМУ МОЛЧАТ?</i> (V).....	32
Глава 21. <i>ЧТО ТАКОЕ ЖИЗНЬ – И ОПЯТЬ НЕМНОГО ВИРУСОЛОГИИ</i> (VI).....	35
Глава 1. <i>ТАК ГДЕ ЖЕ ОНИ (UNIVERSE)?</i> (VII).....	42
Глава 211. <i>АБИОГЕННАЯ (ХИМИЧЕСКАЯ) ЭВОЛЮЦИЯ</i> (VIII).....	51
Глава G. <i>ПЕРЕХОД К БИОГЕНЕЗУ</i> (IX).....	56

## ЧАСТЬ ВТОРАЯ – Машина генетического кодирования

Глава G@C. <i>ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД – ЯВЛЕНИЕ “ГЕРОЯ”</i> (X).....	61
Глава 11. <i>МЕХАНИКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ</i> (XI).....	68
Глава 496. <i>ПОЧЕМУ КОДИРУЕМЫХ АМИНОКИСЛОТ ДВАДЦАТЬ?</i> (XII).....	75

## ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ – Арифметика генетического кодирования

Глава А. <i>АНАЛОГОВЫЕ ТАБЛИЦЫ ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА</i> (XIII).....	79
Глава Б. <i>БАРИОННАЯ ОЦИФРОВКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА</i> (XIV).....	90
ФОРМАТЫ 1D и 2D	
ФОРМАТЫ 2D и 3D	

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОТЗЫВЫ

Глава 96. <i>ПАРАДОКС ФЕРМИ</i> (XV).....	104
Глава ∞. <i>МЫСЛИ ПОД ЛЕСТНИЦЕЙ</i> (XVI).....	117

# ВСТУПЛЕНИЕ

## НЕМНОГО ЛИРИКИ И НЕМНОГО МЕМУАРА

### Глава 69.

#### ТЕМНЫЙ ОПТИМИЗМ И СВЕТЛЫЕ БЛАГОДАРНОСТИ (I)

Автора этой небольшой книжки мало заботит нумерация ее глав; он предпочитает более или менее связный рассказ, и поэтому номер вступительной главы выбран без обычного соответствия натуральному ряду, который начинается, кажется, с единицы. Точно с единицы? Или с нуля? Да с чего бы он ни начинался! Некоторые главы и вовсе обозначены буквами и даже другими знаками. Автор обещает все это объяснять по ходу дела. Таким способом – клин клином! – он рассчитывает выбить почву из-под ног торопливого критика, готового, по недомыслию, конечно, упрекнуть его в нумерологии, в каббалистике, в эзотерике, а то и в склонности к столоверчению. Для непривычных к такой нумерации дан в скобках порядковый номер очередной главы “допотопными” (об этом позже) римскими цифрами. Арабское же число, которым обозначено вступление – это всего лишь знак Зодиака Автора ♄, чуть повернутый против часовой стрелки. Но и тут – какой бы Черной ни была Луна в восьмом Доме и как бы квадрат Меркурия ни доминировал в тригоне – и даже в секстиле – Миранды, Юноны и Энцелада – Автор и это не склонен связывать с тем, что произошло с ним на той неделе – или произойдет на следующей. Астрология для него, особенно та, которую *любители* этого дела называют *профессиональной* – не более, чем прикладная психология, густо усеянная фальшивыми бриллиантами величиной с кулак. Многим нравится.

Одновременно знак ♄ – символ несовместимого с малодушием диагноза, благодаря которому у Автора на несколько месяцев появился океан свободного времени. Ему, человеку, привыкшему к обычному писюку<sup>1</sup>, этого времени должно, как он ожидает, хватить, чтобы подружиться с ноутбуком *МакИнтош*. Как сразу же заметит Читатель, чувствительный слух Автора протестует против принятой русской транскрипции слова *notebook*. Следовало бы тогда писать также “блокнот”, “ноутоносец”, “вербальная ноута” и “боутик Петра”. Нет, довольно с нас и “дредноутов”. Кстати, русскому слову “дредноут” уже больше ста лет – почему бы не утвердить на столь уважаемой основе словечко “дредноутбук”, обозначив им, к примеру, какой-нибудь допотопный лаптоп *Тенди 1400LT* или очередной неуклюжий *виджет—гаджет*? Всё лучше, чем тошнотворные для нормального русского уха *вау* и *ауч*, а также “олбанские” *фторнег* (второй рабочий день недели) или *ацкие пицот минут* (его продолжительность). Но вот такие словечки, как *фича*, *патч*, *инфа* и несколько подобных, почему-то не режут Автору слух. Они даже не кажутся ему американизмами. Занятно, правда?

Число 69 – это еще и мой возраст, из которого, конечно же, вытекает печальная завышенность упомянутых ожиданий. Но пришло время, монитор моего писюка-ноутбука сгорел, и необходимость освоить подаренный Олегом<sup>2</sup> *Эннл МакИнтош*, долгое время

---

<sup>1</sup> компьютер “на Виндах”, персональный компьютер, РС

<sup>2</sup> старший сын; подарил Автору *МакБук-Эйр* – царский подарок – и как раз во-время

откладываемая, стала неотвратимой. Несколько раз я пробовал сделать это и прежде, но неизменно отступал: недаром говорят, что если бы “Эппл” (яблоко) оставался только фруктом, жизнь на Земле была бы намного проще. Теперь отступить некуда: впереди соблазнительная задача поразмышлять *о высоком*, и да поможет мне Пог<sup>3</sup>! Пусть случится такое чудо. И, конечно же, пусть вдохновит меня мой *черный оптимизм*, приобретенный *как бы типа по жизни*, то есть, с течением времени.

Быстро привыкаешь к улыбкам собеседников – от Читы до Чикаго и от Монако до Москвы, - которым приходится отвечать на вопрос об отношении к миру ссылкой на свой черный оптимизм. И всё же я не сразу нашелся, когда в Обнинске, в клинике Института медицинской радиологии мой доктор попросил определить этот оксюморон. “Не фатализм ли это?” - спросил он: понятно же, что всякие парадоксы в устах больного настораживают врача и вводят его в соблазн уточнить диагноз. “Что это у вас, у мужчин, за робость такая в членах: один говорит про гильотину, когда у него кровь берут из пальца, вы вот – про какие-то десять тысяч вольт?” Я и вправду попытался глупо состричь, сравнив кушетку, на которую меня уложили (прилаживая концы ЭКГ-прибора к этим самым членам), с электрическим стулом в какой-нибудь Алабаме; между прочим, на этот раз остричь я и не думаю, так что если кому-то чудятся тут сомнительные каламбуры, ему просто противопоказан *Comedy Club*. “Нет чтобы про лютики думали - или еще про что, столь же прекрасное!” Так говорила мне в ИМРе *одна терапевт*. “Но, - резонно отвечал я вопросом, - разве лютик в моей голове не потребовал бы, скорее, энцефало-, нежели кардио-граммы, - и перевода совсем в другую клинику?” Правду сказать, я не смог бы сейчас даже вспомнить, как выглядят эти самые лютики. На ум приходят только медведи да Бальзаминовы.

Когда Соммерсету Моэму исполнилось шестьдесят, он написал замечательную вещь “*Подводя итоги*”, книгу, о которой я много лет думал как о той, которую *взял бы на необитаемый остров* (когда-то высшая читательская оценка). Он прожил еще тридцать и в конце жизни на вопрос “*Как вы себя чувствуете?*” отвечал: “*Недурно - если учесть альтернативу*”. Когда шестьдесят исполнилось мне, было не до итогов. Да и альтернатива не просматривалась. Я тогда только-только (с сорокалетней задержкой, к сожалению) дорвался до юношеской мечты и выучился поднимать в воздух ЯК-52, выполняя в тренировочной зоне простые пилотажные фигуры – всякие виражи, горки, пике, развороты, восьмерки и прочее, а вернувшись на *точку*, аккуратно сажать самолет – порой, при выполнении *конвейера*, многократно: приземление-взлёт-коробочка-приземление-взлёт-коробочка<sup>4</sup> и т.д. – шесть-восемь раз подряд. Работа! И слова инструктора Димы “*Вашим крайним полетом я доволен*” вновь уносили меня на седьмое небо. А всякие петли, бочки-полубочки, иммельманы, штопоры, пикирование до высоты меньше ста и немедленно - почти вертикальная спираль сквозь облака на две тысячи - в ослепительно блистающий солнечный мир, - всё, чем пару раз, когда надоедал ему мой “низший пилотаж”, Дима заканчивал урок, - вот это было даже не седьмым – двадцать седьмым небом. *На всю оставшуюся...* – если, конечно, она пройдет в штатном эшелоне, завершившись – как и положено - короткой глиссадой. Какие итоги, когда такой восторг, такое направление ветра, такая облачность, такое - во всех смыслах – давление и такая точка росы! И ощущение, что я тоже могу по-моэмовски не угадать возраст их подведения. Да и кому интересны чужие итоги – в своих бы молча разобраться! Собственные литературные таланты я оцениваю не слишком высоко, приключений на мою долю выпадало не слишком много, а всякие знаменитости, рассказы о которых обычно живо интересуют публику, попадались на моем пути не слишком часто. Соблазн же делиться с Читателем десятком трюизмов, к которым,

---

<sup>3</sup> Дэвид Пог (*David Pogue*), автор серии популярных Руководств для компьютеров *Эппл-МакИнтош*

<sup>4</sup> *Коробочка* – четыре штатных разворота над аэродромом (*точкой*)

в конечном счете, сводится так называемый житейский опыт, меня и вовсе не увлекает: все это давно описано в *Книге Исход*. Или у того же Моэма. Или у Конфуция. Или у какого угодно сочинителя с куда более резвым пером.

Человек не слишком изменился после Кро-Маньон (другое дело, как он менялся *до*). Зато очень изменился мир в его представлении. Этот мир больше не покоится на трех китах, черепахах или слонах. Он не покоится ни на чем. Он вообще не покоится. Остановить мгновение, задержать его стремительный изотропный разлет может лишь моментальный снимок, который немедленно приобретает исторический, через мгновение археологический, и тут же - почти палеонтологический интерес: так быстро в прошлое уносится в наши дни память об уносящейся в будущее жизни. Песком забвения ее засыпает нарастающая лавина новых событий – неизбежное, хотя и не прямое, следствие *закона Мура*. Перед Читателем такой снимок.

Страсть популяризаторов науки вновь и вновь рисовать картину происхождения мира естественна, но у Автора вряд ли возникло бы желание дополнить длинный список их книг своей - и вряд ли вообще хватило бы терпения написать на эту бесконечную тему нечто конечное - если бы, вглядываясь в завораживающий молекулярный узор жизни, как в детский калейдоскоп, он не обнаруживал в нем неожиданные комбинации, пытаться как-то объяснить которые немислимо без игры воображения, чего строгая научная литература - вполне резонно - старается избегать. Сам узор, невозможный, как чудо, и стройный, как Тадж-Махал, впервые изумил Автора четверть века назад на лекции, которая была им организована в лабораторной комнате 240 Института вирусологии Ивановского в Москве для физика, который направлялся из Алма-Аты в Прагу на Конференцию по поиску внеземной жизни (как-то так она там называлась). Дело было в августе, и собрать удалось только шесть научных сотрудников – двух старших и четырех младших. Свои иллюстрации лектор раскладывал на полу (доски в комнате не было), отчего та – уже легендарная – лекция и получила позднее свое фривольное название. Автор был совершенно сражен рассказом докладчика - но также и тем, что из шести слушателей его чувства разделил лишь один, а пять ушли, так ничего и не почувствовав. Этот со-чувствующий заявил, что построит модель генетического кода в виде тетраэдра, что казалось ему делом не особенно сложным; потом он остыл. Автор тоже подумал о тетраэдре и довел-таки дело до определенного результата, обнаруживая попутно и новые “красоты”, и новых людей, которые, в свою очередь, обнаруживали в теме что-то новое. Инертность остальных мэ-нэ-эсов он объяснил подростковой неразвитостью слуха, не различившего в *Музыке Сфер сольного рефрена ударных*<sup>5</sup>, зарифмованного математикой. Того, что *сумбур и брызги* для одних, а для других - *гармония Вселенной, ничтожных сил суммарный результат*<sup>6</sup>. Много позже первые уже напевали:

*Не люблю я точные науки -  
Точно сам не знаю, почему*<sup>7</sup>...

Вторые же – как чувствовали: не к добру эти песни. Спустя десять лет *суммарный результат* возни *ничтожных сил* обратил и без того увечные российские науки в бизнес-пыль, а пресловутая *серьезность* (или *солидность*) обрела статус эквивалента уголовных денег. Теперь плюет она на гармонию Вселенной. Ну, и Вселенная, для которой она – не более, чем *возня мышей в сыре*<sup>8</sup>, отвечает ей тем же - в своей несуетной, неспешной манере; результат впереди.

<sup>5</sup> Михаил Щербаков, “Сердце Ангела”

<sup>6</sup> Джон Апдайк, “Танцы твердых тел”

<sup>7</sup> Николай Расторгуев, группа “Любэ” - *Клетки*

<sup>8</sup> Дмитрий Быков, газета “Коммерсант-Власть”, проект *Поэт и гражданин*

Более опытные ученые отнеслись к теме как к “арифметике” Санкхья-Карики, которая утверждает, что “*есть восемь граней неизвестности и столько же – у заблуждения; у крайнего заблуждения – десять граней, у мрака их восемнадцать, столько же у совершеннейшей тьмы*<sup>9</sup>”. Немногих трогала такая геометрия. Они принимали тему за мираж, случайность, совпадения, за болезненный самообман, просто обман, мистификацию, шутку или за рассуждения о квадратном корне из результата умножения помидоров на паровозы, выраженном в килограммах. И за легкомысленную попытку браться за проблемы, для которых не придумано ещё научных инструментов. Их угнетала излишняя впечатлительность тех, кого все это впечатляло. Они скучали. И правда: при фантастических достижениях экспериментальной молекулярной биологии и нарастающем множестве вопросов, которые она ставит и которые необходимо решить для понимания ключевых явлений жизни, человек смежной области науки, предлагающий в качестве ответов какой-то умозрительный формализм без внятной молекулярно-биологической трактовки, напоминает неприсяжного к науке провинциала, полуграмотного и претенциозного. Отдавая себе трезвый отчет, что в такой оценке, возможно, что-то и есть, Автор, профессиональный молекулярный биолог, все-таки отваживается предложить вниманию Читателя поразительный рисунок одного из узловых феноменов жизни – генетического кода, вновь и вновь сомневаясь, что это только мираж и самообман. Этот рисунок выглядит как почерк Создателя, кто бы им ни был. *Lá, tout n'est qu'ordre et beauté*<sup>10</sup>. И то, **что** написано этим почерком, не менее интересно, нежели химический состав чернил небесной авторучки или биомеханика ее движения.

Умножение – как и сложение, вычитание и деление, то есть базовые элементы арифметического синтаксиса, – все эти действия вряд ли присущи косной материи, хотя непостижимая эффективность математики<sup>11</sup> должна, как будто, противоречить такому взгляду, да и Бога за Великого Математика держали еще Ньютон и Лейбниц. Но в искусственном, интеллектуальном, присущем только цивилизации и культуре, характере представления числа на основе сознательно (или исторически) выбранных позиционных систем счисления с использованием знака “0” (*ноль*) вряд ли кто-нибудь усомнится. Мы поговорим и об этом. Конечно, попытка как-то объяснить удивительную организацию генетического кода выходит, на первый взгляд, за привычные рамки физики или химии. Но и попытку уйти от ее обсуждения приходится списывать на слепоту и осторожность, граничащую либо с самоуверенностью тех, для кого все живое – не больше, чем физика или химия, – либо с пугливостью тех, для кого мнение большинства и господствующая точка зрения – больше, чем физика или химия.

Название книги набрано прописными буквами, чтобы не обманывать Читателя. Для верующих, которые познакомятся с тем, что в ней написано, Автор – конечно же, еретик. Они никогда не согласятся с его взглядом на существующие религии, которые – вслед за Спинозой – он считает, скорее, слабостью, нежели силой, духовной подпоркой стойкости и покоя, без чего думающий человек вполне может обойтись. Понимая христианскую метафору по-своему, он считает, что именно человек на шестой день творения создал Бога, а не наоборот, – да и то к вечеру, примерно тогда, когда часы Ясперса прозвонили *Освоее Время*, и языческое многобожие стало уступать “рационалистическим” религиям новой эры. К событиям предшествующих пяти дней библейский Бог не имел никакого отношения. Одно из “достоинств” обывательской веры – возможность не требующего серьезных умственных усилий объяснения ошеломляюще сложного и гармоничного мироустройства. Объяснения, доступного каждому – насколько каждому доступны постижение и озарение.

---

<sup>9</sup> цитируется по роману Марка Твена “*Позолоченный век*”

<sup>10</sup> Шарль Бодлер, *Цветы Зла*, “*Приглашение к путешествию*”

<sup>11</sup> Юджин Вигнер

Верующий не задает себе вопросов, если его детство прошло в тени колокольной. Для него чудо – чудо и есть, о чем тут спрашивать? И если вокруг – создания (с чем трудно не согласиться), то должен же быть и Создатель (далеко не единственный в этом мире логический курьез). *Массовое мышление - это мышление тех, у кого на любой вопрос заранее готов ответ - что не составляет труда и вполне их устраивает*<sup>12</sup>. То, что для специалистов по нелинейной динамике - *принципиальная* непредсказуемость поведения сложных систем, для верующего – судьба и *принципиальная* предначертанность. Ну, а в строке *не бывает атеистов в окопах под огнем* больше всё-таки суеверия и надежды - бесшабашной и отчаянной, - нежели веры. И не способность уверовать отмечает созревание ума, а напротив, понимание таинственной и захватывающей дух глубины свободного от мифов мироздания. Создатель в нем, возможно, где-то и прячется, но он – нечто совершенно не то, что воображает себе человек, пришедший в Храм - пусть даже бахаистский, не ограниченный, как будто, никакой обрядовой традицией. Путь к Вере прям, короток и прост. У атамана Кудеяра Господь пробудил совесть *вдруг*. Простые пастухи быстро пришли к новорожденному Иисусу: знали, куда; искушенные волхвы проделали путь к нему за год (или даже за два): дорога к Истине извилиста, мучительна и долга, да и кто знает, *что есть истина?*

Две тысячи лет назад *четырнадцатого числа весеннего месяца нисана* этот вопрос был задан самому Помазаннику, но задававший не получил внятного ответа. Имя его не сохранила история, только “фамилию” – Пилат, что значит дротик, *копье*. И был он хоть и не из простых, но также не из благородных, не из патрициев – всего-навсего всадник, чьи предки лишь пару поколений назад спустились с Понтийских гор. Зато должность его - императорский наместник, так сказать, полномочный представитель – вполне, как мы в России теперь хорошо понимаем, позволяла озолотить всё его семейство. Его и называли *Золотое Копье*. “Что есть истина?” Полторы тысячи лет спустя ответ на этот вопрос по-прежнему оставался мутным. Немногие пытались найти истину, те, кто пытался, дорого платили за это. Кто из современников не поёживался, узнав, *что* написал этот Коперник? А кто из собравшихся не вздыхал с облегчением, когда затихали крики Джордано, Яна Гуса - и подобных? Да и сам Леонардо, увидевший, как дама, восхищенная новым блюдом, потеряла сознание, узнав его рецепт, заметил, что истина для людей невыносима. Пятьсот лет после Да Винчи великие правоведы из всяких *басманных судов* истину эту уже благоразумно имитировали - в промежутках между молитвами Спасителю. Чего уж нам, простым, которые и с парадоксами-то не дружат? А между тем истина всегда парадоксальна и потому – как и парадокс - не вечна. Когда Энгельс заметил, что свобода – это осознанная необходимость, его слова звучали парадоксом. Сто лет спустя советские школьники, когда их спрашивали о свободе, вспоминали только Энгельса, и уныние этой многократно повторяемой истины заставляло в ней сомневаться. Еще пол-столетия спустя ее окончательно затер тот, кто заявил, что свобода лучше, чем несвобода. Когда-то, еще во времена Ромула, мысль о том, что кратчайший путь к сердцу мужчины лежит через его желудок, была, возможно, очень свежей и будила интерес к анатомии. В наши дни она стала настолько общим местом, что девиз американских феминисток *The shortest way to man's heart is through his chest!* выглядит парадоксом, лишней раз освежая справедливость первого постулата Эвклида и пробуждая интерес теперь уже к геометрии: *Кратчайший путь к сердцу мужчины – сквозь его ребра!*

Многие считают – и Автор готов с этим согласиться, - что следующим, столь же масштабным, как *Осевое время* и возникновение монотеизма, этапом созревания цивилизации *Ното*, если она сумеет себя сохранить, будет переход к мировоззрению, основой которого станет свободное от поклонения выдуманному идолам уважение и бережное отношение к миру. Это – вслед за Джилл Тартер – можно назвать и *универсальной*

---

<sup>12</sup> Хосе Ортега-и-Гассет



религией, ...которая согласуется с наукой. Будучи серьезным ученым, профессор Тартер (известный американский астрофизик, одна из руководителей программы SETI по поиску внеземного Разума) полагает, “что такая религия с очевидностью представляется возможной... Долгоживущая (десятки миллионов лет) технологическая цивилизация, - считает она, - или обязательно сформирует единственную религию – или будет свободна от религии вообще”. Конечно, - согласимся мы, - никакая цивилизация не может так долго существовать без гармонии научной картины мира с его этической потребностью.

Сегодня представить себе это почти невозможно, но ведь и в пещере КроМаньон никто не представлял себе ни технологического, ни интеллектуального взлета нового времени. Все главные современные религии содержат зерно эволюции к универсализму. Но если это зерно упало на каменистую почву, придется признать межрелигиозную нетерпимость, смешную, с точки зрения атеиста (и, думаю, самого Бога, если бы он существовал), имманентной сознанию Человека “разумного” – и ожидать гибели цивилизации *Ното* задолго до того, как Солнце раздуется до размеров красного гиганта. А ведь неизбежность этого события, до которого остается еще 5-6 миллиардов лет, уже сейчас повергает многих в уныние. Представление о Боге, как об *этической потребности мира*, несовместимо с такой судьбой. Следовательно, придется либо смириться с ней, признав первородный грех несмываемым, либо назвать подобные предсказания ложными (то есть назвать науку ересью), либо - найти выход из затруднения. Выход этот потребует весьма серьезной научной и практической работы, длительность которой и может привести к универсальной религии - или перечеркнуть всякую; ни один атеист не станет возражать против такого хода событий. Атеист – не тот, кто жжет иконы, рушит храмы и режет людей за шаржи на пророков. Этим занимаются как раз другие. И грех, как известно, не в том, что Адам и Ева приобщились к знаниям. Он в том, во-первых, что ни к каким знаниям они как раз-то и не приобщились. Кто, кроме девиц на выданье, думает, что достаточно съесть пару яблок (*apple*), чтобы блистать потом не только фигурой, но и “парой образований” в качестве приданого? Нет, яблоко – это вам не *Эпл (МакИнтош)*! Грех, во-вторых, в том, что они приобщились ко лжи: Адам, оправдываясь, ссылаясь на Еву, Ева - на Змея, а со Змея и спроса нет. *Изгнание из рая* – это взросление и понимание, что никто, кроме тебя. И теперь стать Богом становится тем же, что и вернуться к Богу. Св. Иринея Лионский (II век) выразил это так:

*Слово Господа нашего Иисуса Христа  
От безграничной любви своей  
Стало тем, чем являемся мы,  
Чтобы мы стали тем, чем является Он<sup>13</sup>.*

Разница между настоящим верующим и серьезным атеистом – не более, чем разница их вкусов. Автор время от времени готов – с трубкой в зубах (знаком дьявола, между прочим!) – пораскинуть мозгами над мыслью Иринея, но не в силах ни освоить предлагаемую им лексику, ни отделаться от ощущения, что его теория, если это теория, или модель мира, если это модель, - одна из множества. К последнему случаю вполне применимы слова Манфреда Эйгена: *Теория может быть корректной или нет; модель имеет третью возможность – оставаясь корректной, совершенно не относится к делу.* Правда, у модели есть и достоинство: представляя явление в неожиданном ракурсе, она часто заставляет задуматься. И хотя ракурс Иринея давно не нов и не неожидан, полезно бывает подержать трубку в зубах. Минздрав перетопчется.

Как ни парадоксально, но для большинства людей вопрос, есть ли Бог – и вовсе не основной в жизни. Одни скажут, что Он есть, другие – что Его нет, третьи – дочитав до этого места, задумаются на мгновение и, объявив Автора сумасшедшим, пустятся вдогонку

---

<sup>13</sup> цитируется по кн. Много миров; *Астрель*, 2007 - Артур Пикок – “*Теология перед лицом эволюции*”

за первыми и вторыми. Большинство из них не более, чем просто суеверны. В устремленном к небу персте и в “глубокомысленном” *там что-то есть* столько же веры, сколько науки и смысла в знаменитом “конкретизирование абстрактных идей в сфере пластики представляет собой ту фазу самоощущения духа, в которой он, определяясь для себя, потенцируется из естественной имманентности в сферу образного сознания красоты<sup>14</sup>”. Инструменты науки не годятся для аргументации в пользу Бога, инструменты религии не годятся в качестве научной аргументации. Спорить не о чем. Иначе нас - с нашим особым путем и сомнительным аршином - навсегда оставят позади те, которые сумеют справиться с задачей формирования универсальной религии (если она религией и останется). Человек – одна из миллионов веточек зеленого дерева жизни. Во Вселенной таких деревьев – лес безбрежный. И для проигравших победители так и останутся богами, лубочным адресатом молитв, бессмысленных и бесполезных.

С точки зрения атеистов советской закваски, Автор – безусловно, ренегат и отступник – судя по тому, что он уже написал. Он благоговейно перед Храмом, как перед архитектурным воплощением Нравственной Идеи. Он способен слушать, слышать верующего, понимать его речи и уважать его взгляд. Автор с трепетом душевным слушает Генделя под Рождество и Баха под Пасху. Но всё (кроме Генделя и Баха, конечно) радикально меняется, когда какой-нибудь не особо умудренный властитель православных дум вдруг объявляет, скажем, Маркса или Бродского ненавистниками России, а убийство царя Николая с семьей – жидомасонским ритуальным действием. Тогда отношение Автора к тому, *что* этот властитель представляет, подвергается чрезвычайному испытанию и приближается к тому, что он думает о тех клоунах, которые, шмыгая соплями в бороды, таскают хоругви по городским улицам - с разрешения городской администрации, когда она подобным образом пытается убедить себя и горожан в своем надзвездном крышевании. Не менее оголтелые – советские - атеисты с порога отвергнут Антропные Принципы любой силы, опасаясь в них целеполагания, имманентной черты мышления верующего. Оголтелость вообще – не из области разума. Все эти “Самодержавие, православие, народность”, “За веру, царя и Отечество!”, “За Сталина!”, “Держава, Родина, Коммунизм!”, судорогой сводящие российский ум из века в век и от события к событию - появляются в ненормальные времена – будь то война, революция, выборная кампания или то, что происходит сейчас в России. Автор же готов вполне серьезно относиться к весьма подозрительным, с точки зрения *воинствующих*, философским идеям эвереттики и Многомирия, наиболее интересным космологическим теориям наших дней, в которых позиция физического Наблюдателя – уже не квантовая помеха, но креативный фактор. Между прочим, выдающемуся русскому ученому Георгию Антоновичу Гамову эти *воинствующие* запретили в свое время говорить даже о принципе неопределенности Гейзенберга, объявив – от своего большого ума - упомянутый принцип угрозой диалектическому материализму.

От агностиков, позицию которых некоторые полагают компромиссом между религией и безбожием, отрицанием того и другого, недоверием к тому и другому или просто осторожностью, Автор также далек, поскольку в бесконечном, параболическом приближении к истине (асимптоте) ее недоступность занимает его гораздо меньше, нежели сама возможность такого приближения. Себя же он считает атеистом и в основном разделяет взгляды Бертрана Рассела, но готов совмещать их с подходом другого нобелевского лауреата - бельгийца Ильи Пригожина (“Порядок из хаоса”): *Наша Вселенная обладает плюралистическим, сложным характером. Структуры могут исчезать, но также они могут и появляться... Однажды мы, возможно, поймем самоорганизующиеся процессы Вселенной, которая не определяется слепым выбором начальных условий, но обладает способностью к частичному самообуславливанию.*

---

<sup>14</sup> “Былое и думы” А.И.Герцена

Однако, мысль о *самостоятельном* Творческом Начале Вселенной, хорошо просматриваемая в этих словах, настораживает Автора, и он не может относиться к ней иначе, как к метафоре. *Бог больше не архивариус, разворачивающий бесконечный свиток текста, созданного им раз и навсегда. Он продолжает труд творения сквозь времена.* Дело в том, что *творческое начало* (плюс целеполагание) человек обычно связывает с разумом (попса *отдыхает*). Но настороженность Автора исчезает без остатка, если развести Бога с разумом, оставив Ему только функцию Творца. Протесты верующих, которые немедленно сочтут это кощунством, вполне можно рассматривать как *юридически ничтожные*, поскольку творить можно и без головы: *мастера не мудрствуют!* Да и попса, называющая места своей деятельности *творческими лабораториями*, несомненно имеет определенный умственный дефект, какой отличает любого, кто к месту и не к месту эксплуатирует самое это слово - “творчество” - и называет, скажем, Африку не иначе, как *Черным Континентом*, Австралию - *Зеленым*, вертолет – *винтокрылой машиной*, а это уродливое российское недогосударство – обязательно *государством российским*. Правда, Создателю, в отличие от всех этих, не откажешь во вкусе. А иконографически он точно передан жрецами Древнего Египта, которые своё Верховное Существо изображали с человеческим телом и птичьей головой. Сознание возникло во Вселенной с появлением Разума, на шестой библейский день, и Разум создал Бога – по своему образу и подобию. Жрецов, видимо, смутило описанное выше противоречие, и они попросту уменьшили голову своего Ра до не вызывающих вопроса птичьих размеров, увенчав ее солнечным диском, в котором - при желании - можно увидеть и символ Большого Взрыва. При желании же можно услышать и речь Верховного, обращенную к *Ното* с его самомнением и с его *белыми одеждами* (которые в данном случае – не более, чем рубашка конторского босса, манжеты члена СФФСРФ или халат деревенского фельдшера): *“Внемлите мне вы, что носите на себе белый папирус, на котором не начертано ничего - дабы изобличить младенческую невинность мозгов ваших!”*<sup>15</sup>

Автор - человек обыкновенный и свободный, насколько возможна свобода вообще; человек, для которого кажущаяся антиномия мышления, смесь науки и веры в Творца в холодной голове ученого<sup>16</sup> – вариант нормы, а не лукавство. “Экзотика” этой нормы определяется очень неспешной проклевкой нового мышления из яйца двумерной цивилизации уходящего времени. Артур Пикок, например, профессор физической биохимии и декан кембриджского Колледжа святой Клары, рассматривает богословие и естественные науки как области культуры, которые развиваются по аналогичным законам. Он рассматривает богословское и научное описание природы, Бога и человека и приходит к выводу об отсутствии фундаментального разрыва между этими *моделями*.

Автор - человек, которого не отличают ни самоуверенность, ни пугливость; человек вполне *простой* за рамками своей профессии. В этой книжке его свобода выражается всякими отступлениями, намеками, аллюзиями и т.п. Ее жанр – не популяризация науки; она просто адресована тем, кого всё это занимает. С другой стороны, это не научный манускрипт, который потребовал бы определенной густоты ссылок на специальные работы. Здесь Автор полагается на кругозор тех, кто знаком с темой дольше двух недель; в любом случае, он не припишет себе чужого. А если кому-то покажется, что не обо всех причастных авторитетах Автор вспомнил, - что ж, он заранее просит прощения у тех, кого задел своим невниманием или возрастными провалами памяти.

Вне человека непригожинский Бог, Бог верующих, Автору настолько же неинтересен, насколько скучна была бы Вселенная с Ним в центре, во главе и повсюду. Скучнее она

---

<sup>15</sup> “Цезарь и Клеопатра” Бернарда Шоу

<sup>16</sup> пример - Игорь Бестужев-Лада

могла бы быть только для Него самого, все знающего наперед и в деталях. Жанна д'Арк<sup>17</sup> бросила своим палачам: *Вы угрожаете мне одиночеством? ...Да что значит мое одиночество перед одиночеством моей родины и моего Господа?* (ее чрезвычайно эмоциональные слова, произнесенные вслед за этим, полны праведного огня, но не имеют отношения к науке). Знаменитое стихотворение Державина<sup>18</sup> не оставляет равнодушным и Автора, но он не может принять поэзию, даже первоклассную, в качестве основы мировоззрения. Для него оба утверждения - "Бога нет" и "Бог – всё" - имеют равную силу. Автор с удовольствием пользуется фигурами речи, которую тысячелетиями развивали люди верующие (других и не было):

*Господи, Владыко животов наших! Слава Богу, что Тебя нет, но если Ты, паче чаяния, все-таки существуешь, не позволяй рабам Твоим, уверовать в Тебя настолько, чтобы картина мира упростилась до сказок и баллад. Уйди в тень, Господи, прижмись к асимптоте, стань ею, в конце концов, но не мешай нам, грешным, проникать в Твой Замысел с помощью самого убедительного и самого увлекательного для нас средства – науки, в которой Тебе нет места. Так уж мы созданы. Тобою же.*

Нет различия между верующим и атеистом. Есть различие между умом и посредственностью (не слишком большое, если кому-то придет в голову чем-то тут задаваться). И хотя искусство вряд ли может служить основой мировоззрения, именно первоклассная поэзия, первоклассная музыка и архитектура, первоклассная живопись и скульптура, первоклассный театр и т.п. – вновь и вновь возвращают разум (душу) к этической потребности мира. Рассуждения о вере и атеизме потребовались здесь, чтобы исключить подозрения в религиозной подоплеке основной идеи этой книжки, что немедленно исключило бы из читательской аудитории тех, для кого все это и написано.

Краткая и потому неполная сводка приведенного далее материала о происхождении Вселенной указывает, конечно, на личные вкусы и приоритеты Автора, первой научной страстью которого была астрономия. Ему кажется, тем не менее, что сводка, пусть и такая, все-таки нужна - и для того, чтобы самому упорядочить прочитанное, и для того, чтобы попытаться понять, как известную нам физику Вселенной можно было бы – и можно ли - сопоставить с необычными формальными особенностями жизни. Весьма скромный собственный вклад Автора в тему основан на идеях, которые описаны далее; его трактовка может, тем не менее, отличаться от взглядов авторов этих идей. Уважаемый Читатель уже заметил, что и себя Автор тоже пишет с прописной буквы. Это, разумеется, не следствие излишнего самомнения и не намек на прописную букву имени Того, Кто. Это для того только, чтобы высказывания, за которые он несет полную ответственность, не потерялись среди теорий, гипотез и предположений тех, "стоя на плечах которых", он обретает уверенность в своих силах, рассуждая о предмете, не сопоставимом с его скромными возможностями. Прописная буква в слове Автор – не более, чем аналог определенного артикля европейских языков. О себе же он всегда скажет: *наверняка слабоголов, исключено, что груб*. То, что голос разума обычно негромок, не имеет никакого отношения к завышенной самооценке.

Иногда Автор называет себя не только "я", но даже "мы" - и рассчитывает на понимание. Он не будет делать из читателя дурака и рассказывать ему о предмете в духе журнала "Мурзилка", который в начале 70-ых давал на полях нечто вроде *квантовой механики для дошкольников*, назидательную повесть-сказку об античастице Жоре, протоне Диме и других невинных субатомных младенцах, которых этот злокачественный Жора пытался нравственно искалечить, подвергая всяческим соблазнам и навязывая им отрицательный заряд. Само собой, когда вся эта галиматья надоела даже авторам, Добро одержало верх, и упоенные победой нейтроны веселились, совершенно забывая физику:

---

<sup>17</sup> Бернард Шоу, "Святая Иоанна"

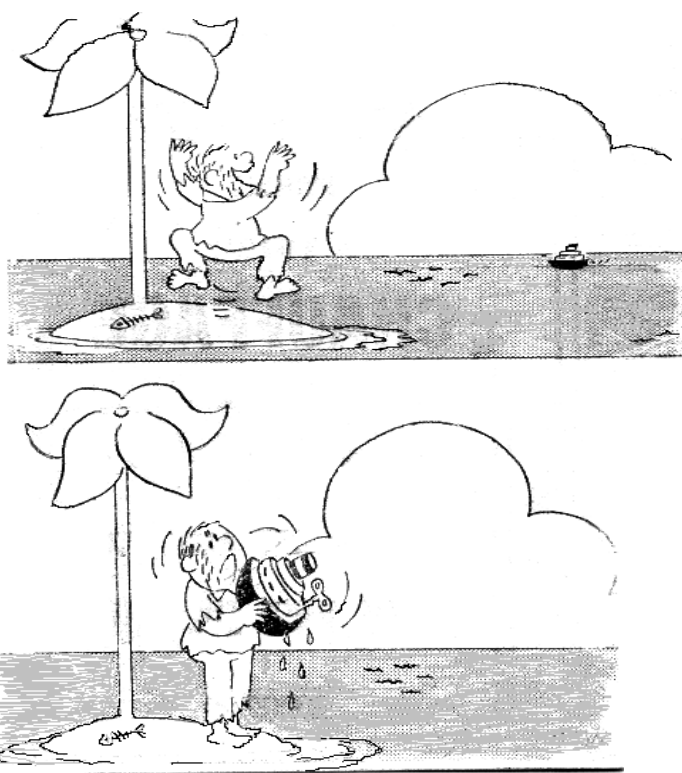
<sup>18</sup> Гаврила Державин "Бог"

*Был я несознательный, был неуважительный,  
Был я отрицательный, а стал я – положительный!!!*

Ожидалось, наверное, что дошкольники увлекутся этой “физикой” настолько, что выберут ее делом своей жизни. Маловменяемые жертвы того коварного Жоры и его идиотского микромира оперируют сегодня такими терминами, как *биополя*, *энергетические вампиры*, *гималайские генофонды* и разнообразные *чакры* в русской версии. Невменяемые же пишут на православных интернетовских форумах “не верю я в эти кислотные последовательности!” – как будто верующему прилично быть настолько нескромным и бравировать дремучим невежеством. Это не эпатаж. Это убожество.

Многое из написанного здесь быстро станет анахронизмом. Я не буду слишком *заморачиваться* насчет публикации того, что, в конце концов, выйдет. *Слава Богу* (вновь фигура речи!), есть Интернет, место, где - лет двести спустя - кто-нибудь, наткнувшись на мои околохудожественные фиоритуры, подивится допотопным взглядам моих современников - и моим, конечно. А пока живы мы, нам этому миру и изумляться: *Не меньше, нежели в пучине тяжкий кит, нас малый червь частей сложением дивит*<sup>19</sup>! И в восемнадцатом веке, и в двадцать первом.

Что до *черного оптимизма*, с ним дело простое: рисунок из советского еженедельника “За рубежом” иллюстрирует правило, исключения из которого греют хронический рецидивирующий оптимизм героя, а редкость таких исключений лишает его оптимизм радужных разводов.



Так что, *черный оптимист* – это все же оптимист, просто черного цвета. После шестидесяти он – известное дело - отмечает день рождения трижды: первый раз по паспорту, потом – девять и сорок дней спустя. А если прибавить сюда *по старому стилю*, жизнь станет просто праздником! Особенно если он, как и Автор, родился ранним утром на Дальнем Востоке, когда в Москве, где он теперь живет, был еще вчерашний день, который

<sup>19</sup> Михайло Ломоносов, “Письмо... о пользе Стекла”

теперь тоже день рождения. Да, в шестьдесят все только начинается! Между прочим, как показывает авторский опыт, в семьдесят – тоже. И, наверное, в восемьдесят. *Черный оптимист* всегда держит в памяти шотландскую поговорку: *Не теряйте мужества: худшее впереди!* И фатализм тут совершенно ни при чем. Да и улыбка у фаталиста *какая-то не та* - сардоническая. Но когда *черный оптимист* читает пресловутое объявление “*Два гроба б/у в хорошем состоянии; недорого*“, впечатляет его не столько оптимистическая оценка товара, сколько мрачное предчувствие, что на вечность *двух* – да ещё подержанных - может и не хватить. Стоит ли добавлять, что *черный оптимист* недолюбливает рыбную кулинарию, которая *белому* внушает надежду поумнеть за счет ее фосфора? Вот почему, на взгляд *черного оптимиста*, *белый* – это кистеперый идиот с рыбьими мозгами или премудрый пескарь с цинизмом вместо мозгов; то и другое невыносимо дольше двух минут.

Есть и еще одно отличие *черного оптимиста* от прочих: он по-прежнему полагает, что звезда – это результат локальной аккреции материи, светимость которой – за счет превращения четырех атомов водорода в атом гелия – обеспечивается углеродным циклом Бёте-Вайцекера. Для современного же общества российского, с его удручающим вектором развития, звезда – это, в первую очередь, гламурный пузырь, радужный блеск которого – за счет аромата коммерческой телерекламы – обеспечивается тараканьей прытью продюсера. Писатель Максим Горький, живи он в наши дни, непременно воскликнул бы: “*Любите телевизор, источник знания!*”<sup>20</sup> Телевизор и про *великую тайну воды*<sup>21</sup> наплетет, и про Второй Рим, да и про Третий тоже (слава Богу, Четвертому не бывать), и про ГМО<sup>22</sup> с лукавит со ссылкой на *британских ученых*, и про модернизацию с инновацией, технопарками, нанотехнологиями и прочей дребеденью. Люди, которые способны без содрогания и не замечая костей, *хавать* всю эту рыбью кухню, *глота*я ее *кусками с картонной тарелочки*<sup>23</sup>, - не с моей грядки. Слух этих людей неразвит, и он не срезонирует на слова водителя, о которых вспомнил журналист<sup>24</sup>: *МКАД стоит, я съехал на Рублёвку*.

Между прочим, в цикле Бёте-Вайцекера - или в CNO-цикле - участвуют не только водород и гелий, но также углерод, азот и кислород. Другими словами, все основные элементы, из которых построена известная нам жизнь, существуют уже в обычной звезде определенной массы – задолго до ее эффектной гибели, сопровождаемой ядерными синтезами, которые приводят к образованию более и более тяжелых атомов. На миг звезда становится Сверхновой, и ее грандиозный безмолвный взрыв виден далеко за пределами ее галактики. “Звезда в шоке”, - вот все, что придет при этом в голову рядовому телезрителю, чей карман отягощен двумя свидетельствами о высших образованиях (одно из которых – менеджмент, а второе – *какая-то, не помню, прости Господи! пруденция*), в то время как голова – ничем.

Еще раз хочу поблагодарить врачей и персонал Медицинского Радиологического научного Центра Российской Академии медицинских наук в Обнинске, где я провел семь недель, и Гематологического научного Центра<sup>25</sup> той же Академии в Москве, где вслед за

---

<sup>20</sup> в свое время Максим Горький сказал: “Любите книгу – источник знания”. Не все помнят

<sup>21</sup> “*Великая тайна воды*” – телефильм ВГТРК, в котором рассказ о малоизвестных и занимательных свойствах воды был скомбинирован с совершенно шаманской ахинеей

<sup>22</sup> генно-модифицированные организмы

<sup>23</sup> Артемий Лебедев “*ру.Ководство*”

<sup>24</sup> Лев Рубинштейн вспоминает знаменитое стихотворение Бориса Пастернака

<sup>25</sup> ГНЦ РАМН, с 2010 г ФГБУ “ГНЦ” МЗСР - всем понятно?

этим я провел еще три недели, овеваемый ламинарными струями сухого стерильного воздуха индивидуальной палаты, - за необычайное внимание и королевские условия для размышлений о природе жизни на Земле. Не хватало, пожалуй, только ангельского хора, но, *Господи, прости меня, я с этим обожду*<sup>26</sup>!

Отсутствие хора легко возмещало воображение, в котором строчки

*Блаженные Младенцы*

*Поют под сенью струй*

быстро обрастали *махровыми полотенцами* и другими сомнительными рифмованными продолжениями, вызывающими у *родственников и знакомых Кролика* растущую уверенность в его скором выздоровлении. В то же время ему было твердо указано: *“Настоящим выздоравливающим можно стать только тогда, когда обогатишь свою память знанием всего того, о чем и не догадывается твой лечащий врач*<sup>27</sup>”. Эти - практически ленинские - слова<sup>28</sup> неизвестные нынешнему поколению, требовали определенной работы; ее результат перед вами. Ощущение неловкости и благодарность людям, окружавшим меня, переполняли сердце; я помню их всех. Что до *черного оптимизма*, у меня вышло не слишком ясное его описание. Той же нечеткостью грешит и любая попытка дать определение основной теме этой книжки - жизни. Утверждают, что к этому как-то причастна теорема Гёделя о неполноте – но к чему только она ни причастна! *Пока мы живы, нам не дано строго определить то, частью чего мы являемся* (при несоблюдении этого условия мы, разумеется, и вовсе лишены способности определять что бы то ни было). Так, грубо говоря, выглядит формулировка знаменитой теоремы в применении к тому, о чем мы будем здесь размышлять. Лучшего и не надо.

---

<sup>26</sup> Юлий Ким, *“Песенка Цыгана из фильма «Бумбараши»*”

<sup>27</sup> Георгий Дмитриевич Ш., мой старый друг

<sup>28</sup> *“Коммунистом можно стать только тогда, когда обогатишь свою память знанием всех тех богатств, которые выработало человечество” В.И.Ленин* (без ленинских цитат в СССР нечего было и думать о публикации каких-то там *“размышлений о высоком”*, чем – в определенном смысле – и является эта книжка)

## Глава 111.

### О ЧЕМ ЭТА КНИГА (II)

Френсис Крик сомневался, что когда-либо стал бы заниматься проблемой возникновения жизни, если бы не его долгая дружба с доктором Лесли Оргеллом. Не проводя нескромных параллелей с великим Криком и ужасным Оргеллом (здесь *великий и ужасный* – также не более, чем фигура речи, которая в профессиональной среде эквивалентна беспредельному уважению), сомневаюсь, чтобы и я когда-нибудь стал заниматься проблемой возникновения жизни (вернее, писать о ней), если бы не упомянутая слабость к небу и не долгая дружба с доктором Владимиром Щербак, выпускником Ленинградского Университета и учеником Бруно Понтекорво, работающим сейчас в Институте проблем горения Казахской Академии наук в Алма-Ате (на фотографии мы с ним в Алма-Ате):



Именно его лекцию я вспомнил в предыдущей главе. Что до неба, оно для меня - место, населенное звездами, планетами, кометами, пульсарами, квазарами, магнетарами, а также летательной и прочей...

- *Аппаратурой*, - подсказывает любезный Фагот.

- Совершенно верно, благодарю! А херувимы всякие, серафимы, ангелы, архангелы, господства, силы и, не к ночи будь помянуты, *власти* - помилуй Бог!

Идея варианта направленной панспермии, которая лежит в основе этой книжки, существенно модифицирована именно щербаковскими взглядами. Доктор Щербак давно занимается весьма любопытным аспектом формальной структуры генетического кода, и время от времени наша переписка с ним приобретает характер непрерывного диалога. По существу эта книжка – большое письмо моему другу. С его взглядами<sup>29</sup> я знаком в течение почти всех этих лет – постепенно понимая и принимая их, несмотря на отсутствие серьезного математического образования. Это письмо и многим другим моим друзьям, включая тех, с кем не случилось договорить - Володе Карелину, например, Мише Гараеву, Леше Бобкову (Институт Ивановского Академии меднаук), рано ушедшим из жизни, Пете Посохову (Хабаровский мединститут), ушедшему совсем недавно - но тоже, конечно, рано,

---

<sup>29</sup> Vladimir shCherbak. *The Arithmetical Origin of the Genetic Code, The Codes of Life*, Springer, 2008



– всем, у кого я в долгу. У своего однокурсника Пети Посохова я в предвыпускном 1964 году взял почитать учебник генетики М.Е.Лобашева; этот учебник произвел на меня настолько сильное впечатление, что сориентировал при выборе профессии. Лет десять назад я встречался с Петей в Хабаровске и сфотографировал этот учебник (тот самый экземпляр! - в котором сохранились еще мои карандашные пометки) из-за спины д-ра П.С.Посохова, который стал заведующим кафедрой общей биологии в Хабаровском медицинском институте (теперь Университете, кажется):



Это письмо и моим родителям – папе, который часто говорил о своем интересе к тому, как работает клетка – хотя профессионально был очень далек от этого, и маме, у которой был необычайно широкий кругозор, хотя она, дочь *холодного сапожника*, рано осиротела и получила *только одно* высшее образование. Я не сумел вовремя ответить на ее вопрос, почему *не пришел* к Богу. Этот вопрос меня поразил. Отец знал *Евгения Онегина* наизусть, сам я не смог осилить даже *Графа Нулина* (который мне страшно нравился в исполнении Сергея Юрского), неизменно спотыкаясь *перед окном* (*возникшей дракой козла с дворовой собакой*). Книг у нас дома было очень много, больше я не видел в детстве ни у кого.

Лет шесть-семь назад нормальное финансирование российской науки (с точки зрения профессионалов, а не *властей* или других сил небесных), практически обнулилось, и для работы остались только карандаш, бумага и воображение, а для оптимизма - лукавый сколковский Ренессанс, базарное (в обоих смыслах<sup>30</sup>) российское *Ананербе*, *невидимый наукоград*:

*Они считают, что российскую науку  
Поднимет Сколково – такая вука-вука.*

Кто “они”? Да эти – высшего звена “менеджеры по продажам”. У них по “два-три образования” – Ньютону не снилось с Ломоносовым, но занимаются *они* только тем, чем могут - продажами. *Они* продают все – от цыплят до углеводов. Завет великого Учителя<sup>31</sup> (который и сам был “эффективным менеджером”) *они* понимают истово: *Если наука не продается – ее уничтожают*. Излучая *светлый оптимизм*, *они* поют о бюджетной

<sup>30</sup> и в коммерческом смысле, и в смысле болотовня, *базар*, который не удосуживаются фильтровать даже через мембраны *пЕдРика*

<sup>31</sup> Сталин И.В.: *Если враг не сдается, его уничтожают* (на самом деле это слова Горького)

штопке каких-то дыр, прорех и *прорывов*. Они верят только в примитивный дарвинизм - в экономические рычаги и в классическую формулу *товар-деньги-навар*, в которой каждый последующий член крупнее предыдущего. Об этической потребности мира они не слышали и в библейском завете “возлюби ближнего, как себя самого” нонпарель выводят за скобки. Их профнепригодность – если они на государственной службе - бросается в глаза.

Многолетнее унижение российской науки этими насекомыми вызывает гнев. Для них она – *Педагогическая Провинция*, манеж с опилками для *игры в бисер* на спинах трёх китов - всяких алюминиевых титанов, всяких “миннаук” того же пошиба и всяких телевизионных шмьньв (все равно - шоуменов или шаманов). По-английски-то они - “*лет ми спик фром ол май харт*” (и даже “*тханк ю вери мух*”), а что будет по-китайски – с их двумя-тремя “высшими”? А ведь они – с их курсом – обязательно допрыгаются до нужды изучать китайский. Хотя вряд ли это им поможет.

- Господи, о чём это ты, Автор? Куда тебя несёт?

- Да так, увлекся. Вспомнил стихотворение Тао Юань-мина<sup>32</sup>:

*Ученый Чжунвэй любил свой нищенский дом...*

.....  
*Жил сам по себе, спокойно, без перемен –*

*И радость искал не в благах, не в нищете!*

*В житейских делах беспомощный был простак.*

*Не прочь бы и я всегда подражать ему!*

Так вот, взявши эти самые бумагу и карандаш, я с головой погрузился в идеи Щербака. Несколькими собственными находками, которые показались мне интересными, я обязан научному сотруднику Вычислительного Центра Российской Академии наук доктору Владимиру Гаранже и своему младшему сыну Петру. Я опубликовал в arXiv’e<sup>33</sup> свои наблюдения, не выдвигая гипотез для их объяснения, поскольку это могло вывести размышления за рамки привычной молекулярно-биологической аксиоматики. А потом пришло время попрактиковаться на родном языке. Сложность и насыщенность краткого (в формате статьи) текста, который навсегда озадачил редакцию российского журнала *Природа*, заставил меня подумать о более пространным повествовании, куда я смог бы вложить гипотезу, “стесненную” только логикой.

Небольшая книжка Френсиса Крика “*Жизнь, как она есть*” начинается так: “*Итальянский физик Энрико Ферми обладал выдающимися талантами. Его жена считала, что он был гением, и с ней согласились бы многие ученые*“. Говорят, все люди на Земле знакомы друг с другом “через два-три рукопожатия“. В Университете Чикаго, где мне несколько лет посчастливилось работать в Лаборатории Бернарда Ройзмана (Ковлеровские Лаборатории онковирусологии), я познакомился с профессором *emeritus* Фрумой Лазаревной Гатчок (*Gottschalk*). Она была старше меня не меньше, чем лет на сорок, то есть практически годилась в бабки (я никогда не знал собственной), оказалась в Штатах еще в 30-ых, была бесконечно гостеприимна и могла так же бесконечно рассказывать о друзьях и гостях своего дома и о тех временах, когда был жив ее муж, известный ученый-историк Луис Рейхенталь Гатчок, увлекавшийся личностью и судьбой генерала Лафайета. С Фрумой на вечере Андрея Вознесенского в ноябре 77-го меня познакомила дочка одного из участников Металлургического Проекта (преобразованного потом в известный Проект Манхеттен) Леночка Платцман. Фрума родилась в Самаре, и ее русский был очень хорош. Когда ей сравнялось 22, она одна (времена НЭПа!) отправилась из Москвы в Европу искать хорошего учителя музыки и нашла его в Кельне. Я со своим русским оказался для нее – по

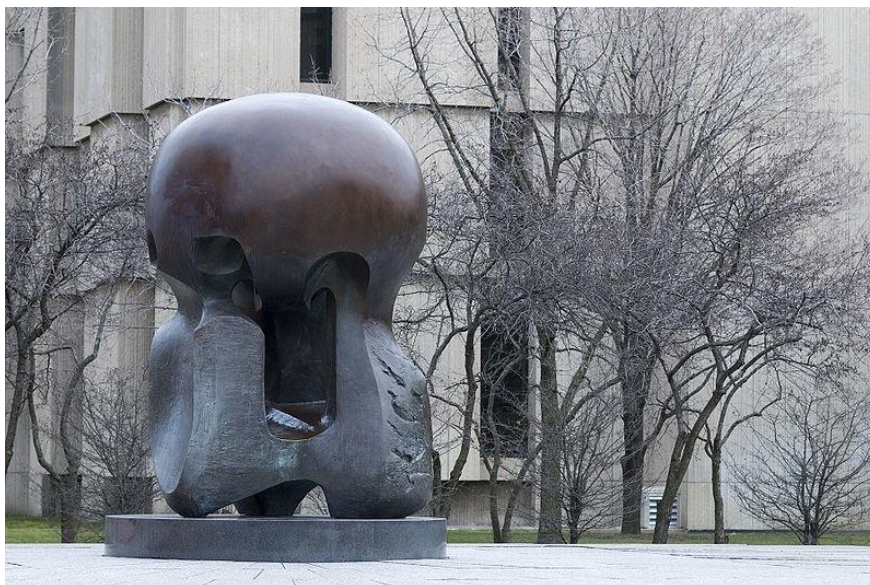
---

<sup>32</sup> Тао Юаньмин (365-427) – “*один из первых по времени в ряду великих китайских поэтов*” (Л.Эйдлин)

<sup>33</sup> Felix Filatov, *A Molecular mass gradient is the Key Parameter of the Genetic Code*, arXiv q-bio, 0907.3537, 2009

ее же словам - благодатной аудиторией и с изумительным чувством причастности “через одно рукопожатие“ слушал рассказы про ее друзей и гостей ее дома - Александра Керенского, Федора Шляпина, Иегуди Менухина (тетушка Фрума была первоклассной пианисткой), Сола Беллоу, которого я люблю (то есть, его романы), а она – нет (то есть, его “романы”), поскольку считала, что он непорядочно обходился со своими женами (одна из которых была ее подругой), выводя их в своих книгах без должного уважения, - и про множество других знаменитостей. Среди них были и наши ”посвежее” – Юрий Яковлев, о котором она говорила с придыханием, и Олег Даль, вдове которого она очень сочувствовала, зная ее лично. Ну, и неизбежные Евтушенко с Вознесенским. *Для недоверчивых*: ни Рахманинов со Стравинским, ни Сциллард с Комптоном (оба работали тут же, в Университете), ни любимые ею Баланчин с Барышниковым не бывали у нее в гостях. Зато друзьями ее дома и ее семьи были, как вы, наверное, догадались, Энрико и Лаура Ферми. Они жили здесь же, в Гайд-Парке, и Энрико тоже работал в Университете Чикаго.

Мне было 5 месяцев, и год моего рождения еще продолжался, когда в Металлургической Лаборатории Университета была проведена первая управляемая ядерная реакция. Теперь это место – рядом с теннисным кортом - отмечает бронзовый памятный знак в виде оплавленного взрывом атомного ядра - очень похожий на то, каким я сам воображаю себе оплавленное атомное ядро (фотография из Интернета):



В 1977 я пытался найти в нем хоть какую-нибудь трещинку - оставить осколок сломавшегося зуба “на счастье“, чтобы вернуться сюда еще: работать в *хорошей* (не во всякой) американской лаборатории – редкое удовольствие! Я не нашел ни щёлки и просто дал осколку скатиться по склону ядра. Сработало! Правда, только через 10 лет: СССР! Фрума была еще жива и здорова и по-прежнему занималась на рояле по два часа ежедневно. Она была совершенно сражена тем, что я так долго ее помнил: Америка! Мы тогда очень привязались друг к другу. И опять: “Они были замечательной парой – мои друзья Энрико и Лаура!“.

Между прочим, в Чикаго – с десятков университетов. Два из них имеют близкие названия: это всемирно известный Университет Чикаго (*the University of Chicago*, частный, рокфеллеровский, “мой“) и небольшой Чикагский Университет (*the Chicago State University*) - разница! Называть Университет Чикаго просто Чикагским Университетом – почти то же, что знаменитый Университет Джонса Хопкинса в Балтиморе называть именем какого-то “Джона Хопкинса“; это делается сплошь и рядом: небрежная работа неряшливого переводчика. Не говоря уже о том, что, вообще-то, все университеты в Чикаго – чикагские. И такие *монстры* как Северо-Западный, Иллинойский, Лойолы, и другие, поменьше.

Не припомню, чтобы Фрума рассказывала о Ферми, как об ученом. Да и саму ее вряд ли интересовал парадокс, который приписывают Ферми, и о котором писал Френсис Крик примерно так: “Если во Вселенной неисчислимо количество галактик, и если самой Вселенной почти полтора десятка миллиардов лет, а это значит смену, по крайней мере, трех поколений звезд, взрывы множества сверхновых, синтез атомов тяжелых элементов из которых были сформированы сгустки вещества, образовавшие планетные системы вокруг центральных светил, а часть планет (их во Вселенной все равно гигантское число) должна относиться к земному типу и иметь условия для возникновения жизни и время, достаточное для появления цивилизаций, которые никак не могли оставаться навечно привязанными к родным планетам и за четыре миллиарда земных лет должны были непременно до нас добраться, - если все это верно, ТАК ГДЕ ЖЕ ОНИ?!?” Полный чувства юмора ответ Лео Сцилларда, американца венгерского происхождения и друга (а иногда – оппонента) Ферми, с которым они строили первый ядерный реактор, звучал так: “ОНИ среди нас. Но ОНИ называют себя венграми”.

*Каждая шутка оборачивается истиной в лоне вечности*, отметил как-то Бернард Шоу устами своего героя<sup>34</sup>. Изложенный в этой книге вариант направленной панспермии (воспринимаемый именно так) - на основе идей Щербака и, отчасти, моих скромных размышлений, - может показаться, по словам Френсиса Крика, “довольно нехудожественной разновидностью научной фантастики”. Но допустив его, легко представить, что Сциллард – будь он согласен с Криком - нисколько не поступил бы чувством юмора, если бы ответил: “ОНИ? Да ОНИ вокруг нас – все, кроме венгров! Венгры, впрочем, тоже - если уж на то пошло”.

Я, конечно, отдаю себе отчет в том, что изложенная здесь гипотеза – не столько результат суммы сегодняшних знаний о жизни, о ее происхождении, эволюции и условиях, которые позволили ей возникнуть на нашей планете – или где бы то ни было, - сколько следствие гигантских прорех в этих знаниях, которые более или менее удачно можно заполнить так или иначе аргументированными умозрительными вариантами. Задача этой книги - показать, что, по крайней мере, один из таких вариантов не настолько умозрителен, как то может показаться на первый взгляд - еще одна причина, по какой я посвящаю ему книжку. Мне говорили, что интерес к этому варианту, с точки зрения *серьезных* людей, по меньшей мере, *несерьезен*. Поскольку вероятное объяснение отсутствия такого интереса (см. выше) кроется, на мой взгляд, исключительно в различии вкусов *серьезных* и *не слишком* людей, с грустью отмечаю, что - несмотря на известную поговорку – с особым ожесточением в этой жизни спорят именно о вкусах: вспомним хотя бы *Спор двух древних греческих философов об изящном*<sup>35</sup>. Так что с *серьезными* людьми пусть разговаривает Маленький Принц в своей чудесной манере. В свое время Энгельс – человек, как было хорошо известно в СССР, вполне серьезный – с удовольствием цитировал древнего грека: “Ни к чему не относиться *слишком* серьезно!” Да и Оскар Уайльд сказал однажды: *Жизнь – слишком сложная вещь, чтобы говорить о ней серьезно*. Кроме того, тема, которой посвящена эта книжка, ориентирована не на “узких и чистых” математиков или физиков или биологов, но на тех из них, чье ухо чувствительно к красоте и способно различать ее в *рёве и визге* той самой *Музыки Сфер*, даже если эта музыка записана неумелой рукой какого-нибудь *Левия Матвея* на коряво разлинованном *ноутоносце*. Автор и сам мог бы сгодиться на его роль, если бы для этого нужно было только неумение. Но, как известно, не всякий Берлиоз – композитор.

Весной 1994 года (я вновь работал тогда в Университете Чикаго, занимаясь герпесвирусами) мне посчастливилось слушать лекцию Курта Воннегута. Воннегут прошел здесь когда-то курс антропологии, подготовив к концу его магистерскую диссертацию,

---

<sup>34</sup> Бернард Шоу “*Второй остров Джона Буля*”, пьеса

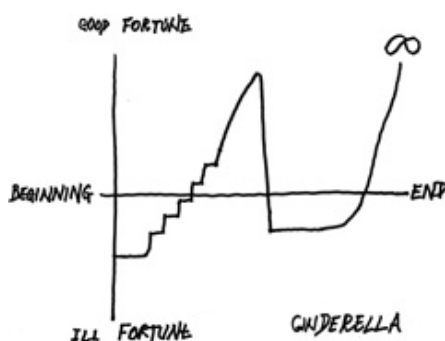
<sup>35</sup> *Козьма Прутков*

которую единодушно “задробил” весь состав кафедры. Этот провал он не забыл. 24 года спустя та же кафедра присудила ему искомую когда-то степень за роман “*Колыбель для кошки*”. Еще 24 года спустя он от души поквитался с Университетом под хохот аудитории - и больше сюда, насколько мне известно, уже не приезжал. Этот хохот и сохранился в моей памяти.

Рассказывая о себе, он вспомнил, что однажды его русская переводчица Рита Райт дала ему почитать советский журнал “Работница”, чтобы скоротать время. Углубившись (с помощью Р.Р.) в какой-то рассказ, Воннегут вдруг понял, что его формальное образование легко позволяет ему представить этот рассказ графически. Он взял мел и изобразил на доске абсциссу (время) и ординату (судьбу и состояние души). У левого конца абсциссы он поставил букву *B*, сказавши: тут будет *Beginning*, или *Big Bang*, у правого – *E* (*End*, или *Entropy*). У нижнего конца ординаты он снова поставил *B* (*Bad*), у верхнего – *E* (*Exciting*, или *Excellent*). Тогда график рассказа из “Работницы” (типичный, как он сказал, советский) стал выглядеть как экспоненциальный подъем с небольшой щербинкой в начале. Герой просыпается утром; солнце, весна, молодость – все чудесно. Потом звонит его девушка, возникает недоразумение, обычное между влюбленными. Но герой идет на родной завод, выполняет двадцать дневных норм и награждается грамотой на общем собрании. Кривая ползет вверх. После работы его встречает любимая, они целуются (там, где их никто не видит) и устремляются – вместе с кривой - в светлое будущее. Марш энтузиастов.

Типичный американский рассказ выглядел на графике Воннегута чуть иначе. Герой просыпается, все, разумеется, О.К. Потом ему звонит герл-френд, возникает естественное: “*все мужчины – придурки, все женщины – психопатки*”<sup>36</sup>, кривая проваливается, день не удается. Часа в два все меняется со вторым (неожиданным) звонком девушки: *Пообедаешь со мной? - Конечно!* Перспектива на вечер самая радужная, а *завтра будет новый день*. “*Возьми меня отсюда на бейсбол*”<sup>37</sup>. Кривая ползет вверх. Чистая “*Оклахома*” со знаком “!”

График “Золушки” оказался сложнее; здесь Автор не может отказать себе в удовольствии привести оригинальный вариант этого и следующего воннегутовских графиков, которые несложно отыскать в Интернете:



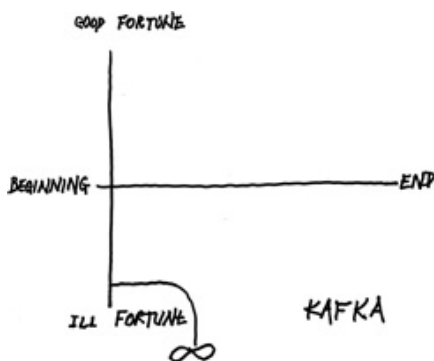
Сначала все плохо: тяжелый, грязный труд, мачеха, дочери ее, и все такое. Вдруг – фея. Недоумение, недоверие, надежда. Потом карета и – Дворец! Бал!! Принц!!! И бац! – полночь. Всё проваливается в какую-то выгребную яму. Но тут эти – с туфелькой. Подошла! Дворец!! Принц!!! Замуж!!!! Раньше всех!!!! Правый обрез графика - бесконечное (∞) счастье. *Черный оптимист* немедленно представляет себе жизнь в средневековой королевской семье, в доме без водопровода и канализации, среди дворцовых интриг и немых безмозглых лоботрясов, дуреющих от своего тестостерона; женщины

<sup>36</sup> Курт Воннегут “*Времятрясение*”

<sup>37</sup> песня, которую в США исполняют перед бейсбольным матчем (“*Take me out to the ball game*”)

этого террариума вполне им соответствуют, так что читателю ясно, что упомянутое счастье барахтается в той же выгребной яме.

А вот график известной повести Франца Кафки как раз прост: герой просыпается, все плохо. Дальше все становится еще хуже. Бесконечно ( $\infty$ ) хуже:



Ставлю исходную точку своего повествования в начало координат – и заранее соглашаюсь с теми, кому его график напомнит броуновское движение.

.....

Номер этой главы автомобилисты называют “красивым“, некоторые из них еще недавно доставали такие номера в ГИБДД за изрядные деньги. Теперь, говорят, будут покупать на аукционах, и каждый желающий - за гораздо *большие*.



Такой номер – хотя и свидетельствует о “дембельском“ вкусе и подростковой эстетике автовладельца – все же выделяет его из общего траффика, показывая полиции и окружающим, что среди них за птица. В этом смысле “красивый номер“ становится *сигналом привлечения внимания*. Повторяемость похожих номеров с однотипной функцией придает им свойство, называемое у программистов *информационной сигнатурой*.

## Глава 7.

### ТАКОЕ МНОГОЗНАЧНОЕ ЧИСЛО 69 И НЕМНОГО ВИРУСОЛОГИИ (III)

Эта глава – небольшое отступление от основной темы. Дело в том, что число 69 символизирует также единство женского и мужского начала – “инь-янь” и в телесном выражении – одну из поз Кама-Сутры, распространение которой в результате Великой Сексуальной Революции 60-ых заставило пессимистов опасаться межтиповой рекомбинации вирусов простого герпеса (ВПГ). Два типа ВПГ вызывают язвы на коже и слизистых: “выше пояса” первый тип (*лабиальный* герпес), “ниже пояса” – второй (*генитальный* герпес). Внутритиповая рекомбинация каждого из них – явление вполне обычное и в условиях эксперимента может даже приводить к образованию штаммов с очень высокой нейтропатогенностью. В межтиповой – тоже нет ничего необыкновенного, поскольку геномы ВПГ1 и ВПГ2 совпадают почти наполовину. Оба типа разошлись в эволюции около 5 млн лет назад (существуют методы более или менее надежной оценки этого времени, *биологические часы*, основанные на естественном приросте случайных точечных мутаций), и это могло быть связано с появлением прямохождения у предков человека, которое развело слизистые на два уровня. Одновременно изменилось и сексуальное поведение, которое прежде определялось общим уровнем слизистых рта и половых органов. У некоторых видов африканских приматов поведение, ставшее одним из *достижений* Великой Революции *Ното*, сохраняется и в наше время, и герпесвирусный аналог двух человеческих у них один. Полвека, прошедших после этого замечательного события, действительно привели к более частому обнаружению двух типов ВПГ в “нетипичных” для каждого местах. Что до межтиповых рекомбинантов, они, хотя наверняка и возникают, но, видимо, не имеют селективных преимуществ и проигрывают классическим типам. И то сказать: 5 миллионов лет эволюции и 50 лет возможной обратной эволюции сравнивать трудно. Тут черный *пессимизм* начинает таять и обнажает под собой твердый *оптимизм*, сохраняющий, однако, исходный цвет. Герпес – не грипп, и его агрессивность не дает вирусу никакой выгоды, скорее, наоборот: за сотни миллионов лет (герпесвирусы обнаружены у множества позвоночных – и беспозвоночных тоже) он выработал способность сосуществовать со своим биологическим контекстом, то есть с клетками животных, в которых размножается, и распространяется (по преимуществу, прямым контактом с незараженными клетками). Выгода для него очевидна. Она, между прочим, не может быть односторонней, так что, вероятно, и хозяин (человек, например), в клетках которого вирус столь благополучно существует, имеет свою выгоду. О ней, однако, толком до сих пор ничего не известно, но – так или иначе – называть вирус “паразитом”, то есть намекать на его “безнравственность”, не совсем корректно. Вирус того же гриппа, напротив, распространяется стремительно и без конца рекомбинирует, давая варианты, способные к еще большей спешке. Чем шире он сумеет распространиться, выходя для этого даже за пределы облюбованного им вида, тем больше у него вероятность отыскать “тихое местечко”, накопиться и дожидаться возможности начать новую эпидемию. Но как при практически всякой острой инфекции, против гриппа (точнее, против того варианта, которым переболел хозяин) возникает довольно устойчивый иммунитет. И вирусу неизбежно приходится меняться, чтобы вызвать очередную вспышку – тем более, эпидемию, – и преуспеть. Год от года такие вспышки вызываются каждый раз несколько измененным вирусом. Для того, чтобы обеспечить необходимую вариабельность, у вируса гриппа есть много возможностей, среди которых наиболее эффективной является разделенный на 8 сегментов РНК-геном. В геномах вирусного потомства эти 8 сегментов могут “тасоваться” как угодно, обеспечивая множество комбинаций. А РНК-полимераза, которая ошибается при матричной репликации генома значительно чаще, чем ее ДНК-аналог, дополняет это разнообразие непредсказуемыми мутациями. ДНК-вирусы, к которым относятся герпесвирусы, – совсем другое дело. Их ДНК (двуцепочечная

структура) стабильнее одноцепочечной РНК, а надежная вирусная ДНК-полимераза не дает особенно уклоняться от исходной матрицы. Иммуитет против герпесвирусной инфекции нестерилен: возникающие в ответ на вторжение вируса антитела не оказывают существенного влияния на инфекцию, поскольку – в отличие от того же вируса гриппа - вирусы герпеса распространяются от клетки к клетке, не попадая в кровяное русло, где антитела собственно и «плавают». Вирус ветрянки (тоже герпесвирус), хотя и похож в некотором отношении на вирус гриппа (распространяется воздушно-капельным путем и очень контагиозен), быстро получает стойкий отпор в виде пожизненного (как правило) иммунитета и “сидит” в депонирующих его клетках тише воды, хотя в позднем возрасте и может проявиться в виде опоясывающего лишая, *зостера*. Геном его несегментирован и состоит из линейной ДНК, как и у всех герпесвирусов.

Вот на какие размышления, не слишком, впрочем, связанные с основной темой, наводят простое число **69** и *черный оптимизм* Автора. Конечно, с точки зрения математика, это число вовсе не такое уж простое, это три простых слагаемых ( $23+23+23$ ) или два простых сомножителя ( $3 \times 23$ ). Мы уже в следующем абзаце начнем говорить об этой арифметике, а пока скажу только, что хотя моя книжка не о вирусах, совсем без них, коль скоро они (и похожие на них мобильные генетические элементы, МГЭ) составляют почти половину генома даже у человека, и коль скоро они – простейшие организмы на Земле, начало жизни обойтись не могло. Словом, как говаривал Директор Института Ивановского академик Виктор Михайлович Жданов, вспоминая Козьму Пруткову, “*Глядя на вируса, нельзя не удивляться!*”

.....

Номер этой главы дает возможность сказать два слова о системах счисления. Учебник (и *Википедия*) определяют систему счисления, как “совокупность наименования и записи чисел”. В любой системе счисления для представления чисел выбираются некоторые символы (*цифры*), а остальные числа получаются в результате арифметических операций над цифрами данной системы. Система счисления называется *позиционной*, если значение каждой цифры зависит от ее позиции в последовательности цифр, изображающих это число.

Число единиц какого-либо разряда, объединяемых в единицу более старшего разряда, называют основанием позиционной системы счисления. Если количество используемых системой цифр равно  $P$ , то она называется  $P$ -ичной.

В обычной жизни люди нашей (современной) цивилизации используют десятичную – или *децимальную* - позиционную систему счисления ( $P=10$ ), которая содержит девять числовых символов плюс символ ноля. Это, однако, не более, чем культурная традиция. В вавилонской, например, культуре использовалась, шестидесятеричная система счисления ( $P=60$ ), в культуре майя – двадцатичная (*вигинтимальная*,  $P=20$ ); в других культурах могли использоваться алфавитные системы. Древние египтяне применяли десятичную непозиционную систему счисления. Основная система счисления, используемая в информатике, - двоичная ( $P=2$ ); она использует два символа (включая ноль). Первые десять десятичных чисел в двоичной системе записываются так:

01	0001	06	0110
02	0010	07	0111
03	0011	08	1000
04	0100	09	1001
05	0101	10	1010

Несложно заметить, что в той и другой системе *числа* – в соответствии с ее основанием - записаны поразрядно, то есть в соответствии с позицией: в крайнем правом разряде число единиц, в следующем налево – число десятков (в случае десятичной системы)



или двоек (тоже записанных как десятки - в случае двоичной) и так далее. Несложно заметить и то, что число **7** (номер этой главы, выделенный в таблице *курсивом*) записывается в двоичной системе как **III** (*красивый* номер – см. выше). Такое число, регулярно повторяемое в определенном контексте, приобретает, как мы говорили, функцию *информационной сигнатуры*. Чтобы отличать написание десятичного числа от написания, например, двоичного, используют символ основания системы счисления, который ставят у такого числа справа внизу: **III<sub>2</sub>**. Основание системы десятичного числа записывать не принято. Таким образом, **7 = III<sub>2</sub>**, и номер этой главы можно читать двояко.

# ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

## НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ

### Глава 0.

#### ТАК ГДЕ ЖЕ ОНИ (MULTIVERSE)?(IV)

*Так где же ОНИ?* - спросим мы вслед за Ферми. Где может возникнуть жизнь – если Акт ее *Божественного* Творения рассматривать как эпизод сверхестественный, то есть не рассматривать вовсе? А если Жизнь возникает там, где это оказывается возможным, то обязательно ли ее возникновение приведет к появлению Разума? А появление Разума – обязательно ли приведет к Технологическому Взрыву, без которого ни о каких контактах с разумными представителями *высших* цивилизаций (кроме тех, что имеют характер внушений *сверху*, описываемых Торой, свитками Мертвого моря, Библией - или любым, кто слышит *голоса*) не может быть и речи. Откуда ИХ ждать? И по каким признакам мы могли бы узнать об ИХ визите? Вопросов много; начнем с общего взгляда на мир, в котором существуем и МЫ и ОНИ.

Подготовленные читатели знают, что Большой Взрыв - не последнее слово космологии, и что никакого *начала* Вселенной, согласно сегодняшним взглядам, скорее всего, не было, да и сама Вселенная нуждается теперь в уточнении “наша” – по крайней мере, для понимания графиков Воннегута – с их *В* и *Е*. Уже более полувека предложенное Хью Эвереттом и существенно преобразованное современными инфляционными моделями (в том числе так называемой “теорией суперструн“) новое квантово-физическое представление о мире рассматривает наше местообитание как одну из множества Вселенных, один из бесчисленных *пузырьков* так называемого “Мультиверса” (*Multiverse*- в противоположность *Universe*, Вселенной). Эти *пузырьки* постоянно образуются в “кипящем“ и бесконечно существующем *вакууме*. Такой взгляд поддерживается сейчас большим кругом выдающихся ученых.

Число *пузырьков*, составляющих Мультиверс, по некоторым оценкам, чудовищно – не менее  $10^{1000}$ , как о том сказал в своей московской лекции “*Многоликая Вселенная*”<sup>38</sup> профессор Стэнфордского Университета Андрей Линде, один из разработчиков новой космологии. Напомню, что число ВСЕХ элементарных частиц в нашей Вселенной – примерно  $10^{87}$ . Это не может не означать, что некоторые из *пузырьков* обитаемы, а часть последних настолько незначительно отличимы и даже практически *НЕ*отличимы от нашего, что ответ на вопрос *одни ли мы в этом Многомирии* теряет смысл: Разумеется, *НЕТ!* “Соединяющие” различные Вселенные Мультиверса топологические туннели и переходы, называемые “кратовыми норами“, “червячными ходами“ и т.п., проявляются как “черные дыры“ различной массы, скорее всего, принципиально непроходимые для наблюдателя, - да еще и нагруженного информацией, да еще и в обе стороны. Но если бы даже проходимость между мирами имела место (например, за счет *разворачивания свернутых* измерений 10- или 11-мерного, как полагают теоретики, Мультиверса), она была бы сильно ограничена совместимостью физики, о которой (имея в виду физику нашей Вселенной) сегодня нельзя даже сказать, сохранится ли она неизменной на протяжении следующих миллиардов лет. Что же касается возникновения жизни, то – по некоторым расчетам – существует определенный набор Вселенных с близкими, пусть и не

---

<sup>38</sup> <http://elementy.ru/lib/430484>

совпадающими с нашими, физическими константами, в которых она могла бы, тем не менее, возникнуть. Более того, “обнулив” некоторые из этих констант (например, исключив слабое ядерное взаимодействие), можно ожидать, что остальные, тем не менее, теоретически могут сформировать Вселенную, пригодную для возникновения жизни. Теоретически же можно смодифицировать и некоторые физические законы - и получить Вселенную с атомами, ядра которых будут состоять не только из протонов и нейтронов, но также из других барионов, содержащих, например, странный кварк. И такая Вселенная также может оказаться местом, в котором возникнет жизнь.

Представление о структуре Многомирия, математически вполне строгое, имеет своим следствием столь фантастические и столь далеко идущие выводы, о которых сказать “дух захватывает” - значит вообще ничего не сказать. Один из таких выводов – *решающая* (а не просто *вносящая помехи в расчеты*) роль Наблюдателя при фиксации того или иного квантово-механического события. Вывод этот – несмотря на всю его метафизику - отнюдь не философский, но математически обоснованный. Вот что говорил на этот счет Андрей Линде в своей московской лекции: *“Занимаясь... экспериментами, мы подходим к... моменту, где вопрос о сознании вылезает на первый план, хотя... большая часть нормальных физиков не считает, что это главное. Но... тогда возникает вопрос: сознание является просто функцией материи (или ее отражением), - или оно является условием существования всего мира, - или чем-нибудь еще? И вопросы эти даже на простом уровне достаточно нетривиальны”*. Между прочим, то обстоятельство, что человек в принципе не может “наблюдать” более  $10^{10^{16}}$  (в соответствии с примерным числом синаптических связей в его мозгу) битов информации, немедленно ограничивает число возможных Вселенных Мультиверса именно этим значением.

Множество такой мощности представляет собой безбрежное поле для том, в каких Вселенных (и при какой физике) возникают условия для возникновения Жизни, и с какой частотой эта возможность реализует. И тут Антропные Принципы различной силы<sup>39</sup> перестают отпугивать атеистов своими телеологическими (и даже теологическими) ароматами. Как писал Стив Вайнберг, *“Множество струнных теорий легитимируют антропные рассуждения, как новое основание для физических теорий: любые ученые, которые изучают природу, должны жить в той части [струнного] ландшафта, где физические параметры имеют значения, подходящие для появления жизни и ее развития вплоть до появления этих ученых”*<sup>40</sup>.

Идеи Эверетта и Мультиверса<sup>41</sup> – не плод воображения, но вполне логичный результат эволюции взглядов основателей квантовой механики. Логика Вернера Гейзенберга вполне соответствует этим идеям: *“Классическая физика основывалась на предположении – или, можно сказать, на иллюзии, – что можно описать мир или, по меньшей мере, часть мира, не говоря о нас самих... Следует помнить, что то, что мы наблюдаем, – это не сама природа, а природа, которая выступает в том виде, в каком она выявляется благодаря нашему способу постановки вопросов. Научная работа в физике состоит в том, чтобы ставить вопросы о природе на языке, которым мы пользуемся, и пытаться получить ответ в эксперименте, выполненном с помощью имеющихся у нас распоряжении средств”*.

---

<sup>39</sup> *Антропный Принцип* (в самом простом выражении): поскольку существует Наблюдатель, Вселенная должна иметь свойства, позволяющие возникнуть разумной жизни; Вселенной без Наблюдателя не существует. Различают сильные и слабые АП

<sup>40</sup> Стивен Вайнберг, *“Первые три минуты”*

<sup>41</sup> Хью Эверетт III - американский физик, первым (в 1957 г) предложил новую интерпретацию квантовой механики, которую впоследствии и стали называть Multiverse (многомирием)

Я коротко остановился на современных космологических представлениях не для того, чтобы описывать их физическую - или даже метафизическую - суть, но только потому, что вопрос “Где же ОНИ?” заставляет пристально оглядеться вокруг. Что до самих этих представлений, кто знает, как они трансформируются завтра? Как пишет Юрий Лебедев (<http://www.everettica.org/article.php3?ind=26>), вспоминая М.Булгакова, “обращенные к голове Берлиоза слова Воланда “не менее справедливы, нежели теорема Пифагора или закон Архимеда: *Факт – самая упрямая в мире вещь... Вы всегда были горячим проповедником той теории, что по отрезании головы жизнь в человеке прекращается, он превращается в золу и уходит в небытие. Мне приятно сообщить вам в присутствии моих гостей, хотя они служат доказательством совсем другой теории, о том, что ваша теория и солидна и остроумна. Впрочем, все теории стоят одна другой. Есть среди них и такая, согласно которой каждому будет дано по его вере. Да сбудется же это!*”

Тот же Вайнберг рассказывал, что прочел однажды описание ученой дискуссии на конференции в Стэнфорде, в которой Мартин Рис (выдающийся современный астроном, Астроном Ее Величества - очень высокая научная должность! – и известный космолог) объявил, что уверен в реальности Мультиверса настолько, что готов держать за него пари на жизнь своей собаки, в то время как Андрей Линде *возражал*, что готов держать такое пари на свою собственную жизнь. Сам Вайнберг заметил, что у него самого “достаточно веры в Мультиверс, чтобы держать пари и на жизнь собаки Мартина Риса, и на жизнь Андрея Линде вместе взятых”.

Вера, о которой говорил Воланд (с его *дьявольским* умом), конечно же, не ограничена профессиональными – и какими бы то ни было - рамками, и он несомненно подписался бы под знаменитыми словами Вайнберга: *Только попытка понять Вселенную поднимает жизнь человека над уровнем фарса и придает ей благородство трагедии.* А такая попытка всегда начинается с парадоксальной и привлекательной теории. Между прочим, и Михаил Булгаков одно время состоял в Московском Отделении секции научных работников.

С точки зрения интересующего нас - в контексте этой книги - существования внеземных цивилизаций, чудовищное число Вселенных Мультиверса указывает, что возраст этих цивилизаций может намного превышать возраст нашей собственной. И тогда мысль об успешном решении ИМИ *технической* проблемы перехода между Вселенными может показаться не слишком фантастической. Вопрос о мотивах такого перехода обсуждать бесполезно. Каких-то полвека назад фантасты *Homo sapiens* предлагали прорезать просеки в сибирской тайге в виде геометрического символа теоремы Пифагора - для демонстрации наличия Разума на нашей планете. Сегодня мы, скорее, пожелаем бы скрыть от других то, в чем и сами-то сомневаемся, – во избежание нежелательных и непредсказуемых последствий. Мотивы изменились на противоположные за очень короткий срок – в рамках одного поколения и одной (европейской) цивилизации.

.....

Но в различных цивилизациях (и примерно в одно и то же время) наука развивалась совершенно несхожими путями. Число 0, например (номер этой главы), придумали древние индийцы, практически современники Аристотеля, совершенно несклонные к тому, что интересовало тогда греческую науку - к естествознанию и к истории. Зато они интересовались, в первую очередь, математикой, лингвистикой и психологией. Известный философ, индолог и буддолог Александр Моисеевич Пятигорский рассказывал<sup>42</sup> о том, как в начале прошлого века в Оксфорд приехал из Индии один лама, который быстро освоил английский и прочитал на этом языке сотни книг. Этот лама (впоследствии весьма

---

<sup>42</sup> Александр Моисеевич Пятигорский, публичные лекции “Полит.ру”  
<http://polit.ru/lectures/2006/03/02/pjatigorsky.html>

известный, его звали Рамануджан; он стал выдающимся математиком), комментируя эволюционную теорию Дарвина, отметил, что его “теория неинтересна; Дарвин, конечно, был гений, но крайняя интеллектуальная неразвитость”. Вот такой оксюморон! А об одном сильном математике, с которым его тогда познакомили, сказал: “Вот у этого человека с головой все в порядке”. Индийцы придумали не только ноль, но также поразрядное (позиционное) представление числа. Если бы этого не случилось, вообразите себе, какой была бы наша бухгалтерия, основанная на сложении в столбик римских чисел! Впрочем, античные греки - как и мы - пользовались десятичной системой и умели хорошо считать, как-то обходясь без символа ноля; миф приписывает происхождение десятичной системы греков их особой симпатии к музыкальной квинте. Хотя - с точки зрения чисто математической - десятичная система не имеет специальных преимуществ перед другими.

И опять: когда отнюдь *не бесчувственному и не бездушному брамину* Рамануджану дали прочесть английский перевод Освальда Шпенглера, он – по словам того же Пятигорского - сказал: “Ну, джентльмены, это же чушь полная, это вообще неразвитым человеком писалось”. При том, что Шпенглер был одним из первых эрудитов своего времени, и в его знаменитом труде “Закат Европы” – как раз и изложена философия числа, и описано “изобретение” индийскими математиками ноля и позиционного представления чисел, для чего – по выражению автора - потребовалась “чувствительная душа брамина”. Рамануджан, кажется, не читал Шпенглера по-немецки, и еще неясно, что бы он при этом сказал.

Последний вопрос из небольшой серии, приведенной в начале этой главы, - это: *По каким признакам мы могли бы узнать ИХ?* Ясно, что каковы бы ни были ИХ мотивы, удивительное желание осуществить не прямой (не предусматривающий визита) контакт с нами должно выражаться в виде некоего несомненно искусственного сигнала. Можно представить себе три варианта такого сигнала:

1. несомненно технологическое (не-природное) изделие,
2. волновой сигнал выраженной (не-природной) упорядоченности, например, периодичности,
3. направленная панспермия, маркированная информационными символами.

И только при установленном контакте сигнал может уже иметь свойства письма, читаемого адресатом.

Пример сигнала первого типа (со стороны земной цивилизации) – пластинки с рисунками и символикой, отправленные с аппаратами Пионер-10 и Вояджер *в никуда*: эти пластинки, скорее всего, никогда не достигнут адресата. Адресат – вообще тема отдельная. Очень образно ее описал Станислав Лем в своем “*Голосе Неба*”: адресат (цивилизация) должен быть *готовым* прочесть Послание, если оно обращено к нему – а не через его голову. Иначе из отдельных фрагментов, которые он окажется способным-таки прочесть, ему никогда не сложить целое. Изделие само по себе – крайне неэффективный способ установить контакт.

Пример сигнала второго типа (с “нашей” же стороны) – Послание Аресибо (можно прочесть в *Wiki*) в направлении шарового звездного скопления М13 (25.000 световых лет от нас). Оно содержит информацию, свидетельствующую о том, что где-то во Вселенной существуем мы - цивилизация на определенной стадии развития науки. Это единственная функция послания. Оно не содержит информационных символов (которые имели бы характерный вид - или о которых следовало бы предварительно договориться), и прочесть его чужаку - непросто.

Пример сигнала третьего типа (но уже с ИХ стороны) – это так называемый *Wow-Сигнал* (можно также прочесть в *Wiki*), происхождение которого осталось неясным, и который больше (с 1977 года) так и не повторился. Случайность? Впрочем, послание Аресибо в направлении шарового звездного скопления М13 тоже никто не повторял.

Между прочим, Лем описывал сигнал весьма продолжительной периодичности – так что принимающая сторона не сразу оказалась способной даже осознать его искусственную

природу. А когда осознала, все что удалось установить - это его “биофильность”. Биофильность *сигнала* описана и у Артура Кларка в “*Одиссее 2001*”. Сигнал у него приходил не из глубокого космоса, как у Лема, а из источников (имеющих очевидное не-природное, технологическое, происхождение), размещенных ИМИ на нашей планете.

Оба литературных примера, взятые из научной фантастики, отражают два обстоятельства: максимум фантазии, на который оказался способен интеллект наших современников (оба писателя – классики жанра), и единственное, как представлялось в *XX* веке даже людям с *таким* (можно сказать, *профессиональным*) воображением, осмысленное содержание ИХ возможного сигнала – его “биофильность”, то есть способность обеспечить – или ускорить - формирование жизни или разума, что пролонгирует Антропный Принцип с довольно неожиданной стороны. Ненаправленная (изотропная) искусственная панспермия слишком затратна, естественная панспермия (то есть простая контаминация), весьма вероятная в рамках родной планетной системы, вряд ли имеет шансы выйти за эти рамки.

И вновь: не стану рассуждать о мотивах направленной панспермии. Однако, вряд ли тех, кто эту панспермию “направлял”, не интересовал результат их работы. А это значит, что такой результат должен быть промаркирован – как маркируют эксперименты биологи, физики или химики, чтобы его узнавали *свои* - или имели в виду *чужие*, способные разглядеть клеймо или отличить почерк. *Что* именно следует промаркировать – и *как*? Один вариант маркировки я уже упоминал: геометрический образ теоремы Пифагора. Любопытно, однако, достаточно ли убедителен этот образ? Например, так называемое *золотое сечение* – образ не слишком убедительный: известно, что многие соотношения не только в живой, но и в неживой природе имеют характер золотого сечения. Трудно сказать, почему это так. Но вот арифметика сама по себе уже вполне может рассматриваться как основа для метки эксперимента. Арифметика представляется безусловным артефактом, очевидным продуктом разума. Две простейшие операции с числами (сложение и умножение), составляющие базовый арифметический синтаксис, нетрудно пометить числами, имеющими вид *информационных сигнатур* в позиционных системах счисления. Мы уже говорили, что, например, число *III* – это не три палочки (как римская цифра *III*), а именно сто одиннадцать таких палочек, условно изображенных по строгим позиционным правилам десятичной системы счисления. Римское *CXI* (те же *III*) – число, которое трудно различается среди других и которое вряд ли послужило бы *информационной сигнатурой*. Но числа, вроде *III* (в меньшей степени - *II*), распределенные по тексту в соответствии с простым (например, симметричным) паттерном, вполне могли бы служить меткой, указывающей на искусственную природу меченого объекта.

Что касается “живого материала”, на который такую сигнатуру следовало бы нанести, то его основными свойствами должны быть достаточная пластичность в исходном состоянии и невероятная прочность (стабильность) – в последующем. Предлагаю читателю самостоятельно подумать, что бы могло послужить таким материалом. К возможному ответу на этот вопрос мы вернемся позже.

Итак, жизнь на Земле могла произойти либо естественным путем, либо стать результатом направленной панспермии. Вариантом последней (случайной, невольной) могла быть неудачная попытка колонизации, в итоге чего на месте гибели группы астронавтов выжили только инопланетные одноклеточные, ИХ симбионты или паразиты. С тех пор ИХ визит, скорее всего, либо не повторялся, либо вовсе не имел (пока) места. Либо – напротив - ОНИ и сейчас среди нас, но тщательно *шифруются*. В последнем случае и вправду имеет смысл “внимательно присмотреться к венграм”☺. Но все же любопытно, *что* ОНИ посчитали бы заслуживающими внимания *всходами*? Нашу сегодняшнюю цивилизацию? Готовы ли мы сами с этим согласиться, поставив себя на ИХ место? Если ИХ здесь нет, то следует ли ожидать ИХ визита – или мы так или иначе сами обнаружим себя - с течением времени? Что касается альтернативы всей этой, по словам Крика, “довольно нехудожественной разновидности научной фантастики“, то в МультIVERсе

наверняка найдется такой мир, в котором жизнь, подобная земной, возникнет и без всякой панспермии. Поэтому гораздо интереснее оглянуться вокруг в собственной Вселенной.

## Глава 13.

### ГДЕ ОНИ (UNIVERSE) И ПОЧЕМУ МОЛЧАТ?(V)

Так где же ОНИ? – повторим мы снова, оглядывая уже наш мир. Где тут могла возникнуть жизнь (и могла ли?), если – как мы договорились - Акт ее Божественного Творения считать гипотезой несерьезной. А если жизнь возникла там, где это оказалось возможным, то обязательно ли это привело к появлению Разума? А если привело – откуда ИХ ждать? И снова: по каким признакам мы могли бы узнать об ИХ визите?

В отличие от мира Мультиверс, где расстояниями (между Вселенными) и временем для их преодоления можно пренебречь – просто потому, что они не имеют там смысла, – наша Вселенная представляет собой мир столь гигантский и столь “ненаселенный” подходящими сгустками материи, что наш вариант жизни можно легко рассматривать либо как случайный, либо как “выращенный в пробирке”. Если он имеет “естественное” происхождение, то упомянутый выше Антропный Принцип в необъятных просторах нашей Вселенной, скорее всего, реализовал его не один раз. Если же жизнь на Земле возникла в результате некоего разумного действия (например, направленной панспермии), то она должна быть каким-то образом, хотя бы временно, изолирована от цивилизации, которая “произвела посев”, чтобы проследить его эффективность. Тогда изолирующими стенками “пробирки”, в которой он осуществляется, вполне могут служить чудовищные расстояния до ближайших возможных объектов контаминации. Масштаб расстояний во Вселенной хорошо иллюстрируется в книжке Френсиса Крика (“*Жизнь, как она есть*”) и во множестве других; не буду на этом долго останавливаться, достаточно следующего криковского образа. Расстояние до Солнца - одна астрономическая единица (150 млн км). Расстояние до центра Галактики - два миллиарда астрономических единиц. Расстояние до крайних, видимых с Земли галактик – в миллион раз больше, чем до центра нашей Галактики. Если это – предельно достижимое вооруженным глазом - расстояние уменьшить до одной астрономической единицы, то Солнечная система пропорционально съёжится до размера едва различимой глазом пылинки. Запущенные с Земли *Пионеры* и *Вояджеры*, вероятнее всего, НИКОГДА и ни с чем не встретятся – как об этом выше и сказано.

Все эти расстояния и число возможных цивилизаций, “определяемое” знаменитой формулой Дрейка (см. далее) и произвольными модификациями ее параметров, имеют отношение, скорее, к вероятности существования цивилизаций, способных послать нам сигнал, нанести визит или засеять “нашу грядку”, но не к самой гипотезе о панспермии. Последняя, возможно, и отодвигает далеко в прошлое проблему происхождения жизни вообще, но не стоит упускать из виду, что для Вселенной она может иметь одно общее решение, а для Земли – другое и частное. Разведение этих двух решений во времени и в пространстве и составляет суть гипотезы панспермии. В конце концов, основные вопросы, которые люди задают себе, попав в этот мир, - это: *Кто мы? Где мы? Откуда пришли? Куда идем?*

Поиск высокоразвитых цивилизаций в нашей Вселенной интересует нас с точки зрения оценки вероятного расстояния от НИХ до Земли, то есть времени, чтобы преодолеть это расстояние и осуществить “посев жизни”. Косвенно на этом основании можно судить об ИХ технологиях и о характере контакта. Обмен “текущими” посланиями с использованием сигнала в радиодиапазоне – с нашими технологиями – удручающе неэффективен, поскольку скорость его распространения ограничена скоростью света, а расстояния до ближайших его источников в лучшем случае измеряются годами его пролета с этой скоростью. Вот почему обмен такими посланиями целесообразен только между цивилизациями, в которых развитие технологий прошло этап стремительного роста (мы находимся именно на этом этапе) и вышло на “плато”, достаточная протяженность которого может обеспечить их взаимопонимание, их взаимный интерес и даже их взаимную безопасность, сближая их логику и их мотивации. Доступ к такому обмену для



развивающихся или “отсталых” цивилизаций должен быть надежно закрыт. Пресловутое *Молчание Космоса* - еще один признак нашей “неразвитости” – не столько технологической, сколько нравственной: агрессивность высокоразвитой цивилизации представляется абсурдом.

Что до “жизнетворного” сигнала, то и здесь - поиск подходящей для засева “грядки” и сама процедура направленной панспермии, учитывая плотность материи во Вселенной, выглядят чрезвычайно неэффективно; альтернативным решением (с отмеченными ограничениями) может оказаться дистанционное воздействие с целью оптимизации условий возникновения жизни (разума?). Если результат панспермии в узком смысле слова – это воспроизведение на новой планете жизни, молекулярные основы которой в основном повторяют исходный вариант, то более общая задача - организация условий для возникновения жизни – также может быть названа панспермией – в широком смысле. В любом случае для контроля “всхожести” и качества “урожая” возникает необходимость изоляции от источника. Очевидна аналогия с экспериментом, чистота которого требует маркировки, служащей, в частности, дополнительным элементом изоляции. Таким образом, наша задача – если жизнь на Земле стала результатом подобного эксперимента - сводится к тому, чтобы отыскать его метку. Ее обнаружение, в свою очередь, может служить свидетельством направленной панспермии – какой бы технологией она ни осуществлялась. Но если радиосигнал от разумной цивилизации может быть промаркирован, например, последовательностью импульсов, соответствующей достаточно протяженному ряду простых чисел (как это предлагали еще полвека назад физики из Корнеллского Университета Джузеппе Коккони и Филипп Моррисон), то результат направленной панспермии целесообразно маркировать более короткой меткой, которую можно было бы быстро отыскать и идентифицировать. С этой точки зрения, числа вида  $nIII$  - как мы уже говорили - вполне могут служить такой меткой (*информационной сигнатурой*). Чтобы ее разглядеть, надо найти место, где ее искать, и выбрать основу соответствующей позиционной системы счисления.

.....

Номер этой главы – все те же - *III*, если таким выбором станет троичная система счисления ( $P=3$ ); в ней используются три символа, включая ноль (троичную систему с двумя символами -1, 0, +1 мы не рассматриваем). И он также вполне может служить *информационной сигнатурой* предполагаемого эксперимента, поскольку *13*- это *III*<sub>3</sub>. Первые четырнадцать десятичных чисел (“темная” колонка) в троичной системе записываются так (“светлая” колонка):

01	001	08	022
02	002	09	100
03	010	10	101
04	011	11	102
05	012	12	110
06	020	<i>13</i>	<i>III</i>
07	021	14	112

Здесь, на взгляд автора, стоит прерваться и коротко поговорить о том, что может быть предметом панспермии, то есть о том, что такое жизнь - с позиций современной науки. Автор понимает, что тема, заявленная в этой главе, не завершена и обозначена лишь в самом общем виде. Развитие ее будет содержанием главы *I*, номер которой – в комбинации с номером этой главы – составит *палиндром*, последовательность символов, сохраняющая один и тот же смысл при чтении в обоих направлениях: *131*. А пока – объявленный перерыв (длительностью в одну главу).



## Глава 21.

### ЧТО ТАКОЕ ЖИЗНЬ – И ОПЯТЬ НЕМНОГО ВИРУСОЛОГИИ (VI)

Несмотря на трудности с определением понятия *жизнь*, без того, чтобы рассмотреть разумные варианты такого определения, нам не обойтись. Будем только помнить, что строгость этих вариантов очень условна. Троглодиту из племени *мумбо-юмбо* и пыхтящий паровоз показался бы живым существом, а десяток таких паровозов навел бы на мысль об их размножении или *самозарождении* – например, в теплом навозе пополам с грязным бельём. Нам, в свою очередь, наверняка показались бы живыми человекообразные роботы будущего, доведись встретить их за углом. Два-три поколения назад человеку, может быть, и пришла бы в голову мысль разобрать компьютер, чтобы понять, принцип его работы. Как устроены отдельные микросхемы – он бы, наверное, даже, и сообразил, но об операционной системе в целом вряд ли догадался. Вскрывая человеческое тело, разглядывая под микроскопом мозг и изучая биохимию нейронов, невозможно ничего сказать об устройстве индивидуального сознания. Операционная система – что-то вроде души компьютера. Если о ее существовании два-три поколения назад чудесным образом стало бы вдруг известно, обязательно нашлись бы так называемые *независимые* (те же *британские*) *ученые*, которые принялись бы изучать ее свойства, отыскивая, например, разницу масс работающего и “зависшего” компьютеров, а отыскав (кто ищет, тот всегда найдет), – все равно передать материал на откуп неумемному воображению креационистов, мистиков, уфологов и журналистов.

Попробуем взглянуть на это дело чуть по-другому. Выстрелив в летящую чайку, чтобы собрать с нее клещей для выделения из них патогенных вирусов, полевой зоолог интуитивно определяет ее в полете как живую, а когда она падает на землю и остается без движения, справедливо считает неживой. Однако, если в лаборатории извлечь из только что убитой птицы, например, почки или легкие, измельчить их и поместить в питательный раствор, кусочки ткани останутся живыми, и клетки в них будут расти и размножаться, формируя так называемую *органныю культуру*. Как организм птица погибла, но фрагменты ее ткани продолжают жить. Если – с помощью несложной техники – получить из этих фрагментов взвесь отдельных клеток и также поместить их в регулярно сменяемый питательный раствор, они также будут жить, формируя *клеточную культуру* и сохраняя исходный геном (то есть информацию, необходимую для воссоздания живой птицы). Более того, если эти клетки поместить в жидкий азот (-196°C) – или отправить в космос (-273°C), их – теоретически – можно будет вернуть к жизни и через десятки миллионов лет. Таким образом, чайка как бы погибла – но все же, как бы не совсем: жизнь ее клеток продолжается – или может быть продолжена в необходимых условиях. В ядрах этих клеток будет регулярно удваиваться ДНК, которая несёт гены именно этой птицы, то есть информацию, которую *в принципе* (пока таких технологий нет, но их разработка – дело уже не слишком далекого будущего) можно использовать для ее воссоздания. Воссозданная птица будет совсем неотличима от исходной – с точки зрения зоолога, практически неотличима – с точки зрения молекулярного биолога, и только зоопсихолог, способный различать птичьи характеры, возможно, сумеет разглядеть разницу, хотя и припишет ее неодинаковым условиям, предшествующим в жизни обеих птиц (“исходной” и “воссозданной”) тому моменту, когда он принялся их изучать. Молекулярный биолог сумеет извлечь ДНК из клеток чайки и заставить ее дублироваться (размножаться) в искусственной бесклеточной системе, то есть в пробирке, содержащей необходимые клеточные компоненты. Эта техника (правда, для не слишком длинных нуклеиновых кислот) существует уже давно; с ее помощью в 60-ых Сол Спигелман осуществил “дарвиновскую эволюцию в пробирке” фага  $\phi\beta$  (ку-бета), РНК-содержащего бактериального вируса, геном которого в процессе непрерывной дубликации укорачивался, что приводило к ускорению цикла удвоения. Наша чайка погибла, но ее жизнь продолжилась – на молекулярном уровне!

Так погибла ли она все-таки? Да, если она *Джонатан Ливингстон*. Нет, если она просто *Larus hyperboreus*. Охотник погубил *Джонатана*, ученый сохранил информацию, необходимую для воссоздания рода *Larus*.

В 1980г - в соответствии с программой Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) - на Земле была полностью ликвидирована опаснейшая вирусная инфекция - натуральная оспа. Возник вопрос: что делать с хранящимся в вирусологических лабораториях возбудителем этой оспы – уничтожить или сохранить для быстрого конструирования противооспенной вакцины, если инфекция каким-то образом вернется? От обезьян, например, которые продолжают болеть собственной оспой, не патогенной (пока?) для человека, или еще из какого источника, изученного значительно меньше, от тех же грызунов. Вирус *официально* законсервирован в двух лабораториях – в России это биологические институты Кольцово под Новосибирском, в Соединенных Штатах – это Центр Контроля над заболеваемостью (CDC), Атланта, Джорджия. Геном вируса оспы полностью отсеквенирован (то есть, определена последовательность его нуклеотидов), и соответствующий символьный текст в электронном виде хранится в ГенБанке, что дает возможность химически синтезировать ДНК вируса и, в случае необходимости, воссоздать его и воспроизвести вакцину достаточно быстро, хотя, разумеется, не так быстро, как при использовании “готовой“ ДНК из хранилища.

В 2003 г. была опубликована статья, посвященная синтезу “с нуля“ (то есть, химическому синтезу) генома вируса полиомиелита на основе текстов ГенБанка, доступных любому желающему. Произошла дискуссия о правомерности таких публикаций – с учетом доступности их и описанных в них технологий для террористов, а поскольку появилась информация о том, что тот же оспенный вирус сохраняется нелегально - как минимум, в десятке нелицензированных для этого лабораторий, вопрос о необходимости уничтожить вирус там, где он хранится на законных основаниях, перестал быть актуальным. Нас в этом контексте интересует другой вопрос, а именно: можно ли считать жизнью то, что не является даже молекулами, но записано латинскими символами нуклеотидов в электронном виде (или на бумажном носителе), как руководство к воспроизведению в “благоприятных условиях“? Полный аналог, записанный на носителе, способном к амплификации и автономной реализации записанной же на нем программы, – это, например, споры бацилл сибирской язвы, готовые воспроизводить патогенную бациллу – также в “благоприятных условиях“, уже без участия человека. Кстати, “участие человека“ совершенно не снимает поставленного вопроса, поскольку человек – не бестелесный Господь Бог, а часть биосферы, в основе которой лежат те же молекулы нуклеиновых кислот и белков. В таком контексте жизнеспособность типографского текста, *реализуемая только с помощью человека, его единственного “реаниматора”*, - это практически то же самое, что и жизнеспособность бамбукового медведя, *реализуемая только с помощью бамбука, его единственного “аниматора”* (пищи, поскольку бамбуковый медведь питается только бамбуком). Определение жизни, по крайней мере, сегодня, не может игнорировать ее многоуровневый – вплоть до планетарного - характер. Что до “бестелесности“, то носитель лемовского *биофильного* сигнала – нейтрино, частица также почти бестелесная, не имеющая ни заряда, ни - практически - массы и не реагирующая с другими частицами, а следовательно без потерь пронизывающая пространство. Модуляция потока нейтрино – фантазия; какие бы то ни было целевые модуляции *с помощью* такого потока – фантазия едва ли не большая. Сегодня.

Если утверждение “*бумажная версия генома – это нечто живое*”, вызывает сильное сомнение у тех, чей ум *не дружит с парадоксами*, то что сказать о вирусах, простейших существах, иногда состоящих *только* из генома, в котором записана нужная последовательность нуклеотидов? Биологов и этот вопрос иногда ставит в тупик. А после того, как американец Уэнделл Стенли в 1933 году показал, что некоторые вирусы способны кристаллизоваться, ответ на него приобрел отчетливые негативные очертания.

Обыватель (большинство медиков – тоже, к сожалению, обыватели) представляет себе вирус как “маленький шарик“ в структурном отношении и “большую заразу“ - в функциональном. Медики считают вирусы абсолютными паразитами, поскольку они (вирусы, конечно, а не медики) могут размножаться *только* внутри клетки, “питаясь“ ее белками и ее энергией. При этом они (медики, конечно, а не вирусы) бессознательно - а в силу профессии неизбежно - вкладывают в понятие “паразит“ еще и нравственный смысл, полагая – наивно, конечно, - что жизнь человеческая без них была бы много счастливее. Между тем, биология учит нас, во-первых, что паразитизм представляет собой вполне нормальное явление. А во-вторых, - что эволюция не имеет дела ни с отдельным человеком, ни с его счастьем, ни с отдельным вирионом (вирусной частицей), ни с отдельными проблемами этой частицы. Эволюция имеет дело с системами, которые модифицируются и усложняются – в частности, с помощью тех же вирусов, - с биологическими видами и их иерархически более сложными объединениями – от экоценозов до биосферы. Заражение вирусами либо элиминирует из популяции тех, кто к ним чувствителен, либо приносит в геном зараженных новые гены, которые способны там закрепиться и придать новым хозяевам дополнительную устойчивость к факторам внешней среды, частью которой опять же являются вирусы. Комбинация обоих событий может оказаться тем самым фактором естественного отбора, на котором настаивает Эрик Галимов<sup>43</sup>. Некоторые специалисты полагают, что скачки эволюции биологического вида могут быть связаны со встройкой в геном и распространением в популяции эндогенных ретровирусов (таких, как возбудитель СПИДа). Латеральное распространение генов продолжается и в настоящее время. Ген обезьяньего белка CD200, функции которого весьма многообразны (а человеческий аналог которого причастен – среди прочего - и к нормальному течению беременности), несколько миллионов лет назад оказался захвачен одним из герпесвирусов, а именно - возбудителем обезьяньего предка герпесвируса *саркомы Капоши* (HHV8, *human herpesvirus type 8*, как его называют; он осложняет этой саркомой течение СПИДа у человека) и стабильно “встроился“ в вирусный геном. Аналог гена CD200 и сейчас довольно уверенно “просматривается“ в геноме HHV8, у которого он экспрессируется в виде белка K-14, обладающего набором функций, часть которых неизвестна. Неизвестно - ни какую выгоду принесло это “вирусу-несуну”, ни какую выгоду получили приматы от своей “щедрости”. Однако, отчетливый след этого события, сохраняющийся в течение миллионов лет, наводит на мысль о беспорном взаимном удовлетворении. Герпесвирусы обладают большим геномом (до 200 тыс пар нуклеотидов) и большой векторной емкостью, то есть способностью оставаться жизнеспособными при замене так называемых “несущественных“ генов на другие фрагменты ДНК. В условиях эксперимента можно таким образом заменить до 80% генома герпесвируса, сохраняя его способность к специфическим синтезам и к размножению с помощью неповрежденного вируса-хелпера. Что до медицинской стороны дела, которая все равно интересует людей больше, чем любая другая, то стоит помнить, что классифицированных и описанных вирусов, известных сегодня, всего около двух тысяч; не более 5% из них патогенны для человека. Ничтожная часть даже этого количества – и то, только те, что вызывают острые инфекции, - является предметом идентификации в обычных клинических лабораториях. Когда в 2002г американцы попытались провести поиск новых вирусов в пробах из нескольких районов Мирового Океана, им удалось идентифицировать как новые более 125.000 видов вирусов!<sup>44</sup> Правда, эти вирусы “живут” в морских микроорганизмах. Такое число показывает, однако, насколько мало знаком нам мир самых простых существ на нашей собственной планете.

---

<sup>43</sup> Эрик Галимов, “Феномен жизни (между равновесием и нелинейностью)”, УРСС 2001

<sup>44</sup> Shannon J Williams, ... Craig Venter, “The Sorcerer II Global Ocean Sampling Expedition: Metagenomic Characterization of Viruses within Aquatic Microbial Samples”, PlosOne, Jan 2008, issue I, e1456 – [www.plosone.org](http://www.plosone.org)

Так что же такое вирус, простейшая форма жизни? В самом общем виде *вирус – это (химически) неотличимый от адресного (клеточного) информационный носитель с автономной программой самовоспроизведения и синтезов, которая для своей реализации использует читающие (базирующиеся на генетическом коде), синтетические (в т.ч. рибосомы) и энергетические (митохондрии) машины адресата*. Под это определение подпадают все вирусы – то есть, те, о которых мы говорили и к которым относятся уточнения в скобках (“нуклеиново-белковые”), а кроме них – также компьютерные и социальные. И все же, несмотря на высокий уровень обобщения, вирус определяется здесь только в информационных терминах (*носитель, программа, чтение, код*); ничто в этом определении не указывает на происхождение или эволюцию вирусов, и ничто не указывает на их роль в живой природе (креационист сформулировал бы это иначе: “*Для чего они? С какой целью созданы?*”). Между тем, без этих аспектов приведенное определение (как и определение любого биологического – в отличие от физического – объекта) неполно. Дело в том, что физические законы, по преимуществу, обратимы во времени, оно просто не имеет для них значения. Основной же (и очевидный) биологический закон – развитие, необратимое изменение во времени. Это позволяет описывать жизнь в терминах термодинамики, второй закон которой как раз и определяет направление развития в закрытых системах (лишенных внешних источников энергии) в сторону равновесия, тепловой диссипации энергии, разрушения структур и нарастания беспорядка, мерой чего является особый параметр, называемый *энтропией*. Параметр, обратный энтропии – *негэнтропия* – определяет меру порядка системы и в принципе соотносится с понятием *информация*. Вот почему так близки информационные и термодинамические определения жизни.

В закрытой системе *покоющийся* вирус – даже при температурах, близких к абсолютному нулю, – будет неизбежно постепенно разрушаться. В открытой же системе, частью которой является его “родильный и воспитательный дом” – клетка, он будет поддерживать свою структуру и свое существование, неравномерный ритм которого выглядит как короткие перебежки между состояниями покоя. И хотя такой ритм отличается от того, в каком живет *Homo sapiens*, существование которого в промежутках между актами репродукции (эквивалент упомянутых “перебежек” вируса) не является чем-то вроде летаргического сна, это не дает человеку никаких оснований утверждать, что вирус (в отличие от человека) – не *существо*, а нечто, намного более примитивное. Центральными отличительными феноменами, объединяющим на Земле все живое – будь то слон, человек, морковка или вирус, – являются хиральность молекул жизни и генетический код, связывающий две основные молекулярные составляющие этой жизни – белки и нуклеиновые кислоты. Что до кристаллического состояния вируса, то, во-первых, оно достигается, по преимуществу, в искусственных условиях эксперимента. В природе вирус вне клетки в кристаллическом виде как-то не встречается. Регулярные структуры, наблюдаемые на срезах инфицированных вирусом клеток под электронным микроскопом, – это не обязательно то, чем можно заразить здоровую клетку. Да и капсулы с телами астронавтов, погруженных в низкотемпературный анабиоз, которые направляются к далекой галактике и будут автоматически “разморожены” у цели, имеет смысл разместить в корабле экономно, так что вид плотной упаковки таких капсул будет неизбежно обладать внешними свойствами кристалла. Попробуйте теперь возразить против понятия *кристаллизация астронавтов* и утверждать, приняв это понятие, что астронавты эти – не существа вовсе, а какое-то вульгарное вещество!

Жизнь, определяемая в информационных терминах, выводит ответ на вопрос о том, как она возникла, за рамки мистики, поскольку, как показал еще Алексей Ляпунов, информация – в отличие от материи или энергии – может как возникнуть “из ничего” – так и без следа исчезнуть: законы сохранения на нее не распространяются.

Генри Кастлер отмечал, что новая информация проявляется в виде случайного события, результат которого системе удается запомнить. При этом и способность системы

генерировать непредсказуемые, случайные события (флуктуации), и ее способность запоминать их следствия, и связанная со всем этим способность к самовоспроизведению прямо зависят, как показал Иоганн фон Нейман (американец *венгерского*, между прочим, происхождения), от сложности системы. Чем система проще, тем выше ее склонность к вырождению. Чем она сложнее, тем выше вероятность ее динамической стабильности, ее способности к самоподдерживанию и даже росту. Системы, способные эволюционировать в сторону усложнения, - это, в частности, *реакционные циклы*, в основе которых лежат химические реакции с участием катализатора. В простейшем варианте они представляют собой трехчленные реакционные циклы (субстрат-фермент-продукт), более сложный цикл такого рода – цикл Кребса, осуществляющий перенос кислорода (дыхание). Интермедианты следующего по сложности - *каталитического цикла* - сами представляют собой катализаторы для одной из последующих реакций цикла, так что в целом каталитический цикл становится автокаталитическим. Если такие циклы объединяются в систему так же, как реакционные циклы объединяются в каталитический, то есть посредством циклических взаимоотношений, то возникает каталитический *гиперцикл* Манфреда Эйгена (между прочим, Владимир Щербак одно время работал у Эйгена, который проявил живой интерес к его работе, но не взялся ее комментировать). При этом компоненты такого *гиперцикла* катализируют продукцию следующего интермедианта, а также собственное воспроизведение из богатого энергией субстрата. *Гиперцикл* является той сложной системой, о какой говорил фон Нейман. Он представляет собой результат интеграции самостоятельных и самовоспроизводящихся единиц, каждая из которых выигрывает от этого объединения, поскольку пользуется преимуществами других. В свою очередь, это приводит к выигрышу данного гиперцикла в конкуренции с любой такой же системой другого состава. При этом часть информации, содержащаяся в системе, модифицируется за счет флуктуаций, в результате чего она получает возможность эволюционировать в сторону дальнейшего усложнения, сохраняя при этом определенное количество информации, передающейся следующему поколению.

В далеких от равновесия открытых системах, основанных на непрерывно работающих гиперциклах, структурную стабильность обеспечивает движение компонентов, осуществляемое за счет внешних источников энергии. Живые системы полностью соответствуют такому описанию, поскольку являются открытыми, далекими от равновесия и динамически стабильными. Работа компонентов системы приводит к непрерывной потере (диссипации) энергии, восполняемой из упомянутых источников. Структуры, которые формируются и сохраняются подобным образом, Пригожин назвал *диссипативными*. Автор не видит необходимости углубляться здесь в термодинамику жизни: о пригожинских диссипативных структурах, свойства которых соотносятся со свойствами живых систем, написано очень много, и они не являются предметом наших рассуждений. Сложность таких систем, обеспеченная интеграцией их компонентов (или *агентов*, как называет их наука о сложных системах – нелинейная динамика), обеспечивает их высокую конкурентоспособность и дальнейшую эволюцию. Победа в конкуренции приводит к относительной стабилизации системы, но ее открытость и динамический характер ее равновесия с окружающим миром все равно заставляют ее эволюционировать в сторону усложнения. Дело в том, что основное свойство сложных систем это их нелинейность, то есть *принципиальная* несводимость к простой сумме своих частей. К нелинейной системе неприменим принцип суперпозиции: ее нельзя разложить на независимые составляющие, из описания которых легко собирается исходная система. Сложные системы состоят из множества *агентов*, которые действуют исходя из частичной информации о системе в целом и о ее окружении; более того, эти агенты в состоянии изменять правила своего поведения на основе такой частичной информации; сложные системы способны извлекать скрытые закономерности из *неполной* информации и изменять свое поведение на основе новой поступающей информации. Вот почему поведение сложной системы принципиально непредсказуемо. Движение ее агентов определяется выборочными

причинами, но не их исчерпывающим комплексом. Следствием такого поведения становится *эмерджентность* системы, то есть ее способность самостоятельно генерировать неожиданное поведение и свойства, которые невозможно предсказать на основе знания свойств их частей, рассматриваемых изолированно.

Все это приходит, в частности, в голову, когда думаешь о *Гея* Джеймса Лавлока, гипотезе, которая представляет нашу планету (Гею) в виде живого организма. Впрочем, “живым” он кажется (а с точки зрения Лавлока, является) потому, что живые организмы на его поверхности обустроивают “под себя” свою среду обитания. Эта работа выглядит – может, и вполне справедливо – как работа самой планеты. Разработанная Лавлоком математическая модель такой планеты названа им *Маргаритковый Мир*. Вот как описывается его модель простыми словами. *Возрастание светимости звезды (с ее “возрастом”) приводит к разогреву поверхности планеты, и наступает момент, когда на ней возникает жизнь – маргаритки с темными и светлыми цветами – в равной пропорции. Дальнейшее повышение температуры приводит к нарушению этого равновесия, поскольку грунт под темными цветами прогревается больше, и температура достигает оптимума роста маргариток быстрее, чем в других местах. Темные маргаритки получают селективное преимущество. Когда температура проходит этот оптимум, ее максимум, в котором маргаритки еще способны выживать, приводит к преобладанию светлых особей, грунт под которыми оказывается прохладнее; ситуация возвращается к оптимуму. Звезда продолжает расти, и, в конечном счете, температурный максимум на планете преодолевается. Жизнь цветов прекращается. Парадокс заключается в том, что – несмотря на линейное увеличение яркости звезды – температура поверхности планеты, пока она заселена маргаритками, остается близкой к оптимуму для их жизни. Маргаритки стабилизируют температуру, превращая поверхность планеты в гомеостат – одно из существенных свойств жизни.*

От реального биологического объекта эта планета отличается тем, что у нее нет конкурентов в ближайшем окружении (например, за источник энергии). В то же время она похожа на то, с чего началась жизнь: это – система, что-то вроде коацервата Опарина. Программой воспроизводства этой системы может в принципе стать развитая цивилизация *Ното*. Тогда система станет расти, осуществлять экспансию и дробиться на родственные колонии на соседних пригодных для жизни планетах – пока не встретит ближайшую такую же. Взаимодействие двух развитых цивилизаций – после длительного взаимопрощупывания – должно приводить не к звездным войнам (невыносимая безвкусица *общества потребления*), а к взаимной интеграции и дальнейшей эволюции в сторону усложнения, а также к дальнейшей экспансии. Такая экспансия – за пределами родной солнечной системы – не обязательно должна носить характер распространения популяции. Это не приснопамятная картина светлого коммунистического будущего (ефремовская *Эра Великого Кольца* из “Туманности Андромеды”), а непреложный формат программы, ее единственный способ существования. В свою очередь, такое развитие необходимо готовить, что означает не только коррекцию нравственности и задач цивилизации, но и поиск направлений экспансии – а также определения тех мест во Вселенной, откуда такую экспансию можно ожидать. Что уже близко к тому, о чем эта книга.

И *Гея* Лавлока, и *каталитический гиперцикл* (и, между прочим, *тексты ГенБанка*, *компьютерные и прочие вирусы*, всякие *роботы* и даже *паровозы*) обладают выраженными свойствами живого. И это означает – как считал Джон Бернал, – что жизнь как явление должна предшествовать появлению живых (в привычном смысле) существ. Если бы мы были разумными гиперциклами или разумными планетами, проблема происхождения жизни была бы уже недалеко от решения. Существует, однако, *нечто*, ограничивающее безудержный полет формально-логической фантазии. Это *нечто* – традиция, привычка или интуитивное ощущение близости (в англо-язычной культуре именуемое *химией*) к тем вариантам жизни, *химию* которых составляют нуклеиновые кислоты и белки. Те и другие



объединяет в систему практически только одно - общий для всего *живого* на Земле генетический код.

.....

Как и прежде, завершаем главу коротким рассуждением о ее номере. Как читатель уже догадался, **21** – это в четверичной системе счисления все те же **III**, которые – как мы договаривались - следует записывать так: **III<sub>4</sub>**. Формальной особенностью этого числа является, в частности, то, что оно делится на три. Четверка – наименьшее основание системы счисления, в которой число **III** обладает этим свойством. Частное от такого деления – 7, то есть **III<sub>2</sub>**. Десятичные числа (темные колонки) в четверичной системе записываются так (светлые колонки):

01	001	08	020	15	033
02	002	09	021	16	100
03	003	10	022	17	101
04	010	11	023	18	102
05	011	12	030	19	103
06	012	13	031	20	110
07	013	14	032	<b>21</b>	<b>III</b>

Если учесть, что десятичное 3 – это двоичные **II<sub>2</sub>**, то в двоичной системе номер этой главы можно записать пятью единицами: **(IIxIII)<sub>2</sub>**. О другой особенности числа **21**, точнее четверичной системы счисления, мы поговорим позже. После этого станет ясно, почему мы вообще заговорили о системах счисления.

# Глава 1.

## ТАК ГДЕ ЖЕ ОНИ (UNIVERSE)?(VII)

Итак, где во Вселенной имеет смысл искать внеземные цивилизации и внеземную жизнь вообще? Откуда ждать ИХ? И если вообразить себя на их месте (если это место источника направленной панспермии), то куда имеет смысл сеять “зерна жизни”? Где целесообразно провести эксперимент по ее созданию? На какие объекты направлять эту панспермию?

Поскольку условия, которые имелись на Земле 4.5 миллиарда лет назад, так или иначе определили появление и сохранение на ней жизни, то ответ на вопрос о том, где целесообразно искать - или создавать - жизнь определяется, в первую очередь, аналогичными условиями. Этот ответ имеет, так сказать, “качественный” характер, и лишь частично перекрывается решением уравнения Дрейка, имеющего “количественный”, статистический характер и ориентированного, во-первых, на “готовые” цивилизации за пределами нашей планеты, а во-вторых, на оценку вероятности существования определенного их числа  $N$ :

$$N = RPN_eLCT,$$

где

$R$  — число ежегодно образующихся звезд во Вселенной;

$P$  — вероятность наличия у звезды планетной системы;

$N_e$  — вероятность того, что среди планет имеется планета земного типа, на которой возможно зарождение жизни;

$L$  — вероятность реального зарождения жизни на планете;

$C$  — вероятность того, что разумная жизнь пошла по техногенному пути развития, разработала средства связи и желает вступить в контакт;

$T$  — усредненное время, на протяжении которого желающая вступить в контакт цивилизация посылает (радио-)сигналы в космос.

Нас интересует вероятность существования цивилизованных инопланетян постольку, поскольку она может ответить на вопрос об уникальности жизни и разума во Вселенной. В случае панспермии такая вероятность могла – как вариант - обеспечить и наше собственное существование. Формула Дрейка, составляющие которой имеют широчайший диапазон, основана все же на довольно строгой аксиоматике:

1. жизнь - это молекулярный (и надмолекулярный) продукт;
2. молекулы, лежащие в ее основе, - это, *par excellence*, нуклеиновые и белковые полимеры;
3. жизнь формируется на планетах, обращающихся вокруг звезд;
4. возникновение жизни не обязательно приводит к появлению разума (спорное утверждение);
5. цивилизация, если она возникает, начинает искать “братьев по разуму”.

Добавим к этому, что успех таких поисков зависит от технологического и нравственного уровня тех, кто – и тех, кого – ищут. Чрезмерная длительность поиска может привести к мысли об одиночестве во Вселенной. Не имеет значения, будет эта мысль удручающей или, напротив, питающей гордыню; имеет значение, что она, так или иначе, приведет к убеждению в необходимости экспансии. Такая экспансия – по крайней мере, на начальных этапах - может оказаться условием успеха Контакта, который, в свою очередь, будет ей способствовать, однако, ее собственная мотивация не зависит от того, найдем мы ИХ или нет.

Три первых аксиомы (до появления разума) – прямые производные *времени*, то есть этапа эволюции Вселенной, когда формируются “тяжелые” (то есть, тяжелее лития) атомы, взаимодействие которых позднее приводит к образованию молекул, сначала простых,

позднее – сложных; условия образования последних событий складываются тогда, когда эта эволюция приводит к появлению твердых планет. Очевидно, что вероятность  $L$  зарождения жизни на планете связана с некими условиями (назовем их *привилегиями*), которые определяются *пространственной* позицией планеты. Поскольку уровень наших знаний не позволяет уверенно судить о таких условиях, мы – в данном случае - просто копируем то, что можем описать как *пространственное* положение нашей собственной планеты.

Здесь я вынужден спохватиться и принести Читателю свои извинения за то, что - не будучи специалистом в космологии и в астрофизике – берусь, тем не менее, рассуждать о таких материях. Я уже согрешил (за что также – пусть и с запозданием – прошу у Читателя прощения), попытавшись в меру своего обывательского понимания коснуться идей Мультиверса, нелинейности, диссипативных структур и даже теоремы Геделя. Очень вероятно, что рассказ этот оказался не совсем корректным, и профессионалы отнесутся к нему с определенной иронией. Но общее понятие обо всем этом представляется мне необходимым для сути дела, и я продолжу в той же, доступной мне, манере, ожидая, что снисхождение, проявленное профессионалами, будет не столько надменным, сколько извиняющим.

Что до не-профессионалов, то те из них, которые не верят в “эти кислотные последовательности”, давно уже бросили чтение, а для того, чтобы оставшиеся *всплыли из глубин* бездонного океана непривычной информации и немного отдышались на его поверхности, Автор помещает здесь фотографию памятного знака в Обнинске. То ли у Автора вновь кольнуло, и он подумал про славный город, где этот знак установили не очень давно, то ли он припомнил, что в предыдущей главе рассказывал про вирусный белок K-14, похожий на человеческий CD200, и пощадив Читателя, не стал демонстрировать ему первичную структуру обоих аналогов.



Может быть также, что Автор мысленно перенесся в 1964-й, когда его среди других пятикурсников Хабаровского мединститута отправили на сборы – на Тихоокеанский флот, во Владивосток. Автор попал на дизельную подводную лодку класса Щ, бортовой номер

050, базирование - бухта Малый Улисс. Были и учебный поход к берегам Северной Кореи, и парад на рейде Владивостока в честь Дня ВМФ СССР, и обмундирование второй категории для *клизтирных трубок* вроде нас - мятая *беска* (то есть, бескозырка - *полная параша*, как выразился сослуживец), рыжий ремень, зеленая бляха, чудовищные клѣши и синие *караси* (носки), которые вечно валились вниз на грязно-коричневые *гады* (ботинки) - *гэ-дэ*, кто понимает (а кто – по убогости - думает, что г.д. означает только государственную думу, пусть и дальше так думает – не так уж он и неправ). Но был и выход на палубу полувсплывшей ненадолго во время учебного похода лодки, когда тебе 22, и ты - совершенно один! - стоишь на заливаемом водой кусочке металла посередине Мирового Океана, и ослепительное солнце над головой подчеркивает волшебство и восторг мгновения.

А может быть, Автор почувствовал, что показать атомную субмарину класса “November” – не самый плохой способ подготовить Читателя к той части рассказа, которая повествует о субатомных пролегоменах возникновения жизни? Поди, разбери этого Автора! Так или иначе, он надеется, что глаз Читателя *размылился*, и Читатель уже понимает, что логика, с которой мы пытаемся идентифицировать *привилегии* времени и места возникновения жизни, безусловно приведет к большому изумлению, если – обнаружив эти *привилегии* у вновь открытой экзопланеты земного типа – мы не обнаружим на ней следов жизни. Между тем астрономы зарегистрировали уже не один десяток так называемых экзопланетных систем, на которых в принципе могли создаваться условия для возникновения жизни.

Итак, поговорим сначала о *времени*, оптимальном для возникновения известного нам варианта жизни. Для установления такого этапа в масштабе существования нашей Вселенной полезно коротко проследить события этого существования, её непрерывной эволюции.

Одна из основных точек зрения на происхождение нашей Вселенной заключается в том, что она возникла в результате Большого Взрыва примерно 13.7 миллиарда лет назад. То, что произошло после Взрыва, соответствует гипотезе так называемой “Горячей Вселенной”, детали которой нас здесь не занимают. События последующих трехсот тысяч лет разделяются на несколько этапов (эр), названия которых определяются возникновением, взаимодействием и, наконец, преобладанием тех или иных элементарных частиц. Относительно промежутка  $0-10^{-44}$ сек (первый квант времени) неизвестно совершенно ничего, нет даже гипотез. Затем, в течение  $5 \times 10^{-44}-10^{-36}$ сек началось стремительное *раздувание* (инфляция) Вселенной, и заработали физические законы. Расширение Вселенной – с новым ускорением, обозначившимся около 5 млрд лет назад, - имеет место и сейчас. *Адронная эра* продолжалась одну десятитысячную долю секунды и характеризовалась высокой температурой и плотностью вещества, состоящего из элементарных частиц – *адронов*. Казалось бы, нас не слишком должны интересовать этапы ранней эволюции Вселенной, поскольку известная нам жизнь основана на молекулярных событиях, несовместимых с миром чрезвычайной плотности, в котором нет ничего, кроме элементарных частиц и температура которого составляет  $10^{28}$ К, хотя и постепенно снижается (до  $10^{12}$ К к следующей эре). И все же именно возникшие тогда адроны, вернее, их часть – барионы, еще вернее, часть барионов – нуклоны, то есть протоны и нейтроны (составная часть атомов), образовавшиеся именно в адронную эру, будут предметом нашего внимания в дальнейших главах – правда, с довольно неожиданной стороны. Следующая за адронной *лептонная эра* продолжалась несколько секунд и была отмечена дальнейшим снижением температуры вещества, состоящего, по преимуществу, из элементарных частиц – *лептонов*. Завершила первичную эволюцию элементарных частиц *фотонная эра*, которая длилась примерно триста тысяч лет и характеризовалась дальнейшим снижением температуры, аннигиляцией электронов и позитронов, разделением частиц и античастиц и преобладанием *фотонной* составляющей. Вселенная стала прозрачной для нейтрино,

начались ядерные реакции синтеза гелия и других легких химических элементов, установилось их первичное соотношение.

Наконец, спустя 300.000 лет началась (и продолжается поныне) *звездная эра*. С ее началом - к первому миллиону лет после Взрыва - завершилась эпоха рекомбинации образовались атомы гелия и водорода), частицы стали преобладать над античастицами, и возник нейтринный газ, а также излучение, которое сейчас носит характер реликтового (и подтверждает гипотезу “горячей” Вселенной). Температура вещества опустилась до 3.000-4.500К, в нем стали проявляться гравитационные неоднородности. В течение первого миллиарда лет существования Вселенной ее температура снизилась от 3.000-45.000К до 300К. Поскольку в этот период еще не было ни звезд, ни квазаров, ни прочих источников электромагнитного излучения, а реликтовое уже “остыло”, его (этот период) называют “Темным возрастом” Вселенной. Дальнейшая конденсация вещества под действием гравитационных сил привела к началу формирования звезд и галактик (или галактик и звезд – последовательность определяют две альтернативные гипотезы). Моделирование этих процессов показывает, что звезды *первого поколения* могли иметь массы в миллионы солнечных. Они быстро разогревались до очень высоких температур и эволюционировали в течение нескольких десятков миллионов лет, а затем взрывались как сверхновые, послужив первыми источниками “тяжелых” (тяжелее лития) химических элементов. Звезды *второго поколения*, содержащие ядра этих атомов, а также атомов водорода и гелия, уже не были столь массивными и горячими, как их предшественницы, и потоки ультрафиолетового ионизирующего излучения от них были значительно меньше. Повторная рекомбинация большинства атомов межзвездного и межгалактического газов привела к прозрачности пространства для электромагнитного излучения всех спектральных диапазонов. Вселенная приобрела практически такой вид, какой характеризует ее и сегодня.

Описанная картина ранней эволюции Вселенной имеет характер предположения, более или менее теоретически аргументированного. Оно, тем не менее, является в настоящее время господствующим. Звезды, собранные в галактики, формируют категории, называемые в астрономии “звёздные населения”. Это типы звезд, которые различаются по химическому составу, по пространственному распределению, по положению на диаграмме Герцшпрунга-Рассела (известной Читателю по школьной астрономии; если нет – информацию легко найти в Сети), по собственным скоростям и другим критериям. Галактики состоят из звезд, по преимуществу, одного и того же типа населения. Население I характеризуется заметным содержанием в спектре элементов тяжелее гелия (астрономы называют их «металлами»). Тяжёлые элементы образовались в более ранних звёздах и распространились при взрывах *сверхновых*. Наше Солнце, как и большинство звёзд галактического диска, является типичным представителем Населения I. В звёздах населения II содержание тяжёлых элементов на несколько порядков ниже. Это старые звёзды, сформировавшиеся вскоре после Большого Взрыва, старше 10 млрд лет. В спиральных галактиках население II составляют шаровые скопления в галактическом гало. Наконец, гипотетическое население III составляют звезды первого поколения после Большого Взрыва. Предполагается, что это очень тяжёлые звёзды с малым временем жизни, не дожившие до наших дней. Большая масса объясняется отсутствием углерода, необходимого для упомянутого выше CNO-цикла горения водорода - в таких звёздах мог происходить только протон-протонный термоядерный цикл, требующий сверхвысоких температур.

Если вокруг звезд первого поколения и могли образоваться планеты, их существование было слишком недолгим для возникновения жизни, какую мы знаем. Планеты звезд второго поколения такие шансы уже имели. Солнце, пяти миллиардов лет от роду, - молодая звезда этого поколения. Оно и его планеты, а миллиард лет спустя (совсем немного, если учесть, что и планеты тогда еще не имели современного облика) и жизнь на одной из них - сформировались практически одновременно.

Мы, таким образом, увидели “левый предел” для возможности возникновения жизни в нашей Вселенной (если временную координату сориентировать так, как это сделал Курт Воннегут, поставив букву **B** у ее начала *слева*). Относительно того, может ли жизнь возникнуть на планете, которая – сохраняя для этого все (как нам кажется) условия – оставалась безжизненной много миллиардов лет, мы не имеем никакого представления вообще: “правый предел” нам неизвестен. Не факт, однако, что его нет. Интуиция, тем не менее, подсказывает, что как только на планете появляются условия для возникновения жизни, оно (возникновение) не задерживается.

**Пространство** современной Вселенной также выделяет участки, в которых возникновение и сохранение жизни оказывается более вероятным, чем в других. Поскольку 100%-ая вероятность этих событий имеет, по определению, место на Земле, поиски таких “привилегированных” участков – это перечень параметров, которые выделяют нашу планету среди прочих. Последнее утверждение – в соответствии с упомянутой выше аксиомой 3 – означает, что жизнь может возникнуть на “твердых” (скалистых) планетах, то есть там, где разнообразие материала в основных фазах (газообразной, жидкой и твердой) и его концентрация достаточны для длительной предбиологической, химической эволюции в направлении усложнения молекул и формирования каталитических циклов и гиперциклов, способных к эффективной конкуренции за субстрат и источники энергии. Согласно гипотезе, к которой склоняется большинство астрофизиков, образование планет проходило как процесс конденсации газо-пылевого облака - практически одновременно с образованием центрального светила. Хронология образования планетных систем выглядит примерно так:

- 0 - 100 тысяч лет - вращающееся облако растягивается в диск, в центре которого формируется звезда;
- 100 тысяч - 2 млн лет - частицы пылевого облака слипаются в планетные зародыши с массами от лунной до земной;
- 2 млн лет - формируется первый газовый гигант и выметает астероиды первого поколения;
- 10 млн лет - газовый гигант стимулирует формирование других гигантов и планет земного типа; к этому времени газа почти не осталось;
- 800 млн лет - перегруппировка планет продолжается около миллиарда лет после начала их формирования.

Мы только-только начинаем обнаруживать небольшие скалистые экзопланеты земного типа у других звезд в окрестностях Солнечной системы, поэтому трудно сказать, что бы то ни было об условиях их существования. Отметим лишь, что такой поиск очень труден, и экзопланеты обнаруживаются, по крайней мере, в настоящее время, в частности, только в силу существенного эксцентриситета их орбит. Естественно, появились гипотезы об уникальности Солнечной системы, в которой планеты имеют практически круговые орбиты. Между прочим, именно такие орбиты являются одной из тех “привилегий”, благодаря которым возникла жизнь на Земле, поскольку даже небольшое смещение орбиты за пределы “пояса жизни” (в Солнечной системе) – в частности, в силу существенного эксцентриситета орбиты - может уготовить ей судьбу безжизненных Венеры или Марса. Да и сама по себе круговая орбита - мощный устойчивый гравитационный “ритмоводитель”, обеспечивающий – в комбинации с необходимым (лучше всего - земным!) наклоном оси планеты регулярную смену сезонов, а такая регулярность также является, по-видимому, одним из факторов происхождения, закрепления и дальнейшего развития жизни. При определенных – однако, достаточно строгих - условиях необходимый ритм могла бы обеспечить и двойная звезда. Регулярные ритмы буквально пронизывают жизнь на всех ее уровнях, и это просто не может быть случайностью. Весьма вероятно, что происхождение земной жизни связано с дополнительным “гравитационным ритмоводителем”, – непропорционально (в сравнении с другими планетами Солнечной системы) большим спутником нашей планеты – Луной. Многочисленные циркадные (суточные) ритмы, ритмы,

связанные со сменой сезонов, годовые ритмы, 11-летние циклы солнечной активности, лунные биоциклы, имеющие известное отношение не только к физиологии, но даже – по предположению д-ра Алексея Оловникова – и к более общим явлениям, вроде длительности жизни отдельной особи – очень возможно, что все эти явления стали необходимым условием формирования жизни на Земле.

Вот почему трудно себе представить, что жизнь могла возникнуть где-нибудь в глубинах Космоса, вдали от звездных систем, где даже возникновение самих планет – вещь совершенно невероятная: из чего? Вопрос, сохранится ли жизнь спустя миллиарды лет разбегания галактик, когда окружающее пространство окажется значительно более “разреженным”, нежели сейчас, не имеет отношения к выбору *привилегированных* областей ее возникновения. В случае, если цивилизации могут достигать столь уважаемого возраста, такой вопрос будет относиться лишь к “поздним” *источникам* направленной панспермии. Мы не станем его обсуждать, поскольку поиск *таких* цивилизаций нам пока не под силу даже в воображении. Будут ли они уходить от родного, но угасающего или раздувающегося светила на своей планете – или использовать другие средства – кто скажет? Можно себе представить такой уход и как экспансию – до того, как произойдет Катастрофа. Нас интересует, однако, совершенно другой вопрос; мы обсудим его немного позже, а в этой главе мы говорим лишь о возможной колыбели жизни и касаемся лишь тех цивилизаций, которые – подобно нам – пока сохраняют “верность” своей колыбели. Мы не обсуждаем здесь также гипотезу, которая – по крайней мере, на первый взгляд – и для непосвященных – выглядит плодом совершенно безудержной фантазии и парадоксальным образом вводит Вселенные *Мультиверса* в наш собственный *Юниверс*. Это гипотеза, допускающая существование принципиально иных миров в рамках нашей Вселенной – в виде так называемых *фридмонов*, частицах, которые нами рассматриваются как элементарные и которые могут быть теми же электронами, но каждая из которых в то же время может быть отдельной – в том числе и населенной – Вселенной. Эта гипотеза – несмотря на всю ее фантастичность – математически аргументирована не слабее, нежели описанные выше идеи Эверетта. Примем, однако, что законы физики нашей Вселенной предписывают элементарным частицам свойства, по которым они не отличаются друг от друга (с нашей сегодняшней точки зрения), а это означает общую судьбу, то есть, независимость от вероятно населяющих их “цивилизаций”. Однообразие (хотя все-таки статистическое) такой судьбы удручает, и мы оставим *фридмоны* в покое.

Между прочим, мысль, сформулированная в начале предыдущего абзаца – “*трудно представить, что жизнь могла возникнуть вдали от звездных систем*” – не так беспорна. Дело в том, что звездные системы сформированы из так называемой *барионной материи*, которая составляет не более 4-5% общей материи нашей Вселенной. Всего же вещества во Вселенной, согласно сегодняшним представлениям, должно быть раз в 5 больше. Другими словами, во Вселенной существует огромное количество *темной небарионной материи*, которая не излучает и поэтому не доступна обычным наблюдениям. Эта материя играла особенно важную роль в формировании структур различного масштаба во Вселенной; без нее наблюдаемые структуры в расширяющейся Вселенной просто не успели бы возникнуть. Различают также *темную барионную материю*. К ней относят астрономические объекты, состоящие из обычных протонов и нейтронов, которые – по тем или иным причинам – значительно слабее обычных испускают и отражают электромагнитное излучение (*темная небарионная материя* его вовсе не испускает и не отражает), поэтому *темная барионная материя*, не является, строго говоря, темной. Сложные органические молекулы, содержащие углерод (*толины*), составляют одну из компонент темной барионной материи. Они есть в диффузных темных облаках, в поверхностных слоях некоторых звезд, в плотных звездообразующих областях, в протопланетных дисках, в кометах, небольших планетах, метеоритах и частицах межзвездной пыли. *Толины* являются химическими предшественниками жизни. Появление углерода и азота небιологического происхождения на Земле можно объяснить лишь космическими причинами. И сама жизнь могла быть

доставлена на Землю из космоса, например, с кометами, и даже в капсулах-фуллеренах. Могла ли жизнь возникнуть в областях *темной материи* (барионной или нет) и снабжаться *темной энергией* (еще одна загадочная космическая сущность, обеспечивающая, между прочим, новый инфляционный этап развития Вселенной, начавшийся около 5 миллиардов лет назад – тогда же, когда начала формироваться Солнечная система) – такой вопрос сегодня даже не рассматривается.

Итак, привилегированными областями, с точки зрения возникновения и сохранения жизни, являются, скорее всего, звездные системы (галактики), а из них – более структурированные, спиральные (существуют также эллиптические галактики и ”неправильные”, структура которых вероятно нарушена гравитационными катастрофами – например, столкновениями звездных систем). У спиральных галактик, как правило, имеются две ветви (два рукава), берущие начало в противоположных точках галактического ядра. Известны примеры и большего числа рукавов. В нашей галактике (Млечном Пути) различают, как минимум, пять спиральных рукавов различного размера: рукав Лебеда, рукав Ориона, рукав Персея, рукав Стрельца и рукав Центавра. Их названия соответствуют локализации основной массы рукавов. Солнечная система находится в очень небольшом местном рукаве Ориона, который соединён с двумя более крупными - внутренним рукавом Стрельца и внешним Рукавом Персея. Фактически мы живем в пространстве между двумя спиральными ветвями, бедном звездами.

И здесь, в звездной системе, как и в планетарной, для возникновения и сохранения жизни существует “привилегированная зона”, расположенная на определенном расстоянии от центра системы. Эта зона называется *коротационным кругом* (или поясом). Спиральная галактика вращается так, что ее вращение происходит с непостоянной угловой скоростью: близкие к центру части галактики, содержащие звезды, вращаются быстрее, более далекие – медленнее. В результате угловая скорость вращения звездной системы уменьшается по мере увеличения расстояния до ее центра. В то же время газо-пылевая составляющая всей массы галактики вращается синхронно с ее ядром, оказывая давление на рукава – тем более сильное, чем ближе они к галактическому ядру – в соответствии с уменьшением ее плотности к периферии. Возникает галактическая ударная волна, и на внутренней кромке рукавов образуется спиралевидная полоса сжатого межзвездного газа, в которой и рождаются звезды. Чем больше относительная скорость межзвездного газа и спиральных рукавов, тем мощнее галактическая ударная волна и тем сильнее сжат в ней газ. Соответственно чем сильнее сжат газ, тем интенсивнее идет в нем процесс образования звезд. В зоне коротации рукава вращаются почти синхронно с межзвездным газом, относительного движения почти нет, и ударной волны не образуется. Именно поэтому образование звезд в зоне коротации и вне ее происходит в разных условиях. Таким образом, коротационная зона оказывается выделенным узким кольцом - тором с радиусом 250 парсек - в «теле» (нашей) Галактики. Имеются основания считать, что Солнечная система находится как раз в зоне коротации, относительно спокойной – если иметь в виду насыщенность бомбардирующим материалом и лучевой нагрузкой. Зоне коротации приписывают привилегию особого места в Галактике, где может возникнуть и сохраниться известная нам – нуклеиново-белковая - форма жизни.

И все же “умеренная” метеоритная бомбардировка сыграла, возможно, ключевую роль в возникновении жизни на нашей планете, то есть, была даже необходимой. Два американских исследователя, Дэвид Кринг и Барбара Коэн, предположили, что внутренние планеты Солнечной системы - Марс, Венера, Земля и Меркурий - около 3,9 миллиардов лет назад подверглись бомбардировке огромными осколками планетного вещества - астероидами и метеоритами. По оценкам этих авторов, только на Земле должно было образоваться до 22 тысяч кратеров диаметром более 20 километров. По меньшей мере 40 из них должны были иметь диаметр около 1.000 километров, а несколько - свыше 5.000 километров. На Земле эти кратеры давно исчезли в результате геологических процессов. Большинство кратеров, обнаруженных в южном полушарии Марса, тоже образовалось



в ту эпоху. Вся эта бомбардировка продолжалась недолго, около 200 тысяч лет. В среднем столкновения Земли с астероидами таких размеров, как тот, что позднее уничтожил динозавров, происходили тогда каждые 100 лет.

Никто прежде не предполагал, что описываемая катастрофа затронула всю внутреннюю часть Солнечной системы и была столь мощной: специалисты считали, что Земля и Луна претерпевали тогда соударения с облаком комет, а поскольку размеры комет (и, соответственно, кинетическая энергия их удара) много меньше, чем у астероидов, то и масштабы бомбардировки казались менее значительными. Кринг и Коэн, изучив образцы пород из лунных кратеров, нашли, что их химический состав соответствует содержанию изотопов не в кометах, а именно в астероидах, а также в метеоритах, которые обнаруживали на Земле.

При метеоритных ударах таких масштабов возникали трещины, из которых выделялась горячая вода, насыщенная органическими молекулами, и такие трещины могли стать очагами предбиологических процессов, которые привели к быстрому появлению жизни по окончании бомбардировки.

Жизнь могла возникнуть именно в горячей воде таких гидротермальных очагов. По мнению Кринга и Коэна, условия в трещинах метеоритов были настолько благоприятными для этого, что первые живые клетки могли появиться там уже через несколько сот тысяч лет после конца бомбардировки, то есть примерно 3,85 миллиардов лет тому назад. Эта дата, действительно, близка к возрасту обнаруженных в последние годы первых признаков жизни на Земле.

.....

Немного о номере этой главы. Читатель, который уже ожидал, что им станет число **31**, поскольку очевидная привязанность Автора к триплету **III**, как будто, требует перехода от представления этого *гомотриплета* в четверичной системе (**21**) к представлению его в пятеричной, будет приятно разочарован доверием автора к своей сообразительности. Автор принимает, что Читатель давно усвоил и само понятие о системах счисления, и “равноправие” таких систем с различными основаниями. Другое дело - человеческая культура, где некоторые из этих систем исторически акцентированы (например, десятичная, как удобная для счета пальцами обеих рук, или пятеричная, которую – из тех же соображений - еще в XIX веке использовали китайцы, освободив другую руку для других дел). *Гомотриплет* (информационная сигнатура с тремя одинаковыми знаками) **III** выделен в таблице ниже, в которой – как и в предыдущем случае (*Глава 21*), но уже для пятеричной системы – он соответствует десятичному числу **31**. Первые тридцать пять десятичных чисел (темные колонки) в пятеричной системе счисления записываются так (светлые колонки):

01	001	08	013	15	030	22	042	29	104
02	002	09	014	16	031	23	043	30	110
03	003	10	020	17	032	24	044	<b>31</b>	<b>III</b>
04	004	11	021	18	033	25	100	32	112
05	010	12	022	19	034	26	101	33	113
06	011	13	023	20	040	27	102	34	114
07	012	14	024	21	041	28	103	35	120

В соответствии с определением, пятеричная система счисления использует пять символов-цифр: 1, 2, 3, 4 и 0.

Вместо того, чтобы утомлять читателя однотипным комментарием, посвящая его номеру очередной главы, который соответствует одному и тому же числу в очередной системе счисления, Автору кажется гораздо выигрышней сразу представить это число общей таблицей в серии систем с основаниями от 1 до 20 (крупный шрифт - десятичные



## Глава 211.

### АБИОГЕННАЯ (ХИМИЧЕСКАЯ) ЭВОЛЮЦИЯ (VIII)

Гипотезы о происхождении жизни на Земле исходят в основном из двух предположений. Это либо гипотеза панспермии (что многих не устраивает, поскольку, как они полагают, лишь отодвигает событие в прошлое и не решает задачу), либо кажущееся гораздо более *вероятным* предположение о том, что на Земле земная жизнь и возникла. Варианта первой гипотезы мы коснемся позже (ему эта книга и посвящена), что до *вероятного предположения*, то его сторонники справедливо полагают, что его подтверждением может быть только эксперимент. Именно так считал и Виталий Гинзбург. “В настоящее время мы полагаем, - говорил он, - что знаем, из чего устроено все живое — из электронов, атомов и молекул<sup>45</sup>. Знаем строение атомов и молекул, а также управляющие ими и излучением законы. Поэтому естественна гипотеза о редукации — возможности все живое объяснить на основе физики, уже известной физики. *Образование в условиях, царивших на Земле несколько миллиардов лет назад, сложных органических молекул уже прослежено, понято и смоделировано.* Казалось бы, переход от таких молекул и их комплексов к простейшим организмам, к их воспроизводству можно себе представить. Но здесь имеется какой-то скачок, фазовый переход. Проблема не решена, и я *склонен думать, будет безоговорочно решена только после создания «жизни в пробирке».* Две выделенные здесь фразы требуют комментария. *Сложные органические молекулы*, о которых говорится в первой из них, свидетельствуют, конечно, о прогрессе в обсуждаемой области, однако, это еще слишком *простая сложность* (прошу прощения за невольный каламбур), и ее для обозначенных целей совершенно недостаточно. Уровень *сложности*, необходимый для моделирования возникновения жизни, определяется не только сложностью самих молекул (то есть числом и разнообразием атомов, их составляющих). Эти молекулы должны объединяться в реакционные циклы и гиперциклы и катализировать их звенья. При этом они должны быть способны формировать цепочки (линейные полимеры), которые – в свою очередь – должны быть способны сохранять информацию и дублировать ее - с ошибками, частота которых не должна превышать значения, позволяющего лишь немного модифицировать исходный контент для отбора оптимального варианта. Ничего похожего *в пробирке* пока не создано. Совсем недавно удалось химическим путем “собрать” рибонуклеотид, один из четырех основных “кирпичиков”, из которых “сделана” РНК. Очень долгое время и эту задачу решить не удавалось. Гинзбург определенно оценивал ситуацию более оптимистично, чем она есть. Второй комментарий касается *создания «жизни в пробирке».* Мы уже говорили, что в привычном смысле эксперимент по созданию жизни *в пробирке*, скорее всего, бесперспективен. Для этого требуются другие пространственные масштабы – как минимум, масштаб планеты или, скорее, планетной системы. *Временные* масштабы также придется увеличить: очень возможно, что для такого эксперимента потребуются те же 3-4 миллиарда лет. О том, что надо будет сделать экспериментатору, чтобы оценить результат своей работы, мы вспомним позже, а пока отметим, что чудовищные расстояния, отделяющие нас от планетных систем, где возможна иная жизнь, вполне могут служить эквивалентом стеклянной стенки *пробирки*, отделяющей мир экспериментатора от нашего собственного и надежно предупреждающей возможную взаимную контаминацию живым материалом.

Исследователи по-прежнему пытаются проследить, могли ли в первичной атмосфере молодой Земли возникнуть молекулярные компоненты жизни, повторяя классический эксперимент Гарольда Юри и Стэнли Миллера по поискам “*сложных органических молекул*” в сосуде, где воспроизводится эта атмосфера и внешние воздействия на нее,

---

<sup>45</sup> В. Л. Гинзбург «О науке, о себе и о других». М., Изд-во «Физматлитература», 2003 г.

включая электрические разряды. И ее газовый состав, и другие компоненты среды постоянно модифицируют - в зависимости от последних о них представлений, а для поисков “*сложных органических молекул*” используют все более изощренные методы и приборы, с помощью которых в продуктах даже исходного эксперимента удается обнаружить такие продукты (аминокислоты), которых не могли найти его авторы.

Конечно, такой подход не может иметь целью *создание «жизни в пробирке»*. До того, как в таком сосуде могут возникнуть хиральная чистота биомолекул, генетический код и первые клетки, пройдет не меньше времени, нежели требуется для случайного воспроизведения одной страницы *Войны и мира* из рассыпанного набора.

Виталий Гинзбург прав, как нам кажется, совершенно в другом. Его слова фактически означают, что как только возникнет возможность “полевой” проверки результатов “стендовых” экспериментов по воспроизведению отдельных этапов абиогенной молекулярной эволюции, которая в принципе могла привести к возникновению жизни, такая проверка будет осуществлена неизбежно. Так устроен разум. А пока – несмотря на “привилегированное положение” нашей планеты в пространстве и во времени, описанное в предыдущей главе, мы совершенно не представляем себе, как это - или какие еще условия – определили, скажем, хиральную чистоту биологических молекул и почему выбор пал на левовращающие аминокислоты и правовращающие сахара. Что такое хиральность, можно прочесть повсюду. Суть ее выражает зеркальная симметрия рук человека. Обе руки повторяют друг друга в деталях, но на правую руку не наденешь левую перчатку – и наоборот. Так же устроены и некоторые молекулы – например, молекулы тех же аминокислот и сахаров.

Продукты чисто химического синтеза тех и других всегда представляют собой рацематы, то есть смеси равных количеств лево- и правовращающих молекул, энантиомеров (оптически активных изомеров, вращающих плоскость поляризации влево или вправо). Продукты же их биологического синтеза гомохиральны – иначе структуры их полимеров будут произвольно нарушены, что приведет к безусловной утрате необходимых функций. Больше того, поскольку продукты реакции право- и левовращающих энантиомеров исключительно с правовращающим веществом не являются зеркальным отражением друг друга, они имеют разные физические свойства, например, растворимость в воде, и значит, они могут быть отделены друг от друга. Другими словами, оптически неактивные реактивы производят оптически неактивные продукты - вследствие работы законов термодинамики. Для разрешения рацемата (то есть для разделения энантиомеров) в реакцию должно быть введено другое гомохиральное вещество.

Происхождение гомохиральности неясно. Вероятность самостоятельного образования одного гомохирального полимера ничтожна; еще – и гораздо - ниже вероятность образования гомохирального полимера с определенной функциональной активностью. В принципе это означает, что процессы полимеризации, матричного копирования полимеров и формирования гомохиральности происходили одновременно и взаимосвязано, для чего потребовались весьма специфические – и в полном объеме пока неизвестные - условия, часть которых (в терминах мегамасштабных “естественных привилегий”) описана выше. Таким образом, первые две из трех *Великих Молекулярных Революций*, приведших к возникновению жизни (1. Хиральность – 2. Генетический Код – 3. Клетка), совпадала по времени с двумя *Большими Скачками, Major Transitions*, как их назвали Мэньярд Смит и Эорс Шатмари<sup>46</sup>:

- I. возникновение генов (в рамках чего формировались машины полимеризации нуклеиновых кислот и машины копирования матриц) и
- II. возникновение белков (в рамках чего формировались машины полимеризации белков и самое нуклеино-белковое кодирование).

---

<sup>46</sup> M.Smith, Eörs Szathmáry, 1995, *The Major Transitions in Evolution*. Oxford, England: Oxford University Press. ISBN 019850294X.

Эти процессы должны были иметь планетарный масштаб: жизнь вряд ли возникла в одной лужице (или у единственного глубоководного термального источника), распространяясь затем по всей Земле и преодолевая “враждебное окружение”. Скорее всего, сходные события имели место во многих местах, после чего – при соприкосновении друг с другом – они в некоторых случаях конкурировали, в других кооперировались в общую систему. Более того, эти процессы можно уже связывать с жизнью, поскольку гомохиральные не-биологические вещества рацемизируются со временем. “Неживая” химия обсуждаемых процессов имеет тенденцию к равновесию (то есть к смерти, а не к жизни).

Предложены самые различные гипотезы естественного возникновения гомохиральности биологических макромолекул, основанные на некотором нарушении равновесия энантиомеров в рацемате, обусловленном, например, их круговым дихроизмом, то есть неравным поглощением фотонов света правыми и левыми энантиомерами с последующим отбором, - или бета-распадом, который управляется слабым ядерным взаимодействием, обладающим небольшой хиральностью, называемой несохранением четности, - или самоотбором, который наблюдал еще Пастер, - или сильным магнитным полем и т.п. Ни одна из них не убеждает оппонентов, ни одна из них не является вполне удовлетворительной для объяснения обсуждаемого феномена, который продолжает выглядеть счастливой случайностью. Невольно отмечаешь, что возникновение “молекул жизни” (гомохиральных, разумеется) привязано в этих гипотезах к поверхности планеты (гипотеза Опарина) или к ее атмосфере (гипотеза, проверке которой был посвящен эксперимент Миллера-Юри). Между тем, быстрота, с какой на Земле возникла жизнь (практически сразу после образования планеты), наводит и на другие предположения.

Так называемые “плотные молекулярные облака” в космосе – это, по земным меркам, сверхглубокий вакуум. Тем не менее, в таких облаках есть и молекулы, и органические вещества, и возможность химических реакций. Виталий Гольданский предположил, что первичный органический синтез происходил именно в молекулярных облаках. По гипотезе Сванте Аррениуса, органическое вещество выпало на Земле в готовом виде. Объединенная гипотеза Аррениуса-Гольданского, тем не менее, также не выглядит удовлетворительной: химический синтез в молекулярных облаках, скорость которого чрезвычайно низка, не компенсирует разрушения продукта в условиях космоса. В то же время частички таких облаков чрезвычайно малы, и это открывает возможность для молекулярных флуктуаций.

Весьма любопытную гипотезу выдвинули Валерий Снытников и Валентин Пармон (<http://evolution.powernet.ru/library/lifecreate.htm>). Они предположили, что самоорганизация является таким механизмом воздействия протозвезды на свое окружение, который приводит к формированию одновременно и планет, и универсального природного каталитического реактора, в котором синтезируется органическое вещество. Это предположение авторы отслеживали в разработанных ими математических моделях. В основе самоорганизации лежит развитие коллективной неустойчивости, взаимодействие множества малых тел самого различного масштаба – от молекул до астероидов. Когда совокупная масса твердых тел в газе (т.е. в молекулярном облаке) начинает превышать определенную величину, коллективная неустойчивость движения этих тел и газа приводит к образованию разнообразных динамических структур (колец, спиралей, дисков, шаров и т.п.). Общая масса эта, концентрирующаяся вокруг протозвезды, увеличивается благодаря вращению всей системы, а локальное увеличение масс твердых тел происходит за счет слипания в газе вязких и рыхлых тел. Так происходит образование твердых катализаторов, содержащих в необходимой комбинации железо, кремний, никель в их природной распространенности. Поскольку в околозвездном облаке нет недостатка в субстратах катализа (окись углерода, водород и др.), начинают образовываться все более *сложные органические молекулы*. Все эти процессы радикально меняют характер неустойчивости. На фоне общей плотности появляются относительно стабильные сгустки вещества. Эти сгустки могут двигаться в самом произвольном направлении – подобно солитонам,

одиноким волнам плотности. Оказалось, что давление газа в такой волне приближается к атмосферному земному, на два - и более – порядка превышая окружающее. Эта волна действует как саморегенерируемый (за счет протозвезды) каталитический реактор, температура которого остается более или менее постоянной – в силу охлаждения гелием, также сконцентрированным в этом сгустке (именно в таких условиях, считают авторы, и следует изучать синтез первичного органического вещества; они очень отличаются от условий обычных “земных” реакций типа эксперимента Юри-Миллера). Потенциально – как показывает моделирование - “космические солитоны” могут и разрушиться, но иногда они становятся “центрами кристаллизации” планет. При этом, двигаясь вокруг звезды, космический “солитон” теряет легкие составляющие - под действием солнечного ветра и деструктивного излучения. Далекие внешние планеты сохраняют первичные газы (и должны сохранять также первичную простую органику?). Более близкие к формирующемуся Солнцу “сгустки” собираются в планету, обогащенную тяжелыми и сложными органическими соединениями, которые могут служить субстратом для возникновения жизни (если она *уже* не зародилась – вместе с формированием хиральной чистоты молекул - до того, как *сгусток* приобрел вид первичной планеты). Образование планет из околозвездного облака в гравитационной физике детерминировано. Однако, место этого образования случайно. Там, где вода может находиться во всех трех фазовых состояниях – твердом, жидком и газообразном, - условия для возникновения жизни наиболее благоприятны.

Информация о том, как развивалась и что представляет собой наша Вселенная, накапливается стремительно и так же стремительно обогащает наши представления о происхождении жизни. В одном только в 2009 году была сделана серия весьма крупных открытий. Самые громкие из них - открытие запасов воды на Луне, открытие абиогенного метана на Марсе, открытие на спутнике Сатурна Титане озер жидких углеводородов с сезонными движениями из полушария в полушарие, открытие там же так называемых *криовулканов*, которые извергают жидкую воду вместо магмы. За пределами Солнечной системы - это открытие все более легких планет, “суперземель”, масса которых приближается к земной, а некоторые состоят из горных пород; открытие, вероятно, нового типа сверхновых (на слух астронома, *новая сверхновая* – никакой не каламбур) - небольшой массы и с некоторыми аномалиями содержания элементов. Каждая из этих находок может самым существенным образом изменить мир, каким мы видим его сегодня.

Однажды достигнутая - в результате *первой* Великой Молекулярной Революции - хиральная чистота, совершенно необходимая для надежной работы машин матричного копирования, должна была немедленно закрепиться в составе конкурентоспособных каталитических гиперциклов. Воспроизведение абиогенных условий, которые к ней привели - задача чрезвычайно нелегкая и еще очень далека от решения, хотя сегодня уже показана возможность синтеза целого класса биологически важных органических соединений с 80%-ым доминированием одного из энантиомеров. Очень важно, что один из применяемых при этом катализаторов - фотозависимый. Света в молекулярном облаке, где формируется описанный солитон, более чем достаточно.

Как сформировалась клетка, результат *третьей* Великой Молекулярной Революции и единица сегодняшней самостоятельной жизни, - разговор особый. Так или иначе, но компартиментализация молекулярных процессов, которую она обеспечивает, приводит к весьма серьезным селективным преимуществам – дискретности и недолговечности, в формате которых наиболее эффективны отбор (конкуренция) и кооперация – со специализацией отдельных элементов и последующей многоклеточностью. Однажды достигнутая, клеточная организация жизни быстро переиграла любую альтернативную и стала доминирующей. В этой книжке мы не будем говорить о происхождении клетки. Это происхождение – как и возникновение хиральной чистоты биологических молекул – было, по-видимому, неизбежным. Мы обсудим здесь предмет, на наш взгляд, гораздо более интересный, предмет, завораживающий своей красотой и своей регулярностью, предмет,

сконструированный из реальных молекул, но так, что его свойства могут быть описаны в совершенно абстрактных терминах.

О *второй* Великой Молекулярной Революции (возникновении генетического кода), которая обеспечила колоссальные селективные преимущества обладателям операционной системой молекулярной памяти, не так легко сказать “однажды достигнутая”. Возникновение хиральной чистоты – процесс практически одноактный – в том смысле, что она либо есть (и тогда жизнь оказывается возможной), либо ее нет. Возникновение компарментализации – в том же смысле – не имеет промежуточных этапов: она либо есть, либо ее нет. Существование какой бы то ни было клеточной стенки и ее дальнейшая эволюция – события принципиально одноплановые. Генетический же код – в том смысле, какой в это понятие вкладывают учебники – просто не мог возникнуть сразу, “однажды”. То, что обычно называется кодом – это предмет договора, условность, вещь конвенциональная. В отношении *генетического кода* нет договаривающихся сторон, поэтому этот термин иногда характеризуется как *метафора*. Он должен быть совершенно естественным продуктом, предметом физикалистского подхода в рамках молекулярно-биологической аксиоматики. В то же время – и мы это увидим далее – его организация очевидно выходит за эти рамки. Кроме того, он относится к двадцати белокобразующим аминокислотам, и его возникновение должно было, таким образом, пройти, по крайней мере, двадцать шагов, каждый из которых должен был учитывать не только пройденный уже путь, но и каким-то образом соотносываться с дальнейшими. Более того, совершенно неочевидна и химия этих процессов. Необсуждаемым в учебниках свойствам генетического кода и выводам, которые за ними могут стоять, и посвящена вторая часть этой книжки, для которой первая, заканчивающаяся следующей главой, – необходимое вступление).

.....

Несколько слов о номере этой главы. Несмотря на обещание не касаться более ставших скучными рассуждений относительно числа *III*, помещаемых в конец очередной главы, Автор – с массой извинений – еще один раз напоминает о нем. В четырнадцатиричной системе счисления (таблица в *Главе I(II)*) этому числу соответствует *информационная сигнатура III<sub>14</sub>*. Почему мы опять о ней вспомнили – да еще в такой экзотической системе счисления – автор попытается пояснить позднее.

## Глава G.

### ПЕРЕХОД К БИОГЕНЕЗУ (IX)

Описывая молекулярные события пост-абиогенеза, которые привели к появлению примитивных биологических машин, профессор Марчелло Барбьери<sup>47</sup> начинает с возникновения простейших из них – тех, что обеспечивали соединение однотипных молекул в полимеры; он называет их *связывающими машинами*, *bondmakers*. Не знаю, как поточнее перевести на русский этот термин, назову его, например, *коннектором*. Но не в том смысле, какой вкладывается в понятие *связующее звено*, а в том, каким обозначается инструмент для связи таких звеньев. Например, инструмент, с помощью которого две маленькие свинцовые “таблетки” сплющиваются в пломбу, зажимающую две веревочки, целостность которых свидетельствует о сохранности опломбированного груза, - не помню, он, кажется, называется пломбир? Так что *bondmaker* можно перевести и смешным словом *пломбир*.

Некоторые из этих молекулярных машин связывали аминокислоты, другие – азотистые основания, третьи – сахара и т.д. Поскольку рибосомальные РНК – и даже их короткие фрагменты – способны в эксперименте способствовать формированию пептидных связей, первыми *коннекторами* могли быть именно молекулы РНК небольшого размера. Стоит помнить при этом два обстоятельства.

Во-первых, эти *коннекторы* работали как ко-факторы, то есть, как энзимы (или *рибозимы*, как их называют). Другими словами, одна и та же молекула рибозима могла использоваться многократно. В какой-то мере этот процесс удалось смоделировать Сиднею Фоксу<sup>48</sup>, который соединил аминокислоты в короткие нерегулярные цепи, осуществив безматричный синтез полипептидов; подобные полипептидные цепи были потом реально найдены, среди прочей простой органики, в метеоритном веществе.

Во-вторых, все эти *Великие Молекулярные Революции*, *Большие Скачки* и тому подобное – описывают события тех лет весьма условно. Рибозим мог работать как *коннектор* для полимеризации, скажем, нуклеотидов. Но ведь он и сам был молекулой нуклеотидного полимера! И должен был - совершенно по другой схеме – без предсуществовавших *коннекторов* - собраться, случайно обладая пригодившейся позднее функцией. Событие, конечно, возможное, но еще раз показывающее весьма метафорический характер выражения *Молекулярная Революция*. Порядковые номера этих *Революций* и *Скачков* тоже не менее условны: всё происходило – в известном смысле – очень быстро и в общем плавильном котле, где уловить порядок событий было бы просто невозможно. РНК-мир, весьма вероятно, существовал какое-то время - до появления ДНК, - но и ему предшествовали масштабные события, о которых можно пока только гадать. Причем температура этого “котла” могла быть и низкой: многие рибозимы эффективно работают у точки замерзания воды – и даже ниже. Каким образом произошел сдвиг к миру РНК от абиогенно сформированных накануне каталитических гиперциклов, обладающих некоторыми свойствами живых систем? Как РНК стала участником таких самоподдерживающихся реакций, а затем и вовсе вытеснила конкурентов из биогенного мейнстрима, оставив появившимся много позднее, но совершенно очевидно в результате ее победы, исследователям только одни вопросы?

В 70-х годах XX века в клетках некоторых организмов были обнаружены ферменты белковой природы, которые включали в свой состав кроме белка ещё и молекулу РНК. Вначале считалось, что молекула РНК является в таких комплексах лишь вспомогательным

---

<sup>47</sup> M.Barbieri (Ed.), 2008, “*The Codes of Life (Rules of Macroevolution)*”, Springer

<sup>48</sup> Фокс С., ДозеК., 1975, “*Молекулярная эволюция и возникновение жизни*”, М., 1975.



элементом. Однако вскоре было замечено, что даже после удаления белка из ферментативного комплекса оставшаяся РНК способна катализировать специфическую реакцию. Более того, даже искусственно синтезированная РНК, входящая в состав изучаемых ферментов, может самостоятельно катализировать эту реакцию. Молекулы РНК, способные к катализу, были названы рибозимами. За их открытие в 1989 году Томас Чек и Сидни Алтман были удостоены Нобелевской премии по химии. Были обнаружены молекулы РНК, способные нести генетическую информацию и одновременно катализировать химические реакции. РНК была объявлена родоначальницей доклеточной жизни.

Позднее было показано, что у всех организмов именно РНК, находящаяся в каталитическом центре рибосом, отвечает за главный этап в сборке белков — соединение аминокислот между собой. Открытие этого факта ещё более упрочило позиции сторонников РНК-мира. *“Действительно, если спроецировать современную картину жизни на её возможное начало, разумно предположить, что рибосомы - структуры, специально существующие в клетке для дешифровки информации, содержащейся в нуклеиновых кислотах, и для производства белка, - возникли как комплексы РНК, способные к соединению аминокислот в одну цепочку. Так на основе мира РНК мог появиться мир белков”*. Функции РНК весьма многообразны. Они не только катализируют химические реакции, но и защищают клетки растений и низших животных от вторжения вирусов. У высших животных такие “малые РНК” могут участвовать в регуляции считывания генной информации с хромосом. В 1989 году нобелевский лауреат по химии Уолтер Гилберт ввёл в оборот выражение *мир РНК*, имея в виду полноценный, самостоятельный и способный к эволюции мир доклеточной жизни.

Теория РНК-мира, однако, полна противоречий. Сложность искусственного синтеза олигонуклеотидов заставила Фреда Хойла, известного британского астрофизика и “друга парадоксов”, заявить, что идея РНК-мира “столь же нелепа, как и предположение о возможности сборки *Боинга 747* ураганом, пронёсшимся над мусорной свалкой”. Остатки первых примитивных клеток обнаруживаются в слоях, относящихся к периоду 3,5-3,8 млрд лет тому назад. Предположение же, что жизнь не могла зародиться раньше, чем 4 млрд лет назад, не оставляло времени для развития доклеточного РНК-мира. С этим согласились и такие сторонники (и основатели) гипотезы РНК-мира, как Чек и Оргел. Кроме того, было показано, что однонитчатая ДНК может служить даже лучшим ферментом, чем РНК. При этом ДНК гораздо более устойчива во внешней среде, что даёт ей немалое преимущество. Еще один доклеточный короткоживущий мир? Еще одна гипотеза – того же типа? Но есть и другие, и их множество.

Многие аспекты проблемы (термодинамика, упорядочивание, фрактальность и линейность живых систем)- описаны, например, в упомянутой выше книге Эрика Галимова (тоже, кстати, начатой в *свободное время*, то есть на больничной койке, но имеющей, в отличие от этой, скорее, характер монографии) и в других, опубликованных в разных странах. Не будем излагать все, отметим любопытные. Одна из гипотез – *гидратная*, как назвали ее авторы<sup>49</sup> - В.Е. Островский и Е.А.Кадышевич - предполагает, что простейшие элементы живой материи многократно образовывались и, возможно, сегодня образуются в недрах Земли из метана (или другого углеводорода), селитры и фосфата в полостях газовых гидратов. Авторы называют ДНК и РНК простейшими формами доклеточной живой материи, а азотистые основания и сахара, которые входят в состав нуклеиновых кислот, - простейшими элементами живой материи. *В такой терминологии вирусы “и даже вириды”, как они пишут, следует рассматривать как живые субстанции*. Гипотезу составляют три предположения, которые ее авторы формулируют следующим образом:

---

<sup>49</sup> В.Островский и Е.Кадышевич, *«Химия и жизнь» №5, 2009; Журнал физической химии, т.83, № 11, Ноябрь 2009, стр. 2137-2144*

1. В природе существуют трехмерные геометрические матрицы с полостями разных размеров, соответствующими размерам функциональных групп молекул ДНК и РНК, которые способны формировать сразу много молекул нуклеиновых кислот, сходных по строению, но различающихся по последовательности присоединения азотистых оснований. Матрицы довольно широко распространены в природе и строго детерминированы, но вместе с тем могут несколько видоизменяться в зависимости от окружающих условий. Глубоко под поверхностью земли условия гораздо стабильнее, чем на границе раздела фаз Земля/атмосфера, и это благоприятно для протекания длительных однонаправленных процессов.

2. В ячейках матриц изначально присутствуют атомы, которые в результате химических реакций с веществами, диффундирующими внутрь матриц, способны образовывать молекулы ДНК и РНК. Поэтому достаточно лишь одного добавочного вещества для синтеза азотистых оснований, рибоз и аминокислот и еще одного вещества — для синтеза нуклеиновых кислот и белков.

3. Монохиральность, присущая биологическим объектам, задана геометрией матриц, в которых образуются нуклеиновые кислоты.

Авторы исходят из того, что живая материя зародилась именно на нашей планете, а не в недрах Вселенной и что она возникла из неорганических и простейших органических веществ. Они полагают, что живая материя возникала многократно и, возможно, образуется и в наше время там, где есть подходящие условия и соседствуют необходимые исходные минеральные вещества. При этом они считают, что ДНК и РНК возникли *одновременно* и были локализованы в одних и тех же местах, причем таких мест было немало на протяжении истории Земли. Вначале возникли ДНК и РНК, затем белки, а не наоборот.

Как упоминалось, одни каталитические гиперциклы жестко конкурируют с другими, но для успешной конкуренции они должны обладать способностью воспроизводиться с некоторыми изменениями, закрепляемыми в дальнейшем. Другими словами, они должны обладать тем, что называется наследственностью и изменчивостью. Существуют ли такие гиперциклы? С определенными оговорками – как считает упоминавшийся уже Валентин Пармон - в качестве варианта такого автокаталитического цикла можно рассматривать знаменитую реакцию Бутлерова (описанную в 1864 г). Эта реакция представляет собой синтез различных сахаров из формальдегида в слабощелочных водных растворах в присутствии ионов кальция. Реакция является автокаталитической, поскольку сахара одновременно выступают и в роли катализаторов. Большой набор синтезированных в ходе реакции сахаров - это не что иное, как прототип мутаций, которые определяют критические концентрации субстрата - формальдегида, при которых можно ожидать исчезновения автокатализаторов при понижении этой концентрации. В дальнейшем реакция будет идти, имея новые параметры. Другими словами, изменения (“мутации”) будут унаследованы новыми поколениями участников реакции.

Пармон полагает, что поскольку рибоза — это сахар, а фосфорные и азотные соединения, необходимые для построения нуклеотидов, присоединяются к ней без серьезных проблем и в дальнейшем формируют полимеры (с помощью *коннекторов* Барбьери), то именно сахара и есть основа всего живого. И именно молекулы на основе сахаров, а не нуклеотидов и аминокислот ответственны за биологическую память, то есть за отличие живого от неживого. И эти молекулы могли образоваться в ходе реакции Бутлерова.

Нельзя исключить, - говорит Пармон,- что реакция Бутлерова - не единственная автокаталитическая реакция, положившая начало естественному отбору и «жизни». Однако другие такие реакции пока не известны. Одним из очень привлекательных следствий описываемой гипотезы, которое отмечает ее автор, является то, что пребиотический бульон был, скорее всего, весьма разбавленным - только тогда начинается эффективная конкуренция молекул автокатализаторов за субстрат. Кроме того, отмеченные выше “мутации” в реакции Бутлерова возникают весьма быстро – за считанные минуты. А это

означает, что “первые прототипы живых объектов могли появиться буквально за миллионы или даже за сотни тысяч лет, а не за миллиарды - о чем и свидетельствует геология”.

Не менее привлекательно выглядит предположение о гомохиральности биологических молекул - в рамках той же гипотезы: поскольку практически все сахара обладают свойством хиральности, первая же молекула автокатализатора (моносахарида), имевшая существенные “эволюционные” преимущества, быстро вытеснила остальные.

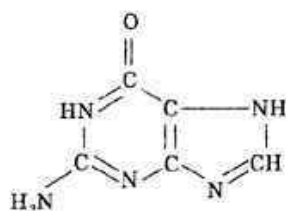
Пармон дает следующее (физико-химическое) определение сакраментального предмета, о котором мы здесь говорим: “жизнь - это фазово-обособленная форма существования функционирующих автокатализаторов, способных к химическим мутациям и претерпевших достаточно длительную эволюцию за счет естественного отбора”. Однако, без информационной компоненты такое определение сразу же лишает смысла обсуждавшиеся выше вопросы о том, являются ли живыми вирусы (за пределами клетки-хозяина), споры бактерий, плазмиды или бумажные версии геномов живых существ. В то же время на вопрос, откуда берутся фазово-обособленные формы, у химиков есть довольно убедительный ответ: известно, что при каталитическом синтезе некоторых полимеров – например, полипропилена или полиэтилена - продукт формируется сразу в виде отдельной фазы - микрогранулы или глобулы, внутри которой работает катализатор, который и производит эти полимеры.

Если все происходило именно так, - заключает Пармон, - тогда РНК и ДНК образуются на любой планете, геологическая история которой сходна с историей Земли. Отметим, что приведенная выше гипотеза объединяет, таким образом, две упомянутые *Молекулярные Революции* – возникновение хиральности и возникновение клеток. Поскольку возникновение генетического кода (вторая из трех *Революций*) вероятно – и мы это увидим - выходит за пределы химической трактовки, о нем мы поговорим отдельно, а пока вернемся к первому *Большому Скачку молекулярной* эволюции Смита и Шатмари (происхождение генов). Следующим его этапом – после возникновения молекулярных *коннекторов* – стало формирование машин матричного копирования - *copymakers*, как их назвал Марчелло Барбьери, *амплификаторов*, как – тоже не слишком удачно - переведем на “русский” это слово мы. Копирование линейной матрицы – элементарный акт дубликации гена – первый шаг возникновения феномена наследственности. Если следующий *Большой Скачок* определяется как возникновение протеинов, то название первого – абсолютно неудачно. Гены, то есть информация для производства протеинов, не могут существовать отдельно от этих протеинов: информация термин не самодостаточный, а функциональный, предусматривающий определенную цель, самореализацию, прочтение. Два этих химически несравнимых мира – мир нуклеиновых кислот и мир протеинов – должны быть взаимно сопоставлены, чтобы один из них стал хранителем информации, а другой был организован в соответствии с этой информацией. Линейная запись информации, способная к матричному копированию (с некоторыми ошибками), идеально подходит для того, чтобы стать геном. Белковые молекулы, способные формировать разнообразнейшие трехмерные структуры, идеально подходят на роль ферментов (которыми в РНК-мире были куда менее эффективные рибозимы), а также других структур. Для сопоставления нуклеиновых белков и протеинов должны были возникнуть – и возникли - особые машины *codemakers*, в терминах Барбьери. Назовем их *декодерами*. Это слово подчеркивает не только простую причастность к чтению и реализации генетической информации, но и основную функцию этих молекул – ее дешифровку, то есть движение информации от гена, где она закодирована, к белку, который представляет расшифрованный текст. Что это за машины, и что это за феномен – генетический код, мы обсудим позднее. *А пока...*

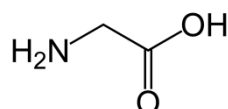
.....

...а пока поясним символ этой главы, и причину его выбора. Дело просто в том, что в мире нуклеиновых кислот латинская буква *G* символизирует одно из четырех азотистых

оснований - гуанин (мы так и будем писать ее далее – прописью и курсивом). Это самое “тяжелое” основание (округленная молекулярная масса – 151) с химической формулой:



Дублет *GG* триплетного генетического кода контролирует синтез самой “легкой” аминокислоты – глицина, трехбуквенный символ которой – **Gly** (Гли – “по-русски”), а однобуквенный – а мы в дальнейшем будем использовать именно однобуквенные латинские символы (и будем писать их полужирным шрифтом в прописном варианте) – **G**. Ее округленная молекулярная масса – 75, а структурная химическая формула –



Наконец, если известную всем таблицу генетического кода представить “в плоском варианте (4 x 4)”, то есть приняв во внимание только две первые кодирующие буквы и оставив, таким образом, только вертикальную (первые буквы кодонов) и горизонтальную (вторые буквы кодонов) координаты (выделены серым), а кодирующие буквы (азотистые основания) вдоль этих координат упорядочить по нарастанию молекулярных масс, то глицин **G**, кодируемый дублетом *GG*, займет шестнадцатую клетку (в правом нижнем углу таблицы):

	<i>C</i>	<i>T</i>	<i>A</i>	<i>G</i>
<i>C</i>	<b>P</b>	<b>L</b>	<b>QH</b>	<b>R</b>
<i>T</i>	<b>S</b>	<b>LF</b>	<b>Y</b>	<b>CW</b>
<i>A</i>	<b>T</b>	<b>IM</b>	<b>NK</b>	<b>SR</b>
<i>G</i>	<b>A</b>	<b>V</b>	<b>DE</b>	<b>G</b>

Десятичное число 16 в системах счисления с основаниями, большими, чем 16, записывается символом G (который в данном случае является цифрой, а не буквой). Пронумеровав приведенную таблицу генетического кода в этих системах счисления построчно, получим:

	1	2	3	4
	5	6	7	8
	9	A	B	C
	D	E	F	G

Забавное тройное совпадение, не правда ли? Благодаря ему Автор и выбрал номер этой главы – выбор, конечно, произвольный. Но *Бог не играет в кости*, и совпадения, о которых пойдет речь далее, будут уже не так забавны. Более того, они вряд ли будут даже совпадениями. Замечу теперь, что практически все идеи, которые лежат в основе последующих рассуждений, содержатся в этом пояснении – явно или нет.

# ЧАСТЬ ВТОРАЯ

## МАШИНА ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ

### Глава G@C.

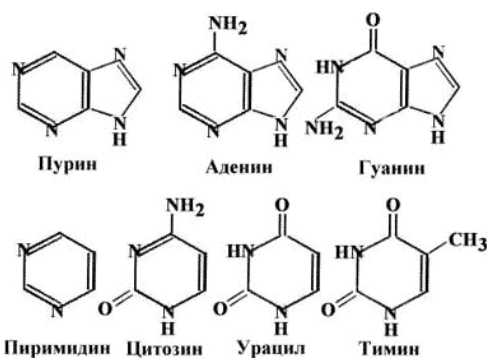
#### ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД – ЯВЛЕНИЕ “ГЕРОЯ” (X)

События, связанные с эволюцией Вселенной и коротко описанные выше, привели, в конечном счете (а может быть, и “в том числе”) к возникновению жизни, центральным феноменом которой стало объединение мира нуклеиновых кислот и мира белков в единую автокаталитическую суперсистему, для чего потребовался и был доведен до необходимого состояния так называемый *генетический код* - связующее звено обоих миров. Генетический код - это набор инструкций для перевода нуклеотидной последовательности в полипептидную. Таким образом, сегодняшний код составляют два компонента. **Первый – кодирующий – компонент** – это четыре азотистых основания (или нуклеотида, когда они фосфорилированы и составляют цепи РНК или ДНК).

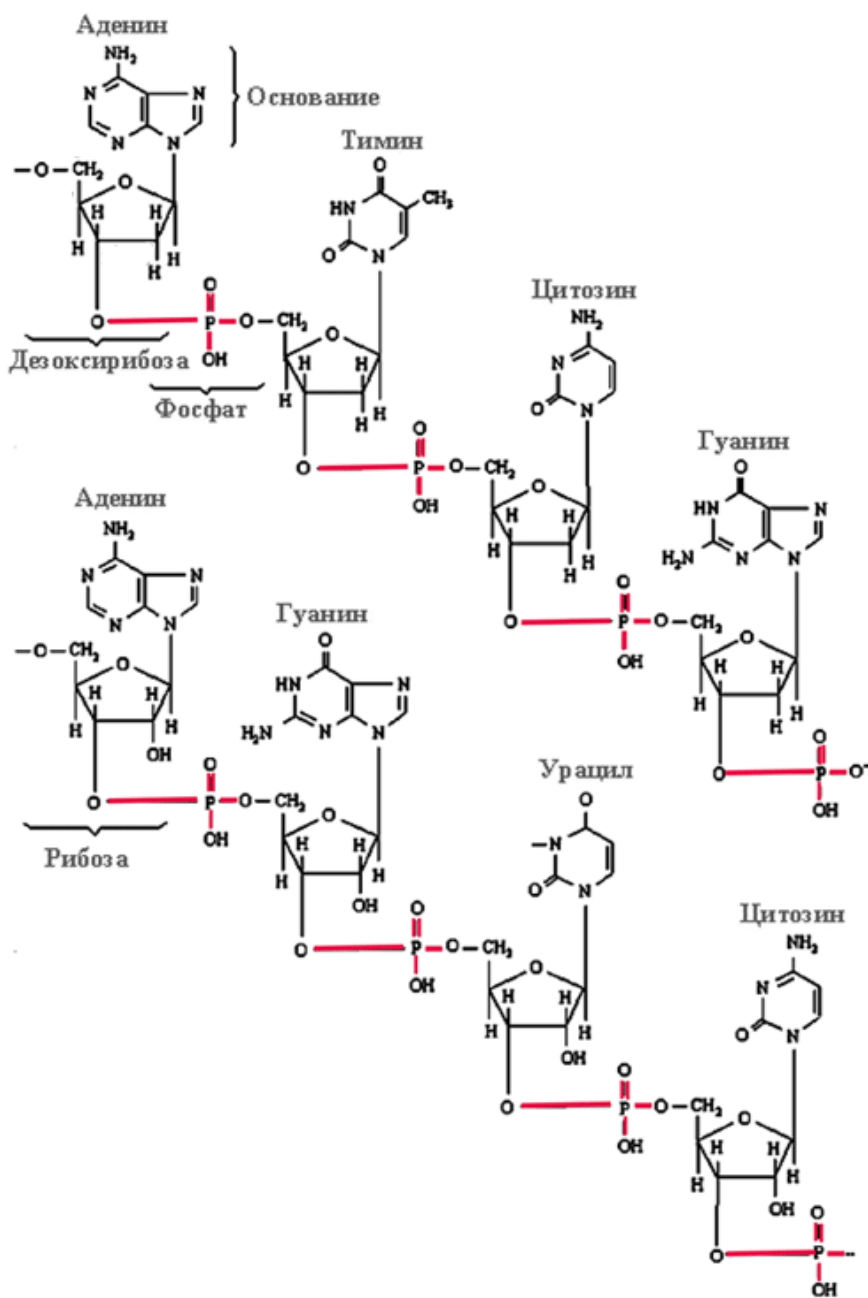
Общее обозначение азотистых оснований приведено в таблице:

Символ	Значение	Комментарий
<i>C</i>	<i>C</i>	Цитозин
<i>T</i>	<i>T</i>	Тимин
<i>A</i>	<i>A</i>	Аденин
<i>G</i>	<i>G</i>	Гуанин
<i>R</i>	<i>A G</i>	Пурины
<i>Y</i>	<i>C T</i>	Пиримидины
<i>M</i>	<i>A C</i>	Амино-
<i>K</i>	<i>G T</i>	Кето-
<i>S</i>	<i>C G</i>	Сильное взаимодействие
<i>W</i>	<i>A T</i>	Слабое взаимодействие
<i>H</i>	<i>A C T</i>	Не G, а следующая буква
<i>B</i>	<i>C T G</i>	Не A, а следующая буква
<i>V</i>	<i>A C G</i>	Не T, а следующая буква
<i>D</i>	<i>T A G</i>	Не C, а следующая буква
<i>N</i>	<i>C T A G</i>	Любое основание

Из них состоит полинуклеотид – рибо- или дезоксирибонуклеиновая кислота, РНК или ДНК. В случае РНК четыре нуклеотида - это два пурина (аденин и гуанин в табличках ниже) и два пиримидина - урацил и цитозин. В молекуле ДНК одно из перечисленных оснований - урацил – заменен на тимин (*T*):



Полимером правовращающего сахара – рибозы или дезоксирибозы - в цепочку РНК или ДНК соединены трифосфаты этих оснований. Здесь показаны структуры одноцепочечных молекул ДНК (вверху) и РНК (внизу):



**Второй – кодируемый - компонент** генетического кода – это аминокислоты, из которых состоят полипептиды или белки. Из более ста пятидесяти природных аминокислот кодируемыми являются только 20:

	<b>Название</b>	<b>Символ</b>	<b>обобщенная формула</b>
1	Глицин	<b>Glu</b> или <b>G</b>	H-CH(NH <sub>2</sub> )COOH
2	Аланин	<b>Ala</b> A	H <sub>3</sub> C--CH(NH <sub>2</sub> )COOH
3	Валин	<b>Val</b> V	H <sub>7</sub> C <sub>3</sub> --CH(NH <sub>2</sub> )COOH
4	Лейцин	<b>Leu</b> L	H <sub>9</sub> C <sub>4</sub> --CH(NH <sub>2</sub> )COOH
5	Изолейцин	<b>Ile</b> I	H <sub>9</sub> C <sub>4</sub> --CH(NH <sub>2</sub> )COOH
6	Серин	<b>Ser</b> S	H <sub>3</sub> CO--CH(NH <sub>2</sub> )COOH
7	Треонин	<b>Tre</b> T	H <sub>5</sub> C <sub>2</sub> O--CH(NH <sub>2</sub> )COOH
8	Цистеин	<b>Cys</b> C	H <sub>3</sub> CS--CH(NH <sub>2</sub> )COOH
9	Метионин	<b>Met</b> M	H <sub>7</sub> C <sub>2</sub> S--CH(NH <sub>2</sub> )COOH
10	Аспарагиновая к-та	<b>Asp</b> D-	H <sub>3</sub> C <sub>2</sub> O <sub>2</sub> --CH(NH <sub>2</sub> )COOH
11	Аспарагин	<b>Asn</b> N	H <sub>4</sub> C <sub>2</sub> NO--CH(NH <sub>2</sub> )COOH
12	Глутаминовая к-та	<b>Glu</b> E-	H <sub>5</sub> C <sub>3</sub> O <sub>2</sub> --CH(NH <sub>2</sub> )COOH
13	Глутамин	<b>Gln</b> Q	H <sub>6</sub> C <sub>3</sub> NO--CH(NH <sub>2</sub> )COOH
14	Аргинин	<b>Arg</b> R+	H <sub>8</sub> C <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O--CH(NH <sub>2</sub> )COOH
15	Лизин	<b>Lys</b> K+	H <sub>10</sub> C <sub>4</sub> N--CH(NH <sub>2</sub> )COOH
16	Гистидин	<b>His</b> H	H <sub>5</sub> C <sub>4</sub> N <sub>2</sub> --CH(NH <sub>2</sub> )COOH
17	Фенилаланин	<b>Phe</b> F	H <sub>7</sub> C <sub>7</sub> --CH(NH <sub>2</sub> )COOH
18	Тирозин	<b>Tyr</b> Y	H <sub>7</sub> C <sub>7</sub> O--CH(NH <sub>2</sub> )COOH
19	Триптофан	<b>Trp</b> W	H <sub>8</sub> C <sub>9</sub> N--CH(NH <sub>2</sub> )COOH
20	Пролин	<b>Pro</b> P	H <sub>6</sub> C <sub>5</sub> NO <sub>2</sub> или (см. ниже): H <sub>5</sub> C <sub>3</sub> --CH(NH <sub>2</sub> )COOH

Для обозначения аминокислот (напомним, что кодируемыми являются альфа-L-аминокислоты) используют либо трех-, либо однобуквенные символы; мы – как уже сказано - будем пользоваться последними. В таблице выделены гидрофильные (синие ячейки и белые буквы названий) и гидрофобные (желтые ячейки) аминокислоты, аминокислоты, способные нести заряд, отмечены знаками (+) или (-), ароматические аминокислоты (бирюзовые ячейки в колонке символов, иминокислотапролин – бирюзовое выделение); серусодержащие аминокислоты (желтые ячейки в колонке символов). В формуле молекул справа – одна и та же константная часть (участвующая в пептидной связи; полужирный шрифт), слева – боковая часть молекулы или радикал (R). Молекула пролина приведена к общей схеме гипотетическим размыканием (релаксацией) иминного кольца.

Очевидно, что аминокислоты отличаются друг от друга химической природой боковой цепи, которая состоит из группы атомов в молекуле аминокислоты, связанной с α-углеродным атомом и не участвующей в образовании пептидной связи при синтезе белка. Всё разнообразие особенностей структуры и функции белковых молекул связано с химической природой и физико-химическими свойствами радикалов аминокислот. Именно благодаря им белки наделены рядом уникальных функций, не свойственных другим биополимерам, и обладают химической индивидуальностью. Благодаря им, вновь синтезирующаяся полипептидная цепочка приобретает вторичную структуру, образуя определенной длины однотипные спирали, складчатость и повороты (изломы). Эта структура, в свою очередь, складывается в уникальную третичную, которая и обладает определенными функциями. Они могут быть усилены или модифицированы четвертичной белковой структурой, которую формируют уже не отдельные полипептиды, а их комбинация.

Это общие сведения (*trivia*) о компонентах генетического кода. Приводим его стандартную (каноническую) таблицу. Темно-серым выделены в ней кодирующие и кодируемые элементы группы вырожденности IVоктета 1 (см. ниже); светлым - элементы октета 2 групп вырожденности I (темно-серые), III (светлее) и II (еще светлее). Чтобы подчеркнуть характер непосредственных участников процесса декодирования, то есть молекул РНК, четыремя основаниями в таблице часто выбираются основания *U*, *C*, *A* и *G*. Именно на таком порядке настаивал Френсис Крик – не помню точно, почему, - может быть, потому, что, скажем, *теория граничных орбиталей* химической реактивности, которая была разработана для сравнения вероятностей стабилизации избыточных электронов для различных ДНК-составляющих, предсказывает снижение электронного сродства и потенциалов ионизации, подтверждаемое экспериментальными данными, именно в порядке  $T > C > A > G$ <sup>50</sup>.

		ВТОРОЙ НУКЛЕОТИД				ТРЕТИЙ НУКЛЕОТИД
		U	C	A	G	
ПЕРВЫЙ НУКЛЕОТИД	U	UUU Phe <b>F</b>	UCU Ser <b>S</b>	UAU Tyr	UGU Cys <b>C</b>	U
		UUC Phe	UCC	<b>Y</b>	UGC	C
		UUA Leu <b>L</b>	UCA	UAC		A
		UUG Leu	UCG	<b>UAA trm</b> <b>O</b> <b>UAG</b>	<b>UGA trm</b> <b>O</b> UGG Trp <b>W</b>	G
	C	CUU Leu <b>L</b>	CCU Pro	CAU His	CGU Arg <b>R</b>	U
		CUC Leu	<b>P</b>	<b>H</b>	CGC	C
		CUA Leu	CCC	CAC	CGA	A
		CUG Leu	CCA CCG	CAA Gln <b>Q</b> CAG	CGG	G
	A	AUU Ile	ACU Thr <b>T</b>	AAU Asn <b>N</b>	AGU Ser <b>S</b>	U
		<b>I</b>	ACC	AAC	AGC	C
		AUC Ile	ACA	AAA Lys	AGA Arg <b>R</b>	A
		AUA Ile	ACG	<b>K</b>	AGG	G
	AUG Met		AAG			
	G	GUU Val	GCU Ala <b>A</b>	GAU Asp	GGU Gly <b>G</b>	U
		<b>V</b>	GCC	<b>D</b>	GGC	C
		GUC Val	GCA	GAC	GGA	A
GUA Val		GCG	GAA Glu <b>E</b>	GGG	G	
GUG Val			GAG			

<sup>50</sup> Зенгер В. “Принципы структурной организации нуклеиновых кислот”, М., 1987



Функция молекулы ДНК - не декодирование, но хранение генетической информации. Поскольку выбор “главной” из этих двух функций – задача очевидно нелепая, таблицы кода с основаниями *T, C, A* и *G* встречаются не менее часто.

Напомним теперь восемь основных свойств генетического кода, определяющих сопоставление нуклеотидов и аминокислот, и девятое - альтернативное.

1. Первое из них - **триплетность**, означающая, что каждую используемую в живых структурах аминокислоту кодируют три последовательно (то есть от 5' - к 3'-концу цепи) расположенных азотистых основания. Их называют триплетом или кодоном. В таблице первым двум основаниям соответствуют вертикальная и горизонтальная координаты; третье основание показано по вертикали справа и делает “таблицу” трехмерным кубом 4 x 4 x 4.

2. Физических промежутков между кодонами нет, поскольку код характеризуется **непрерывностью**. Если бы код был *синглетным*, то есть если бы каждой кодируемой аминокислоте соответствовало бы только одно основание (из четырех), кодирующая емкость кода и составляла бы только четыре аминокислоты. Между тем, таких аминокислот двадцать, и только этого числа (не меньше!) достаточно для обеспечения существующего белкового разнообразия. Если бы код был *дублетным*, то есть если бы каждой кодируемой аминокислоте соответствовало бы два основания, кодирующая емкость кода составляла бы только шестнадцать аминокислот ( $4^2$ ) – и этого недостаточно. Емкость *триплетного* кода составляет 64 аминокислоты ( $4^3$ ). Этого хватает с избытком. “Избыток” составляет 44 кодируемых продукта. Многие исследователи утверждают, что эволюция генетического кода шла в направлении от синглетного к триплетному. При этом они понимают, что смена размера кодирующей единицы потребовала бы принципиального изменения всей машины кодирования (то есть всего набора ферментов, обслуживающих этот процесс) – вещь невозможная! Поэтому синглетный этап кодирования мог означать, что в составе триплета значащей единицей могла быть только одна (например, первая или любая), а в составе дублета – две. Тогда и непрерывность закодированной записи могла быть только физической. Функционально значащие основания разделялись остальными основаниями триплета, а эволюция продолжала совершенствовать структуру молекул-участников кодирования. Произвольные (из четырех) третьи основания современных кодонов для восьми (из двадцати) аминокислот могут быть реликтами до-триплетных кодов. Выбор же тройки азотистых оснований в качестве дискретной единицы генетического кода мог быть обусловлен также термодинамикой взаимодействия пар оснований, при котором матричное копирование инициируется их триплетом (мы говорили об этом выше, ссылаясь на Зенгера).

3. **Неперекрываемость** - один и тот же нуклеотид не может входить одновременно в состав двух или более триплетов; не соблюдается для некоторых перекрывающихся генов вирусов, митохондрий и бактерий, которые кодируют несколько белков, считывающихся со сдвигом рамки.

4. Поскольку никакого *избытка* в крайне экономной природе не бывает, он и здесь компенсируется еще одним свойством – **вырожденностью (избыточностью)**, означающую, что каждую аминокислоту (два исключения - метионин и триптофан) кодирует более, чем один триплет. Темным выделены клетки таблицы, содержащие аминокислоту, кодируемую четырьмя триплетами, более светлым – тремя, еще более светлым – двумя, самым светлым – две аминокислоты, кодируемые только одним триплетом.

5. **Однозначность** кода означает, что каждый триплет фрагмента полинуклеотида, именуемого *геном*, кодирует только одну аминокислоту. Продуктами кодирования

являются не только аминокислоты, но и знаки пунктуации – знак начала кодирующей цепочки (гена), *ATG*, или *AUG*, называемые стартовыми кодонами, и знаки ее окончания – *TAA (UAA)*, *TAG (UAG)* и *TGA (UGA)* или стоп-кодона (в таблице – буквы синего цвета в бесцветных ячейках). Начало гена – это всегда аминокислота (метионин в данном случае), конец его – аминокислота, предшествующая стоп-кодону.

6. Еще одно свойство генетического кода – **универсальность**, означает, что все живущие на Земле существа – будь то РНК- или ДНК-вирус, слон, морковка, червь или человек - пользуются одним и тем же генетическим кодом. Немногочисленные отклонения от этого правила касаются лишь отдельных аминокислот и являются, скорее всего, именно отклонениями, результатом весьма длительной эволюции в специфических условиях.

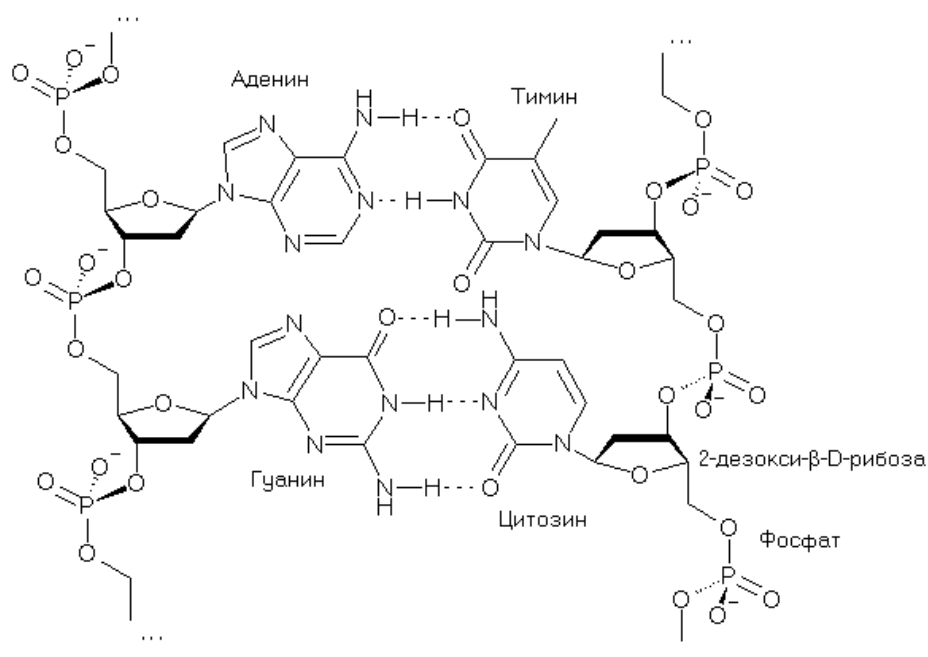
7. Небольшое число таких отклонений лишь подчеркивают шестое из перечисляемых свойств кода – необычайная **стабильность**.

8. За этим свойством неизбежно должно стоять - и стоит - еще одно – столь же необычайная **помехоустойчивость**. Помехоустойчивость относится к двум наиболее важным свойствам кодируемых аминокислот – их размеру, который характеризуется объемом или массой молекулы, и их гидрофильности (и гидрофобности), которые определяют вторичную структуру полипептида. Замена третьего основания триплета, как правило, не влияет на эти свойства, замена второго более существенна и относится, по преимуществу, к гидрофильности аминокислоты или к ее гидрофобности, замена первого может оказаться роковой; она меняет размер кодируемой молекулы. Если подсчитать, сколько замен одного нуклеотида не меняет тип аминокислоты в соответствии с ее химическими свойствами (а такие замены аминокислот слабо сказываются на структуре и функциях белка) и сколько меняет, то отношение первых ко вторым будет близко к 2,25. Расчеты показывают, что существующий генетический код не является самым оптимальным вариантом кода по признаку помехоустойчивости, и специальными программами удастся сгенерировать еще более устойчивые в этом отношении коды. Тем не менее, компьютерное моделирование демонстрирует вполне впечатляющую частоту кодов со сходной с существующим помехоустойчивостью – один на миллион. Даже при такой частоте число помехоустойчивых кодов еще достаточно велико, чтобы вызывать впечатление случайности выбора той версии, которая используется на Земле. А так и не достигнутый за миллиарды лет максимум помехоустойчивости генетического кода на нашей планете наводит на мысль о том, что этому препятствовало какое-то нетривиальное правило, ограничивавшее его эволюцию в данном направлении.

9. И еще одно свойство, характеризующее обсуждаемый генетический код и отмеченное Френсисом Криком, заключается в следующем. Поскольку ни изоэренные и длительные эксперименты, ни теория - во времена Крика - не показывали абсолютно никакого физико-химического соответствия между нуклеотидными триплетами и аминокислотами, он назвал не поддающийся изменениям в течение миллиардов лет генетический код **замороженной случайностью**. *Замороженной* – в том смысле, что сформировавшись, он уже не менялся. *Случайностью* – в том смысле, что он мог сформироваться каким угодно. А вот то, что он сформировался именно таким, каким мы его видим, и настолько удачно, что в дальнейшем мог уже и не меняться, придает ему, на первый взгляд, свойство чуда. На сегодняшний день оценка Крика - едва ли не самая убедительная гипотеза происхождения генетического кода. И все-таки, когда мы говорим “случайность”, рассматривая формальные свойства кода (мы сделаем это позднее), не только физика и химия приходят нам в голову. Но и они (физика и химия) предлагают сегодня альтернативную *замороженной случайности* гипотезу, гипотезу “**ключ-замок**”, основанную на экспериментальных данных, которые все же показывают определенное сродство отдельных аминокислот с отдельными РНК-последовательностями. Об этом – в конце книги.

.....

“Номер” этой главы назван “инициалами” ее “главного героя” - *GeneticCode*. Автор хотел, однако, не только отметить их совпадение с принятым обозначением пары гуанин-цитозин (*GC*), но акцентировать комплементарность этой пары, которую в названии главы подчеркивает вторая комплементарная пара – аденин-тимин (*AT*), символ которой (предлог *at*) обозначается на “компьютерном языке” знаком @. Если пару *AT* встроить между *G* и *C* вся четверка – *G>A>||>T>C*– оказывается упорядоченной по массе и зеркально симметричной по комплементарности относительно центра, отмеченного двумя короткими вертикалями. В составе двуцепочечной молекулы нуклеиновой кислоты пара *GC* демонстрирует сильное, *S*, взаимодействие, образуя три межнуклеотидных водородных связи *C≡G* (нижняя пара на рисунке), в то время, как пара *AT* (верхняя часть рисунка, *A=T*) демонстрирует слабое, *W*, взаимодействие:



Результатом комплементарности пар оснований является *первое* правило Чаргаффа: число гуанинов (*G*) в двуцепочечной ДНК равно числу цитозинов (*C*), а число аденинов (*A*) равно числу тиминов (*T*). Это правило стало одним из краеугольных камней открытия спиральной структуры этой молекулы, о чем можно прочесть в любом учебнике.

Позднее мы коротко коснемся и так называемого *второго* правила Чаргаффа, которое относится только к одной природной полинуклеотидной цепи. Существуют и некомплементарные взаимодействия пар оснований – “качающиеся” и хугстеновские (см. ниже). В природе все намного интереснее и богаче, чем в учебнике. Мы не можем обусловить начало жизни только формированием генетического кода (тогда ее дефиниция оказалась бы не слишком трудной задачей и упомянутое выше следствие теоремы Гёделя удалось бы обойти), какие-то свойства жизни мы различаем и до этого события, но беспрецедентная универсальность кода – при физико-химической произвольности - делает его едва ли не главной меткой нуклеиново-белковой жизни. И далее мы будем говорить именно о генетическом коде.

# Глава 11.

## МЕХАНИКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ (XI)

Об этом можно прочитать в любом учебнике. И все же – чтобы облегчить понимание последующих рассуждений - позволим себе очень коротко остановиться на работе машины кодирования. Барбьери связывает формирование таких машин с возникновением молекул, названных им *codemakers* – термин, который мы выше перевели как *декодеры*.

Что это за молекулы? В тех случаях, когда генетическую информацию содержит ДНК (другие варианты мы не рассматриваем, поскольку они принципиально не отличаются от общей схемы), первой такой молекулой становится информационная или матричная РНК (иРНК или мРНК) – комплементарная копия отрезка той нити ДНК (*минус*-нити или *Nonsense, N*, “бессмысленной”), которая, в свою очередь, в двойной цепи комплементарна кодирующей, “смысловой” (*Sense, S*, то есть, содержащей ген) или *плюс*-нити. Между прочим, двунитевую структуру ДНК обозначают иногда не только как *NS*, но также - соответственно - как *WC*, чтобы подчеркнуть совпадающими порядками букв парадоксальный ум Джеймса Уотсона, не всеми с порога принимаемый и понимаемый. мРНК, как правило, содержит копию гена, которая, как правило же, начинается с триплета *AUG*, кодирующего аминокислоту *метионин* – **М**. Этот триплет называется *старт*-кодоном или кодоном инициации. Транскрибируемый фрагмент ДНК заканчивается сразу перед одним из кодонов терминации (*стоп*-кодоном). Детали матричного синтеза мРНК или *транскрипции* (промоторные зоны плюс-цепи ДНК, работу и характер РНК-полимераз и проч.) и детали строения самой мРНК (например, наличие и вариации поли-А сигнала и проч.) большого значения для нас здесь не имеют. У эукариот *трансляции*, то есть, переводу генетической информации в полипептид, предшествует так называемый *процессинг* мРНК, в ходе которого из тела этой молекулы вырезаются некодирующие сегменты, *интроны*, а оставшиеся сегменты, *экзоны*, формируют кодирующий полинуклеотид. У прокариот интронов нет, их мРНК готова к *трансляции* сразу после синтеза. Дальнейшие события реализации генетической информации, то есть, синтез полипептида, закодированного в полинуклеотиде, описываются в учебниках примерно так, как коротко изложено ниже.

После транскрибирования мРНК не остается комплементарно связанной с ДНК-шаблоном; она освобождается от ДНК, которая затем восстанавливает свою двойную структуру. В одной эукариотической клетке количество молекул мРНК может составлять свыше 10.000. Наряду с молекулами мРНК на ДНК образуются и другие транскрипты, в том числе молекулы рибосомной и транспортных РНК, которые также имеют важное значение в реализации генетической информации. Все эти РНК называют еще ядерными. Наиболее обильными РНК в клетках всех видов являются молекулы рибосомной РНК (рРНК), которые выполняют роль структурных компонентов рибосом. У эукариот синтез рРНК контролируется огромным количеством генов (сотни и тысячи копий) и происходит в ядрышке. Не похоже, что структура рРНК имеет серьезное значение для обсуждаемой далее формальной организации генетического кодирования, и мы не станем на ней останавливаться. Совершенно другую роль в этих процессах имеют встречающиеся в клетке в несколько меньших количествах молекулы транспортных РНК (тРНК), которые участвуют в декодировании информации, трансляции. Это те самые декодеры или молекулы-посредники (*codemakers* Барбьери), - которые обуславливают специфическую связь между хранилищем генетической информации, нуклеиновыми кислотами, и строительным материалом, служащим для ее реализации, то есть для конструирования пептидов - аминокислотами.

Роль транспортных РНК в синтезе белка была постулирована еще до их открытия. В 1955г. Крик приписал им функцию *адаптера*, который может нести аминокислоту и образовывать водородные связи с кодирующей полинуклеотидной матрицей. Гипотеза адаптера оказалась необходимой в связи с упоминавшейся уже *невозможностью*

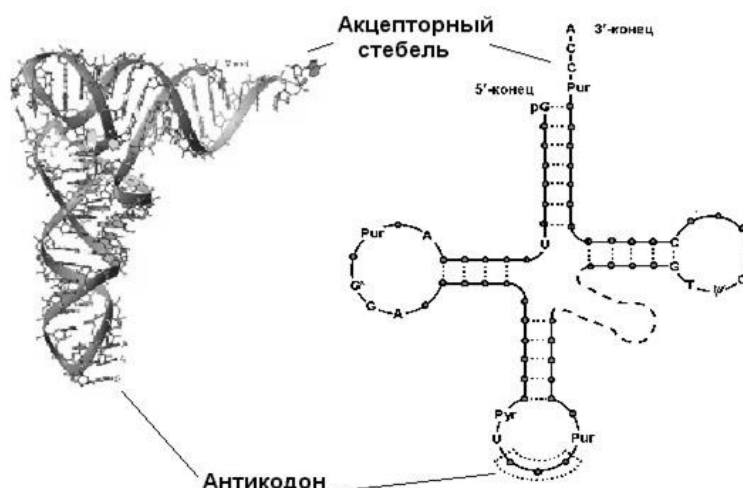
обнаружить между аминокислотами и нуклеиновыми кислотами стереохимическое соответствие, достаточное для того, чтобы обеспечить считывание генетического кода. В 1957г. в лаборатории Мэлона Хогланда было показано, что в ходе белкового синтеза активированные аминокислоты переносятся на особый тип РНК, получивший тогда наименование растворимой РНК и называемой теперь транспортной.

Стереохимия тРНК хорошо изучена и весьма характерна. Мы остановимся на ней поподробнее. Типичная молекула тРНК – это полинуклеотидная цепь длиной 75-90 (по преимуществу, 76) нуклеотидов. Молекулярные массы тРНК лежат в пределах 17.000-35.000. Часть оснований нуклеотидных пар, уже после синтеза тРНК, в определенных положениях модифицирована, это неканонические, редкие, так называемые (*минорные*), составляющие до 10% от общего числа. Среди них – дигидроуридин (*D*), псевдоуридин (*Ψ*) и инозин (*I*); последний играет существенную роль в узнавании кодона. В дополнение к этим модификациям несколько нуклеозидов метилированы. Все эти модификации – результат посттранскрипционного процессинга тРНК, которая копируется с “нормальной” матрицы. В 75% случаев молекулы тРНК открываются 5'-гуанином (он фосфорилирован) и во всех случаях завершается триплетом *ССА-3'*.

Вторичная структура этой молекулы сформирована четырьмя короткими двцепочечными стеблями и напоминает клеверный лист.

Каждый из четырех стеблей состоит из 4-7 уотсон-криковских пар, образующих двойные спирали. Сами стебли носят названия акцепторного, антикодонного, а также *D*(содержащий дигидроуридин) и *T* (содержащий риботимидин). Некоторые нуклеотиды консервативны и их позиции в составе тРНК остаются инвариантными – либо полуинвариантными, если сохраняется их пуриновая или пиримидиновая природа. На акцепторном стебле тРНК имеется участок связывания с аминокислотой; он неспецифичен и для всех аминокислот один и тот же: *ССА-3'*. Противоположный стебель содержит одноцепочечную петлю с антикодоном, распознающим кодон на мРНК. Две другие, боковые, петли предназначены для связывания с рибосомой и с аминокил-тРНКсинтетазой (АРСазой). Четвертая, не всегда выраженная, петля так и называется – дополнительная или вариабельная (*V*). У тРНК, узнаваемых АРСазами класса I, она, как правило, короче (4-5 нуклеотидов), у тРНК, узнаваемых АРСазами класса II – длиннее (13-21 нуклеотидов).

Третичная (пространственная) структура любой тРНК складывает все ее четыре ветви (стебли с петлями) в так называемую Г-форму (L-форму, если использовать латиницу):



Г-форма состоит из двух почти перпендикулярных друг другу спиралей А-РНК (11 пар оснований на виток). Два конца буквы Г образованы *ССА-3'*-концом и антикодонной петлей, которые находятся на расстоянии 80Å друг от друга. Наружный край угла буквы Г образован Т-петлей. Акцепторный и Т-стебли уложены один вслед за другим и образуют единую двойную спираль. В примерно такую же структуру (только с расхождением осей на

26°) уложены антикодонный и D-стебли. Эта структура на предыдущем рисунке обозначена жирной черной кривой.

Уже цитированный Др.Зенгер назвал тРНК “сокровищницей стереохимической информации”. Он отмечает, что *кроме уотсон-криковских пар, ответственных за большую часть горизонтальных взаимодействий между основаниями (особенно в стеблях), в тРНК имеется ряд нестандартных пар и триплетов.* Такие пары располагаются в основном с наружной стороны угла и в шарнирной области буквы Г. “Качающаяся пара”  $G_4-U_{69}$  дрожжевой фенилаланиновой тРНК входит в состав акцепторного стебля. *По структуре она сходна с уотсон-криковской и не нарушает двойной спирали, а только создает небольшую выпуклость в сахарофосфатном остове. Обратная непланарная - хугстеновская - пара  $m^1A_{58}-T_{54}$  возникает благодаря блокаде уотсон-криковской из-за метилированного аденина-58, и хугстеновское спаривание оказывается единственно возможным способом образования водородных связей с другим основанием (курсив здесь далее в этой главе – до новой ссылки - цитата из книги Зенгера).* Пурин-пуриновая пара- $m^2G_{26}-A_{44}$  “длиннее”, чем обычная уотсон-криковская и в значительной мере непланарна; именно она ответственна за 26°-ое расхождение антикодонового и D-стеблей.

В тРНК имеется несколько триплетов, в которых уотсон-криковскую пару дополняет третье основание, присоединенное со стороны главного желобка либо одной ( $m^2G_{10}-C_{25}-G_{45}$ ), либо двумя ( $G_{22}-C_{13}-m^7G_{46}$  и  $A_{23}-U_{12}-A_9$ ) водородными связями; во всех этих триплетях представлена и параллельная, и антипараллельная ориентация полинуклеотидных цепей. Большинство “третичных” водородных связей образуется между консервативными основаниями.

Многочисленные вертикальные стэкинг-взаимодействия, наличие которых чрезвычайно характерно для архитектуры тРНК, укрепляют эту структуру. В дрожжевой фенилаланиновой тРНК только 42 основания из 76 входят в спиральные участки, но в стэкинг-взаимодействии участвует 71 основание. Схема стэкинга в спиральных доменах тРНК практически такая же, как и у двуцепочечных А-РНК, однако, перекрывание оснований несколько сильнее, и плотность спирали эквивалентна структуре с числом пар, несколько меньшим, чем 11. В отдельных местах молекулы тРНК основание одной цепи встраивается между двумя основаниями другой (интеркаляция), при этом возникает особый вид стэкинга.

Антикодоновый триплет также имеет спиральную структуру и формирует стопку. Кодон информационной РНК образует с антикодоном уотсон-криковские и “качающиеся” пары и, таким образом, на антикодоновом стебле появляется двойная мини-спираль. Поскольку “качающаяся” пара располагается на дальнем конце этой спирали, антикодон может найти оптимальное положение для спаривания. Другими словами, чтобы образовалась “качающаяся” пара, кодону не нужно принимать какие-то необычные конформации, а это согласуется с тем, что на рибосоме все кодоны должны находиться в одной и той же структурной конфигурации для обеспечения их геометрической эквивалентности и быстрого считывания.

Пусть - в порядке гимнастики воображения – Читатель теперь представит себе, что вся эта весьма нетривиальная структура “считывается” в клетке с хромосомной ДНК-матрицы, которая имеет самую обычную монотонную спиральную организацию.

Молекула тРНК отличается и другими структурными особенностями, но и приведенного цитирования из весьма основательного труда Зенгера достаточно, чтобы Читатель понял, что представленная в следующих главах формализация (всегда ведущая к фактическому упрощению) схемы генетического кодирования, в которой молекула тРНК занимает одну из ключевых позиций, сама по себе требует изрядной умственной отваги. Не меньшая отвага нужна, чтобы удержаться от дальнейших упрощений, отличающих, например, креационизм.

Найдено несколько десятков (теоретически 61) индивидуальных тРНК, так как каждая из них способна переносить в процессе белкового синтеза единственную

аминокислоту. Конкретные тРНК называют по имени той протеиногенной аминокислоты, которую они акцептируют (например, лизиновая тРНК). Если одна и та же аминокислота акцептируется несколькими индивидуальными тРНК, то последние называют изоакцепторными и нумеруют (например, одна из тРНК для валина - тРНК<sup>вал1</sup>).

Несмотря на то, что молекулы тРНК строго специфичны, и каждой из них соответствует собственный антикодон и присоединяемая аминокислота, они не являются полноценными посредниками между этими аминокислотами и этими (анти-)кодонами. Последние – это часть структуры тРНК, что до первых, то тРНК не узнают их в принципе, да и садятся они на один и тот же триплет тРНК – концевую последовательность -ССА-3', не различающую аминокислоты. Требуется еще один посредник, который бы узнавал обе эти молекулы так же безошибочно, как кодон узнает антикодон - и связывал их. Правила узнавания кодона и антикодона, приводящие к выбору той или иной аминокислоты для роста цепочки полипептида, называются генетическим кодом. Эти правила имеют линейный, матричный характер. Ясно, что их недостаточно, чтобы аминокислота нашла *свой* антикодон (в *своей* тРНК), поскольку 3'-последовательность, на которую она садится, у всех тРНК одна и та же. Рибосомы же, где происходит полимеризация аминокислот, различают именно тРНК. Таким образом, должна существовать еще, как минимум, одна молекула, способная различать аминокислоты и соответствующие им тРНК. Этот минимум Природа реализовала в виде молекулы аминоацил-тРНК-синтетазы, АРСазы. АРСазы способны различать и фиксировать на своей поверхности каждую из всех двадцати аминокислот. Одновременно они различают и соответствующие *изоакцепторные* тРНК. Рибосома имеет общий сайт связывания для всех тРНК и не различает их. Других молекулярных посредников между записанной в нуклеиновой кислоте и реализуемой в виде полипептида информации нет, и генетическое кодирование объединяет только три молекулы: тРНК с ее антикодоном, соответствующая ему аминокислота и фермент АРСаза. АРСаза способна присоединять еще и три остатка фосфорной кислоты, служащие источником энергии для реакции аминоацилирования тРНК, которую и катализирует АРСаза. Поскольку мы рассматриваем здесь не весь механизм синтеза белков, а только его кодировку, то есть, машину кодирования, а не машину синтеза, о других молекулярных деталях этой машины – различных полимеразах и других ферментах, информационных и рибосомальных РНК, самих рибосомах и т.п. - мы говорить не будем.

Таким образом, генетический код, как соответствие триплета оснований той или иной аминокислоте, реализуется не как взаимное узнавание (*рекогниция*, для которой не существует физико-химических оснований), а как узнавание одного и того же посредника – белка АРСазы, структура которого имеет соответствующие сайты. Это узнавание должно иметь вполне убедительную стереохимическую основу. И тем не менее, малая величина аминокислот и однотипная стереохимия тРНК представляют серьезные трудности для рекогниции. Справедливости ради стоит, однако, сказать, что тРНК все же несколько отличаются друг от друга – и не только антикодоном: имеют место небольшие нуклеотидные отличия, так что тРНК с разными антикодонами несколько различны и по своей пространственной конфигурации.

Детальному анализу структуры и функции АРСаз посвящены очень основательные обзоры Карла Вёзе<sup>51</sup>; на русском языке о них довольно подробно можно прочесть в

---

<sup>51</sup> Woese CR, Olsen GJ, Ibba M, Soll D, 2000. *Aminoacyl-tRNAsynthetases, the genetic code, and the evolutionary process*. Microbiol. Mol. Biol. Rev., 64: 202–236 (2000).

популярных статей<sup>52 53</sup> замечательного Соросовского Образовательного Журнала. Нас интересуют здесь лишь основные характеристики этих ферментов. Википедия – вполне корректно - трактует АРСазу следующим образом:

*“Аминоацил-тРНК-синтетаза (АРСаза) – фермент, катализирующий образование аминоацил-тРНК в реакции этерификации определенной аминокислоты с соответствующей ей молекулой т РНК. Для каждой аминокислоты существует своя АРСаза. АРСазы обеспечивают соответствие подготавливаемых ими к встраиванию в белок аминокислот и нуклеотидных триплетов антикодона тРНК, таким образом, обеспечивая правильность происходящего в дальнейшем считывания генетической информации с мРНК при синтезе белков на рибосоме.*

*На первом этапе происходит активация аминокислоты АТРазой:*

**аминокислота + АТР → аминоацил-АМР + РР<sub>i</sub> (пирофосфат).**

*На втором этапе активированная аминокислота соединяется с соответствующей тРНК:*

**аминоацил-АМР + тРНК → аминоацил-тРНК + АМР.**

*Суммарное уравнение двух реакций:*

**аминокислота + тРНК + АТР → аминоацил-тРНК + АМР + РР<sub>i</sub>**

*Сначала в активном центре синтетазы связываются соответствующая аминокислота и АТФ. Из трёх фосфатных групп АТФ две отщепляются, образуя молекулу пирофосфата (РР<sub>i</sub>), а на их место становится аминокислота. Образованное соединение (аминоацил-аденилат) состоит из ковалентно связанных высокоэнергетической связью аминокислотного остатка и АТФ. Энергии, содержащейся в этой связи, хватает на все дальнейшие этапы, необходимые для того, чтобы аминокислотный остаток занял своё место в полипептидной цепи (то есть в белке). Аминоацил-аденилаты нестабильны и легко гидролизуются, если диссоциируют из активного центра синтетазы. Когда аминоацил-аденилат сформирован, с активным центром синтетазы связывается 3'-конец тРНК, антикодон которой соответствует активируемой этой синтетазой аминокислоте. Происходит перенос аминокислотного остатка с аминоацил-аденилата на 2'- либо 3'-ОН группу рибозы, входящей в состав последнего на 3'-конце аденилат тРНК. Таким образом синтезируется аминоацил-тРНК, то есть тРНК несущая ковалентно присоединённый аминокислотный остаток. От аминоацил-аденилата при этом остаётся только АМФ. И аминоацил-тРНК, и АМФ освобождаются активным центром.*

*Каждая из двадцати аминоацил-тРНК синтетаз должна всегда прикреплять к тРНК только свою аминокислоту, узнавая только одну из 20-ти протеиногенных аминокислот, и не связывая другие похожие молекулы, содержащихся в цитоплазме клетки. Аминокислоты значительно меньше тРНК по размерам, неизмеримо проще по структуре, поэтому их узнавание является значительно большей проблемой, чем узнавание нужной тРНК. В действительности, ошибки имеют место, но их уровень не превышает одной на 10,000 - 100,000 синтезированных аминоацил-тРНК. Некоторые аминокислоты отличаются друг от друга очень слабо, например, лишь одной метильной группой (I и V, A и G). Для таких случаев во многих аминоацил-тРНК синтетазах эволюционировали механизмы, избирательно расщепляющие ошибочно синтезированные продукты. Процесс их распознавания и гидролиза называют редактированием...*

*Все аминоацил-тРНК синтетазы произошли от двух предковых форм, и объединены на основе структурного сходства в два класса. Эти классы отличаются по доменной организации, структуре главного (амино-ацилирующего) домена, способу связывания и*

---

<sup>52</sup> Фаворова ОО, 1998, *Строение транспортных РНК и их функция на первом (предрибосомном) этапе биосинтеза белков*, Соросовский Образовательный Журнал, №11

<sup>53</sup> Энтелис Н.С., 1998, *Аминоацил-тРНК-синтетазы: два класса ферментов*, Соросовский Образовательный Журнал, №9



аминоацилирования тРНК. Аминоацилирующий домен аминоацил-тРНК синтетаз 1-го класса образован так называемой укладкой Россмана, в основе которой лежит параллельный  $\beta$ -лист. Ферменты 1-го класса являются в большинстве случаев мономерами. 76-й аденозин тРНК они аминоацилируют по 2'-ОН группе. Ферменты 2-го класса имеют в основе структуры аминоацилирующего домена антипараллельный  $\beta$ -лист. Как правило, они являются димерами, то есть имеют четвертичную структуру. За исключением фенилаланил-тРНКсинтетазы все они аминоацилируют 76-й аденозин тРНК по 3'-ОН группе. Каждый класс дополнительно делится на 3 подкласса - a, b и c по структурному сходству...

Глобула аминоацил-тРНКсинтетазы состоит из двух основных доменов - аминоацилирующего, в котором располагается активный центр и происходят реакции, и антикодон-связывающего, узнающего последовательность антикодона тРНК...

Этот довольно пространственный отрывок дает только самое общее впечатление о сложности структуры и функции АРСаз. Помимо основных описанных функций, они выполняют в клетке и другие, называемые неканоническими; мы касаться их не будем.

И все же функция упомянутого выше антикодон-связывающего домена **не является абсолютным условием аминоацилирования тРНК**. Нина Энтелис в связи с этим отмечает, что “для аланиновой АРСазы, например, основным элементом узнавания служит неканоническая пара G-U в аминоакцепторном стебле. При замене этой пары на G-C, A-U и даже на U-G аланиновая тРНК теряет способность аминоацилироваться аланином. Если же в любой другой тРНК заменить третью пару аминоакцепторного стебля на G-U, то эта тРНК приобретает сродство к аланиновой АРСазе и способность присоединять аланин. Таким образом, для распознавания своей тРНК аланиновой АРСазе (и она не исключение) достаточно небольшого участка аминоакцепторного стебля”. У сериновой и лейциновой АРСаз *E.coli* антикодон также не участвует во взаимной рекогниции. Это, в частности, значит, что изменение антикодона в таких случаях – а иногда и в других, когда даже весь антикодон участвует в узнавании своей АРСазой, - не сможет повлиять на исходную специфичность аминокислоты – разве что сделает ее несколько менее эффективной.

Стоит еще раз упомянуть две особенности АРСаз. Во-первых, это очень различные в структурном отношении белковые молекулы, преимущественно классифицированные только по узнаваемому субстрату. Во-вторых, они обладают столь высокой специфичностью, что для ее характеристики даже используется особый термин – *сверхспецифичность*. Это свойство, отмечает Ольга Лаврик, тем более уникально, что “задачу специфичности АРСазы решают дважды: на стадии активации аминокислоты и на стадии взаимодействия с тРНК”. И это при скорости роста полипептидной цепи в 20 аминокислот в секунду (для прокариот; у эукариот эта скорость на порядок меньше).

А теперь – имея в виду все, о чем мы только что рассказали, - отметим следующие два обстоятельства:

- тРНК транскрибируются на геномной матрице, где естественно – как и всякие гены – подвергаются мутациям, которые приводят к точечным и другим изменениям в транскриптах (в том числе - и в антикодонах);

- любая мутация по основаниям антикодона или по другим основаниям тРНК, участвующим в рекогниции АРСазами, которая может привести к изменению соответствия кодон-аминокислота, то есть к изменению кодировки немедленно исключит мутант из процесса декодирования; -

и зададимся такими вопросами: если генетический код столь феноменально консервативен, что оказался способным практически не измениться за три с половиной миллиарда лет (о чем свидетельствует его универсальность), то:

1. как быстро он сформировался?
2. почему он стал именно таким?
3. какие варианты могли ему предшествовать?

Ответ на первый вопрос несложен: *быстро. Очень быстро* – в масштабах времени, прошедших с той поры, как он сформировался. Второй вопрос вызывает встречный: *Каким “таким”*? Ответ на него остается загадкой, ей посвящена оставшаяся часть книги, из которой Читатель, возможно, вынесет представление о неслучайности существующей версии. Третий вопрос возвращает нас к гипотезе Георгия Гамова, с которой фактически началась *эра ДНК*, то есть, молекулярная биология, и с которой мы начнем ответ на упомянутый *встречный* вопрос в следующей главе.

.....

Число *II*, вынесенное в заголовок этой главы, хотя и менее выразительное, нежели число *III*, в определенном контексте также могло бы служить *информационным символом*. В конце концов, параллель между тремя единицами числа *III* и триплетностью генетического кода упирается в определенное ограничение последней, поскольку генетический код триплетен лишь по размеру кодона. Функциональную же нагрузку несут в кодоне, по преимуществу, только две первые буквы, а третья служит простым разграничителем в восьми случаях из двадцати или одним из двух вариантов такого разграничителя – еще в десяти. И только два кодона являются истинно триплетными – *TGG (W)*, и *ATG (M)*. Еще один триплет универсального кода со всеми тремя значащими буквами - *TGA* - является пунктуационным кодоном.

Номер этой главы – единственный в этой книжке – совпадает со своей позицией, помеченной (гораздо менее выразительным) римским числом.

## Глава 496.

### ПОЧЕМУ КОДИРУЕМЫХ АМИНОКИСЛОТ ДВАДЦАТЬ?(XII)

Неискушенному Читателю может показаться, что элементы машины генетического кодирования описаны в предыдущей главе настолько детально, что к концу чтения он стал даже как-то утомляться, чувствуя, что несколько заинтриговавшее его начало книжки оборачивается страницами из учебника для старших классов, способными привести в уныние любого, кто вспомнит родную школу. Искушенному же Читателю, напротив, все рассказанное хорошо известно, и он, грешным делом, подумывает, не написать ли самому учебник посвежее - для тех же старших классов. *Не мысля гордый свет забавить* – другими словами, не имея намерения вогнать в скуку того и другого, Автор хотел бы подчеркнуть, что понимает: дьявол скрывается в деталях. Но их так много в молекулярной биологии, что любая формализация кажется возмутительным упрощением. Однако, часто бывает, что соблазн формализации неодолим, и тут Автор не может отказать себе в удовольствии еще раз процитировать испанского философа Хосе Ортегу-и-Гассета: *«Серый цвет аскетичен. Такова его символика в обыденном языке, на этот символ и намекает Гете: «Теория, мой друг, суха, но зеленеет жизни древо». Самое большое, на что способен цвет, не желающий быть цветом, – стать серым; зато жизнь представляется зеленым деревом – какая экстравагантность!.. Элегантное желание предпочесть серый цвет чудесной и противоречивой цветовой экстравагантности жизни приводит нас к теоретизированию. В теории мы обмениваем реальность на тот ее аспект, каким являются понятия. Вместо того чтобы в ней жить, мы о ней размышляем. Но как знать, не скрывается ли за этим явным аскетизмом и удалением от жизни, каким является чистое мышление, наиболее полная форма жизненности, ее высшая роскошь?»*

- Bravo, Хосе! Именно так я и думаю – даже убежден в этом.

Формализации, теоретизированию, схемам, дизайну генетического кода посвящена основная, хотя и меньшая по объему, оставшаяся часть книги, к которой Автор сейчас переходит. Первая формальная гипотеза структуры генетического кода представляет собой возможный ответ на вопрос, почему **кодируемых аминокислот именно двадцать**.

В 1954 году Гамов первым показал, что *«при сочетании 4 нуклеотидов тройками получаются 64 комбинации, чего вполне достаточно для записи наследственной информации»*. Он был первым, кто предположил кодирование аминокислот триплетами нуклеотидов и выразил надежду, что *«кто-нибудь из более молодых учёных доживёт до его [генетического кода] расшифровки»*. В 1968 году американцы Роберт Холли, Хаар Корана и Маршалл Ниренберг получили Нобелевскую премию за расшифровку генетического кода. Премия была присуждена уже после смерти Георгия Гамова в том же году четырьмя месяцами ранее.

Числа 64 (теоретическая емкость кода) и 20 (фактическая кодирующая емкость, то есть количество кодируемых аминокислот) составляют соотношение правил комбинаторики для размещений и сочетаний с повторами: число  $A$  размещений (упорядоченных наборов) с повторами из  $r$  ( $r = 3$ ; размер кодона) элементов множества  $M$ , содержащего  $k$  ( $k = 4$ ; число оснований) элементов, равно

$$A^k_r = k^r = A^4_3 = 64,$$

а число  $C$  сочетаний с повторами из  $k$  элементов по  $r$ , т.е. любое подмножество из 3 элементов множества, содержащего 4 элемента, равно:

$$C^k_{r=3} = [(k+r-1)!] : [r!(k-1)!] = C^4_3 = 20.$$

Это немедленно подводит к мысли о том, что эволюция генетического кода могла начаться с этапа “наборного” кодирования, когда продукт кодировался не последовательностью оснований триплета, а их набором, то есть две такие группы кодонов, как например,  $CAA, ACA, AAC$  или  $TGC, TCG, GCT, GTC, CTG, CGT$  были функционально

равнозначны (внутри группы) и направляли синтез одной и той же аминокислоты каждый. Подобные соображения приходят в голову при чтении работ Ишигами и Нагано (1975) - с их идеей о том, что каждая первичная аминокислота могла соответствовать широкому набору кодонов, а также Фолсома (1977) и Трейнора (1984) - с их идеей пермутации оснований в рамках триплета. Очевидно, что меньшее число кодонов не обеспечивало необходимого разнообразия продуктов, а большее было избыточно и, по крайней мере, не соответствовало числу известных сегодня аминокислот. В свое время мы также внесли (очень) скромную лепту в эти идеи, отметив, что число сочетаний из 4 по 3 с повторами иллюстрируется числом квантовых состояний Бозе-газа из трех частиц с четырьмя вероятными собственными квантовыми состояниями<sup>54</sup>.

Позднее Гамов предложил схему реализации генетического кода, которая предусматривала сборку полипептида непосредственно на молекуле ДНК. По этой модели, каждая аминокислота помещается в ромбической выемке между четырьмя нуклеотидами, по два от каждой из комплементарных цепей. Хотя такой ромб состоит из четырёх нуклеотидов и, следовательно, число сочетаний равно 256, из-за ограничений, связанных с водородными связями нуклеотидных остатков, возможны оказываются как раз 20 вариантов таких ромбов. Эта схема, получившая название *бубнового кода*, предполагает корреляцию между последовательными аминокислотными остатками, так как два нуклеотида всегда входят в два соседних ромба (перекрывающийся код). Дальнейшие исследования показали, однако, что эта модель Гамова также не согласуется с опытными данными.

Если бы емкость генетического кода использовалась без остатка, то есть каждому триплету соответствовала бы только одна аминокислота, его защищенность была бы весьма сомнительна: любая нуклеотидная мутация могла оказаться катастрофической. В случае же действующей версии треть случайных точечных мутаций приходится на последние буквы кодонов, половина которых (кодона октета I) к мутациям не чувствительна вовсе: третья буква кодона может быть любой из четырех – T, C, A или G. Устойчивость к точечным мутациям кодонов октета II в значительной степени определяется двумя факторами – (1) возможностью произвольной замены третьего основания (правда, уже при выборе только из двух – либо пуринов, либо пиримидинов), не меняющей кодируемой аминокислоты вовсе, и (2) возможностью замены пуринов на пиримидины и наоборот, которая сохраняет близкую гидрофильность/гидрофобность продуктов, хотя и не сохраняет их массы. Таким образом, Природа использует чрезвычайно удачный “люфт”, называемый *вырожденностью* кода, когда кодируемому знаку соответствует более, чем один кодирующий.

Эволюция последовательно уточняла функции каждого из трех оснований кодона, что, в конечном счете, привело строгой триплетности только двух кодонов: ATG - для M (метионина) и TTG - для W (триптофана). По способности триплета кодировать только *одну* аминокислоту отнесем эти два к группе вырожденности I. Когда продукт кодируется фиксированным дублетом оснований, а третья может быть любым из *четырёх* возможных и фактически служит разделителем между функциональными дублетами, говорят об аминокислотах группы вырожденности IV; таких аминокислот восемь: аланин, A, аргинин, R, валин, V, глицин, G, лейцин, L, пролин, P, серин, S, треонин, T. Обобщенный кодон для каждой аминокислоты этой группы, например, лейцина, записывается так: CTN (N – произвольное основание).

Двенадцать кодируемых продуктов относятся к группе вырожденности II; в этой группе третья основание – одно из *двух* (а не из *четырёх*, как в предыдущем случае): это пурин (R), то есть, либо аденин, A, либо гуанин, G, - или пиримидин (Y), то есть, либо цитозин, C, либо тимидин, T. К этой группе относятся три аминокислоты, знакомые нам по

---

<sup>54</sup> M. Altaisky, F. Filatov, 2001. Genetic Information and Quantum Gas. arXiv: quant-ph/0106123

четвертой группе вырожденности, - аргинин, лейцин и серин, но кодируемые здесь другими дублетами, две пары – аспарагин/аспарагиновая кислота (**N/D**), и глутамин/глутаминовая кислота (**Q/E**), а также гистидин, **H**, лизин, **K**, и тирозин, **Y**. Универсальный генетический код относит к этой группе также цистеин, **C**, с его двумя кодирующими триплетами – *TGC* и *TGT*, то есть, с третьим пиримидином, а также три стоп-кодона, *TAG*, *TAA* и *TGA*, которые работают только как пунктуационные знаки, фиксирующие окончание гена, но не кодирующие никакой аминокислоты. Обобщенный кодон для аминокислот этой группы, например, аспарагина, записывается так: *AA<sub>Y</sub>*, а аспарагиновой кислоты - *GAR*.

Наконец, группа вырожденности **III** содержит изолейцин, кодируемый *тримя* триплетами *ATA*, *ATC* и *ATT*. Основания *A*, *C* и *T*, третьи в кодонах для **I**, имеют общий символ *H*, поэтому обобщенный изолейциновый кодон записывается так: *ATH*. Все эти особенности кода хорошо иллюстрирует приведенная выше его таблица.

Любопытно, что молекулярная масса кодируемой аминокислоты находится в обратной зависимости от номера группы вырожденности, к которой она относится. Это первое, отмечаемое здесь, свидетельство очевидной причастности молекулярной массы компонентов генетического кода к его рациональной организации.

<b>G</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>V</b>	<b>T</b>	<b>L</b>	<b>R</b>	<b>C</b>	<b>I</b>	<b>S</b>	<b>L</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>Q</b>	<b>K</b>	<b>E</b>	<b>H</b>	<b>F</b>	<b>R</b>	<b>Y</b>	<b>M</b>	<b>W</b>
<b>IV</b>								<b>III</b>		<b>II</b>										<b>I</b>		
<b>1</b>								<b>2</b>														

В приведенной табличке упорядоченность по нарастанию молекулярной массы относится к аминокислотам в составе упорядоченных по номерам групп вырожденности (римские цифры), сгруппированным в два октета (арабские цифры). При этом позиция цистеина **C** скорректирована, о чем речь будет идти в следующей главе; там же мы расскажем и об октетах.

Возвращаясь к выбору именно *двадцати* аминокислот для кодирования, стоит отметить еще одно интересное обстоятельство: этот выбор мог определяться также квантовой теорией информации, которая предлагает оптимальный алгоритм (алгоритм Гровера) упаковки и чтения информационного содержания ДНК (Апурва Патель, 2001). Такой алгоритм определяет число объектов *N*, различаемое числом ответов *да/нет* на вопросы *Q*, следующим образом:

$$(2Q + 1) \sin^{-1} (1 / \sqrt{N}) = \pi / 2.$$

Решения этого уравнения для малых значений *Q* весьма характерны:

$$Q = 1 \ln N = 4.0$$

$$Q = 2 \ln N = 10.5$$

$$Q = 3 \ln N = 20.2.$$

Теоретически эти значения не обязательно должны быть целыми числами. Любопытно, что в первом приближении они соответствуют последовательности тетраэдрических чисел, а также эволюции функционального размера кодона от синглетного к триплетному. Другими словами, тетраэдр также можно построить из десяти и из четырех мономеров; эти числа и отмечены в решениях приведенного уравнения. Позднее мы покажем, что комбинация размерных параметров аминокислот и нуклеотидов, базирующаяся на предложенных нами правилах, приводит к пространственному равновесию тетраэдра из двадцати мономеров, соответствующих этим аминокислотам. Здесь же стоит, пожалуй, вспомнить актуальные до сих пор слова Вёзе (1973): “Представляется почти жестокой шуткой, что Природа выбрала такое число [кодируемых] аминокислот, какое легко получается в результате множества математических операций”. Но, так или иначе, двадцати альфа-аминокислот (из сотен, встречающихся в природе) оказалось довольно для обеспечения необходимого разнообразия белков.

.....

Число **496**, которым обозначена эта глава, интересно тем, что оно относится к классу так называемых *совершенных чисел*, и это единственное *трехзначное* совершенное число. Совершенным называют натуральное число, равное сумме всех своих собственных делителей (т. е. всех положительных делителей, отличных от самого числа). Сумма всех делителей числа **496**, то есть,  $1+2+4+8+16+31+62+124+248$ , равна ему самому. Мы вспомнили о совершенных числах и отмечаем уникальность именно этого числа, потому что оно, во-первых, трехзначно – как трехзначны кодирующие элементы, о которых мы говорим, а во-вторых, как и все предыдущие упомянутые здесь числа, оно – случайно или нет – характеризует один из формальных параметров генетического кода, о которых мы будем говорить дальше. Терпение читателя неограничено, и Автор вспоминает в связи с этим выдержку из письма одного из читателей известному популяризатору математики Мартину Гарднеру: *Перестаньте отыскивать интересные числа! Оставьте для интереса хотя бы одно неинтересное число!* Но соблазн велик, и трудно удержаться.

# ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

## АРИФМЕТИКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ

### Глава А.

#### АНАЛОГОВЫЕ ТАБЛИЦЫ ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА (XIII)

Первым, кто попытался упорядочить таблицу генетического кода и построить ее на рациональной основе, был наш выдающийся ученый Юрий Борисович Румер. Он был физиком, учеником Макса Борна, хорошо знал Альберта Эйнштейна, Пауля Эренфеста, Эрвина Шредингера, был другом Льва Ландау. Читал лекции в Московском университете, работал в ФИАНе. Само собой, очередная российская власть (большую часть XX века - советская) привычно обошлась с крупным ученым, сунув его в 1938 г. в лагерь, а потом в авиационную шарашку, где он работал с Туполевым, Королевым, Мясичевым, Петляковым, Глушко, Бартини, Карлом Сциллардом, братом упоминавшегося выше Лео; каждый незауряден. Ольга и Сергей Бузиновские<sup>55</sup> показывают целую вереницу выдающихся людей, которая незримо тянется за именем Румера – от Понтекорво до Ферми и Александра Грина, от Флерова до Сент-Экзюпери и Алексея Толстого, от Бартини до Ильфа и Петрова...

...В 1953 г. Румер был реабилитирован, потом работал в Академгородке под Новосибирском. Как только Ниренберг с соавторами опубликовали в 1965 г. полный словарь генетического кода, Румер немедленно погрузился в эту тематику. В том же году он писал: *“Рассмотрение группы кодонов, относящихся к одной и той же аминокислоте, показывает, что в каждом кодоне (XYZ) целесообразно отделить двухбуквенный корень /XY/ от окончания /Z/. Тогда каждой аминокислоте, в общем случае, будет соответствовать один определенный корень, а вырожденность кода является следствием изменения окончания”*. Шестнадцать возможных корней он разбил на два октета (с заменой тимина *T* на урацил *U* для РНК):

СИЛЬНЫЕ КОРНИ							
<i>GG</i>	<i>GC</i>	<i>AC</i>	<i>CC</i>	<i>UC</i>	<i>CG</i>	<i>GC</i>	<i>CC</i>
<i>UU</i>	<i>UG</i>	<i>CA</i>	<i>AG</i>	<i>GA</i>	<i>AU</i>	<i>UA</i>	<i>AA</i>
СЛАБЫЕ КОРНИ							

Идея о разбиении корней кодонов на два октета - “сильные” и “слабые” была совершенно новой и неожиданной для специалистов, работавших в этой области. Оказалось, что анализ многих свойств аминокислот четко подтверждает разбиение всех аминокислот на две группы, соответствующие разбиению корней на два октета. Исследованию разнообразных следствий этой идеи были посвящены несколько работ Румера. В частности, подход Румера к проблеме с однозначностью приводил к следующему порядку букв:

- C* – очень сильная
- G* – сильная

<sup>55</sup> Бузиновские Ольга и Сергей, *Тайна Воланда*:

[http://lib.aldebaran.ru/author/buzinovskie\\_olga\\_i\\_sergei/buzinovskie\\_olga\\_i\\_sergei\\_taina\\_volanda](http://lib.aldebaran.ru/author/buzinovskie_olga_i_sergei/buzinovskie_olga_i_sergei_taina_volanda)

U – слабая

A – очень слабая

Этот порядок букв (CGUA) дает возможность сформулировать простые правила, определяющие “силу” корня:

1. сила корня, содержащего в качестве второй буквы C или A, определяется силой второй буквы;
2. сила корня, содержащего в качестве второй буквы G или U, определяется силой первой буквы.

Крик предпочитал другой порядок букв в генетическом алфавите. В письме Румеру он доказывал преимущества порядка UCAG (этот порядок и сейчас используется во всех учебниках), но алфавит Румера позволял, в частности, видеть поразительные симметрии внутри генетического кода. Не вдаваясь в описание румеровской аргументации, мы предлагаем здесь свой порядок: CUAG, основанный не на качественном понятии “сила кодирующего основания”, но на простом упорядочивании по нарастанию весьма простого же параметра - молекулярной массы азотистых оснований - и показываем группу наглядных симметрий, что – как и сам принцип такого упорядочивания - представляется нам даже более интересным. Но об этом позже. Что же до Юрия Борисовича Румера, то это фигура чрезвычайно интересная; о нём очень много можно прочесть в Интернете:

...Чутьё у Румера было поразительным. То, что увлекало его в молекулярной биологии [много] лет назад, сейчас является передним краем исследований. В последние годы наблюдается явный рост числа публикаций, в которых проблемы генетического кода анализируются с привлечением симметрий и методов теории групп. Предлагаются разные подходы, основанные на разных типах групп, включая квантовые. В основном этим занимаются физики, не слышавшие о работах Юрия Борисовича. Когда они знакомятся-таки с работами Румера, то поражаются их изяществу, глубине и тому, что идеи симметрии уже [много] лет назад играли центральную роль при подходе к проблемам генетического кода...

Любопытно, в частности, что Юрий Борисович инициировал исследования и по поиску корреляций между одномерной и трехмерной структурами белков. Их не удалось довести до конца по причине существенной неполноты экспериментальных данных, отсутствия хороших компьютеров, а в основном, по-видимому, из-за недостатка энтузиазма... у молодых участников проекта. И снова современное: Не люблю я точные науки, Точно сам не знаю, почему...

Он объединил кодоны, третья буква которых может быть любой из четырех, в один набор, а кодоны, не удовлетворяющие этому условию – в другой. Оба набора содержали равное число триплетов – по 32 каждый. При этом число кодирующих дублетов в обоих наборах составляло по восемь в каждом, поэтому наборы были названы октетами. Оба октета оказались связанными между собой простым преобразованием:  $T \leftrightarrow G$ ,  $C \leftrightarrow A$  (ДНК-вариант):

1

G	A	S	P	V	T	L	R
GG	GC	TC	CC	GT	AC	CT	CG
⇕	⇕	⇕	⇕	⇕	⇕	⇕	⇕
TT	TA	GA	AA	TG	CA	AG	AT
F	Y	D	N	C	H	S	I
L	O	E	K	W	Q	R	M

2

Этот рисунок иллюстрирует румеровское преобразование, переводящее дублеты одного октета в другой. Третье основание кодона неявно присутствует здесь в составе октета II, продукты которого организованы в две строки: верхнюю кодируют триплеты с третьим пиримидином, нижнюю – с третьим пурином.



Идеи Юрия Румера были продолжены и развиты работами Владимира Щербака. Два румеровских октета Щербак преобразовал таким образом, чтобы выделить в них группы вырожденности, пронумеровав их справа налево, а продукты кодирования (аминокислоты) он упорядочил в каждой группе по нарастанию молекулярной массы слева направо; триплеты, соответствующие продуктам кодирования, он записал по вертикали сверху вниз. Тогда первые, вторые и третьи основания кодонов образовывали три строки в каждом кодоне. Вот что у него получилось (цифры под третьими основаниями - характеристики кодируемого продукта):

1	1							
2	IV							
3	G	A	S	P	V	T	L	R
4	G	G	T	C	G	A	C	C
5	G	C	C	C	T	C	T	G
6	N	N	N	N	N	N	N	N
7	48	67	73	90	105	93	124	148
8	3.4	11.5	9.5	17.4	21.6	15.8	21.4	14.3
9	0.00	0.00	1.67	1.58	0.13	1.66	0.13	52.0
10	5.97	6.00	5.68	6.30	5.96	6.16	5.98	10.76
11	-0.4	1.8	-0.8	-1.6	4.2	-0.7	3.8	-4.5
12	1.0	1.6	0.6	-0.2	2.6	1.2	2.8	-12.3
13	85	113	122	143	160	146	180	241
14	0.72	0.74	0.66	0.64	0.86	0.70	0.85	0.64
15	7.9	7.0	7.5	6.6	5.6	6.6	4.9	9.1
16	6.77	7.80	6.46	4.26	7.01	5.12	10.15	5.23
17	2	2	2	2	1	2	1	1
18							CTG	S
								-

1	2															
2	III			II											I	
3	C	I	0	S	L	N	D	Q	K	E	H	F	R	Y	M	W
4	T	A	T	A	T	A	G	C	A	G	C	T	A	T	A	T
5	G	T	A	G	T	A	A	A	A	A	A	T	G	A	T	G
6	H	H	R	Y	R	Y	Y	R	R	R	Y	Y	R	Y	G	G
7	86	124		73	124	96	91	114	135	109	118	135	148	141	124	163
8	13.5	21.4		9.5	21.4	20.3	11.7	14.5	15.7	13.6	13.7	19.8	14.3	18.0	16.3	21.7
9	1.48	0.13		1.67	0.13	3.38	49.7	3.53	49.5	49.9	51.6	0.35	52.0	1.61	1.43	2.10
10	5.07	6.02		5.68	5.98	5.41	2.77	5.65	9.74	3.22	7.59	5.48	10.76	5.66	5.74	5.89
11	2.5	4.5		-0.8	3.8	-3.5	-3.5	-3.5	-3.9	-3.5	-3.2	2.8	-4.5	-1.3	1.9	-0.9
12	2.0	3.1		0.6	2.8	-4.8	-9.2	-4.1	-8.8	-8.2	-3.0	3.7	-12.3	-0.7	3.4	1.9
13	140	182		122	180	158	151	189	211	183	194	218	241	229	204	259
14	0.91	0.88		0.66	0.85	0.63	0.62	0.62	0.52	0.62	0.78	0.88	0.64	0.76	0.85	0.85
15	4.8	4.9		7.5	4.9	10.0	13	8.6	10.1	12.5	8.4	5.0	9.1	5.4	5.3	5.2
16	1.10	6.95		6.46	10.15	4.37	5.19	3.45	6.32	6.72	2.03	4.39	5.23	3.30	2.28	
17	1	1		2	1	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1
18			-- Q Y	AGY R 0				CAN L, T	AAA N		CAN L, T		AGA -- S, G 0		ATA -- M	TGA W

1. номер октета
2. номер группы вырожденности
3. продукт кодирования (аминокислота или терминирующий сигнал 0)
4. 1-е основание кодона
5. 2-е основание кодона
6. 3-е основание кодона
7. **Bulkiness** (мера формы или объема или "громоздкости" боковой цепи)
8. **Объем** (рассчитанный по Ван-дер-Ваальсовым радиусам)
9. **Полярность** (сила электрического поля вокруг молекулы)
10. **Изoeлектрическая точка**
11. **Гидрофобность 1**; гидрофильные аминокислоты – выделены темносерым и отрицательными значениями

12. **Гидрофобность 2** (другие данные)
13. **Поверхность, доступная для воды** в развернутом пептиде
14. Доступная воде **поверхность, теряемая при свертывании** пептида
15. **Polar requirement, PR** (эмпирические данные по хроматографии водных растворов). Темный >7.5; светлый <5.6
16. **Частота встречаемости** аминокислот в белках современных организмов
17. **arg-класс**
18. **неканоническое кодирование** (-- нет продукта)

В двух прямоугольных блоках – два румеровских октета (строка 1), упорядоченные по нарастанию номера, каждый из которых разделен на группы вырожденности, помеченные соответствующими римскими цифрами (строка 2) и упорядоченные по убыванию номера. Строка 3 – продукты кодирования, упорядоченные по нарастанию масс в “своих” группах вырожденности (что – как и в первых двух случаях – подчеркивается градиентом насыщенности серого цвета). Символы оснований кодирующих триплетов расположены вертикально – сверху вниз, от 5' до 3' - для удобства сравнения кодонов по первым, вторым и третьим буквам соответственно. Четное содержание продуктов кодирования в октетах позволяет провести посередине вертикаль, которая оказывается осью симметрии по отмеченным ниже характеристикам. **R** - пурины (A, G), **Y** - пиримидины (C, T), **N** – любое из четырех азотистых оснований. 0 – стоп-кодон. Строки 7-15 – физико-химические свойства аминокислот.

Эта несложная организация приводит к поразительно красивой общей картине: в октете **1** первые основания триплетов (первая строка) оказываются взаимно комплементарными относительно упомянутой вертикали; вторые основания - зеркально симметричны по пуринам и пиримидинам. Симметрия третьих оснований – это симметрия их монотонного ряда. Симметрии подчеркиваются оттенками серого (интенсивность которого нарастает с увеличением молекулярной массы продукта кодирования в составе группы вырожденности).

Симметрия кодирующих триплетов и продуктов кодирования, относящихся к октету **2**, в этой таблице немного сложнее, но также вполне наглядна. Она требует двух предварительных пояснений. Первое – это позиция цистеина, **C**. Универсальный код предписывает дублету **TG** кодирование цистеина, если третьим основанием кодона является пиримидин **Y**, а кодирование триптофана, если третья буква кодона – **G**. Аденин в третьей позиции образует *пунктуационный знак* – стоп-кодон **TGA**. То обстоятельство, что при этом нарушается симметрия, ставит определенную проблему, которую Владимир Щербак разрешил, обнаружив, что обозначенная в таблице позиция цистеина принципиально не противоречит Природе, поскольку существуют одноклеточные микроорганизмы (*Euplotida*, реснитчатые, инфузории), генетический код которых отличается от универсального как раз по кодированию цистеина: триплет **TGA** у них транслируется как **C** и не имеет функции “*stop*”. Второе пояснение относится именно к функции “*stop*”, которая рассматривается в таблице как “законный” продукт кодирования, не имеющий массы.

Итак, упорядочивание продуктов кодирования октета **2** по нарастанию молекулярной массы так же, как и в случае октета **1**, приводит к симметриям первых, вторых и третьих оснований соответствующих кодонов. При этом основной особенностью этого представления является *зеркальная симметрия* пар кодирующих дублетов пяти краевых позиций и *симметрия со сдвигом* трех пар внутренних, кодирующих триплетов. Так же, как и в октете **1**, осью этой симметрии является вертикаль, которая делит строки точно посередине. Симметрию третьих оснований нечетных групп вырожденности (**H/G**) Владимир Щербак рассматривал в данном случае как вариант симметрии **Y/R**.

Как мы упоминали, симметрия описанного представления генетического кода имеет место не только по молекулярной массе аминокислот, но и по другим их параметрам (строки 11-15). Замена в третьей позиции пары симметричных кодонов пурина пиримидином - и наоборот – в определенной мере сохраняет, например, гидрофобность кодируемых продуктов, хотя размер аминокислоты при этом, конечно, основательно

меняется. Однако, ни гидрофобность, ни еще одна характеристика – PR (строка 15) - которую Карл Вёзе и его группа описали, как основу регулярности генетического кода и соответствия кодонов и продуктов кодирования, не могут сравниться по строгости симметрий с молекулярной массой аминокислот, что хорошо демонстрирует приведенная таблица Владимира Щербака. Неканонические ключи кодирования (строка 17) тоже выглядят в этих таблицах довольно беспорядочными и случайными отклонениями.

За весь этот рисунок *кооперативной симметрии генетического кода*, на основе молекулярных масс его компонентов, за ее красоту и гармонию, не имеющую к тому же сколько-нибудь внятного физического, химического или молекулярно-биологического обоснования, мой друг назвал описанную таблицу *каллиграммой (красивой записью)*. Термин этот принадлежит Гийому Апполинеру, который – в экспериментальном порядке – попытался организовать некоторые свои тексты так, чтобы продемонстрировать их симметрию. Их он и называл *calligrammes*.

В следующей главе мы покажем, что симметрии каллиграммы Щербака имеют неожиданный количественный характер, то есть, по-видимому, даже более сущностны, нежели только что описано. Стоит, однако, отметить, что известные небольшие отклонения от универсального генетического кода могут серьезно нарушать симметрии каллиграммы. Например, генетический код митохондрий позвоночных, который, по одним представлениям, был предшественником универсального, а по другим - сам происходил из него, отличается тем, что у него отсутствуют нечетные группы вырожденности, так что две четные прямо соответствуют двум октетам Румера. При этом дублет *TG* кодирует цистеин, если в третьей позиции триплета стоит пиримидин, и триптофан, если в третьей позиции - пурин. То же относится и к дублету *AT*: *ATY=I*, *ATR=M*. И еще одно отличие от универсального: триплет *AGR* кодирует не аргинин, а сигналы терминации (0). Это означает, что описанная каллиграмма Щербака, сама по себе, как будто, не является обязательным условием организации генетического кодирования (земных?) организмов. Вместе с тем, Андрей Хренников и Сергей Козырев<sup>56</sup>, используя так называемые *p*-адические числа, показали наличие значительной регулярности и в этой версии генетического кода. Автор не берется комментировать их работу, поскольку ровно ничего не понимает в *p*-адических числах и в *d*-адических плоскостях. Однако, она каким-то образом связывает регулярную организацию (в том числе и симметрии) генетического кода с его защищенностью. В своих рассуждениях Хренников и Козырев отталкивались от представления кодирующих триплетов, предложенного Роз-Мари Свансон<sup>57</sup> и позднее уточненного Драганом Босняцким<sup>58</sup> с соавторами на основе подхода, используемого для решения хорошо известной Проблемы Путешествующего Продавца (ППП). В этом представлении последовательность кодирующих триплетов образует цикл, известный как “код Грея”:

---

<sup>56</sup> Khrennikov AYu, Kozyrev SV: *Genetic Code on Diadic Plane*. arXiv:q-bio, 2: QM/0701007 (2007).

<sup>57</sup> Swanson R: *A Unified Concept for the Amino Acid Code*. Bull Math Biol, 46: 187- 203 (1984).

<sup>58</sup> Bosnacky D, Ten Eikelder H, Hibers P: *Genetic Code as a Gray Code Revisited*. Proceeding of the 2003 International Conference on Mathematics and Engineering Techniques in Medicine and Biological Sciences, METMBS'03, June 23-26, Las Vegas, NA; 447-456 (2003).



центральный нуклеотид, постольку на начальных этапах эволюции кодирования направление считывания кодона, по-видимому, не имело большого значения. А общий паттерн генетического кода потребовал симметрий как условия помехоустойчивости хранения, передачи и приема информации, и соответствующие функции были делегированы краевым основаниям триплета. После установления вектора считывания кодона эти функции были, по преимуществу, отданы первым буквам, в то время, как половина третьих стала просто межкодонными разделителями, а вторая половина – дискриминаторами для продуктов с общим кодирующим дублетом. И в этом случае (то есть в случае вторых кодонных оснований) порядок *СТАG* выявляет билатеральную симметрию:

1	C	T	A	G	C	T	A	G	C	T	A	G	C	T	A	G	
2	C ≡				T =				= A				≡ G				
3	N				YR	HG	N	YR	YR	YR	YR	N	HG	YR	N		
aa	P	S	T	A	L	FL	IM	V	HQ	Y-	NK	DE	R	CW	SR	G	
puclt						start				stop							

То обстоятельство, что позиции гидрофильных и гидрофобных аминокислот выходят за пределы “своей” центральной буквы в обе стороны от оси симметрии (между T и A в этой таблице, еще раз подчеркивает значение порядка *СТАG* в организации генетического кода. Так же симметрично в *Таблице 4* размещаются и некоторые другие продукты кодирования - например, пунктуационные знаки.

Вернемся, однако, к молекулярной массе как таковой. Автор использовал этот параметр не только для характеристики кодируемых продуктов, но также для характеристики кодирующих оснований. Упорядочивание азотистых оснований по нарастанию массы приводит к ряду  $C < T < A < G$  (или  $C < U < A < G$ , что в данном случае дела не меняет). Основания ряда симметричны относительно середины, которая делит его на две пары зеркально расположенных оснований *CG* и *TA* (о чем мы уже говорили). Этот ряд не совпадает с рядами Крика и Румера, положенными в основу соответствующих таблиц кода, но Автор находит его намного более интересным и рациональным. Он мгновенно преобразует хорошо известную стандартную таблицу универсального генетического кода (*Глава G@C*), кочующую из учебника в учебник, в симметричную по группам вырожденности относительно оси, разделяющей первые кодирующие пиримидины и пурины (см. следующую страницу).

В новой таблице хорошо разделяются кодоны октетов 1 и 2; последние образуют светлую фигуру “креста”, в которой, в свою очередь, хорошо заметно симметричное – относительно центра фигуры - расположение нечетных групп вырожденности и триплетов, дополняющих в октете 2 кодирование аминокислот **S**, **L** и **R**, имеющих свои кодоны в октете 1.

		THE SECOND NUCLEOTIDE					
THE FIRST NUCLEOTIDE		C	U	A	G	THE THIRD NUCLEOTIDE	
C	C	CCU Pro	CUU	CAU His	CGU ArgR	C	
		<b>P</b>	Leu <b>L</b>	<b>H</b>	CGC	U	
		CCC	CUC Leu	CAC	CGA	A	
		CCA	CUA Leu	CAA	CGG	G	
	U	CCG	CUG Leu	Gln <b>Q</b>			
				CAG			
		UCU	UUU	UAU Tyr	UGU Cys <b>C</b>	C	
		Ser <b>S</b>	Phe <b>F</b>	<b>Y</b>	UGC	U	
	A	UCC	UUC Phe	UAC	<b>UGA trm</b>	A	
		UCA	<b>UUA</b>	<b>UAA trm</b>	<b>0</b>	G	
		UCG	Leu <b>L</b>	<b>0</b>	<b>UGG TrpW</b>		
			UUG Leu	<b>UAG</b>			
G	ACU	AUU Ile	AAU	AGU Ser <b>S</b>	C		
	Thr <b>T</b>	<b>I</b>	Asn <b>N</b>	AGC	U		
	ACC	AUC Ile	AAC	AGA Arg <b>R</b>	A		
	ACA	AUA Ile	AAA Lys	AGG	G		
G	ACG	AUG Met	<b>K</b>				
		<b>M</b>	AAG				
	GCU	GUU Val	GAU Asp	GGU Gly <b>G</b>	C		
	Ala <b>A</b>	<b>V</b>	<b>D</b>	GGC	U		
G	GCC	GUC Val	GAC	GGA	A		
	GCA	GUA Val	GAA	GGG	G		
	GCG	GUG Val	Glu <b>E</b>				
			GAG				

Упорядочивание кодируемых аминокислот по массе неожиданно выявляет еще одну группу симметрий, которые связаны с классом аминоацил-тРНК-синтетаз (АРСаз), присоединяющих аминокислоту к тРНК. АРСазы делятся на два класса на основе структурного сходства и способу аминоацилирования тРНК. АРСазы 1-го класса (АРСазы-1) в большинстве случаев мономеры. 76-й аденозин тРНК они аминоацилируют по 2'-ОН группе. АРСазы-2 – это, как правило, димеры. За исключением фенилаланил-тРНКсинтетазы все они аминоацилируют 76-й аденозин тРНК по 3'-ОН группе. Оба класса АРСаз содержат равное число ферментов - по десять в каждом. Кроме того, АРСазы-1 узнают “свою” тРНК со стороны так называемого “малого желобка” акцепторной миниспирали, а АРСазы-2 – со стороны “большого”.

Разделим по аналогии с АРСазами-1 и -2 - соответствующие им аминокислоты также на два класса арс-1 и арс-2. При этом возникает внятная билатеральная симметрия двадцатки аминокислот: ровно половина из них (мы здесь не вдаемся в детали), синтезируется с помощью аминоацил-тРНК-синтетаз (АРСаз) I класса:

<b>V</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>I</b>	<b>Q</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>Y</b>	<b>W</b>	apc1Y
<b>G</b>	<b>T</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>C*</b>	<b>G</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>T</b>	<b>T*</b>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Другая половина синтезируется с помощью АРСаз II класса (нижние строки – порядковые номера аминокислот при раздельной – по классам [1-10 и 1-10] и при сплошной [1-20] их нумерации):

<b>G</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>T</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>K</b>	<b>H</b>	<b>F</b>	
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	--

$G^*$	<b>G</b>	<b>T</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	$A^*$	<b>G</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>T</b>	арс2 <b>R</b>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	

В обоих представленных рядах аминокислоты упорядочены по нарастанию молекулярной массы. Любопытно, что в каждый арс-класс попадает по три неполярные алифатические аминокислоты (**VLI** и **GAP**), по три полярные незаряженные (**CQM** и **STN**), по одной негативно и позитивно заряженных (**E-R+** и **D-K+**) и по две ароматические (**YW** и **HF**) аминокислоты. В каждой из строк первых букв кодирующих эти аминокислоты триплетов легко различаются две четверки **GTCA** и **GATC**, разделенные в одном случае пиримидинами  $C^*$  и  $T^*$ , в другом – пуринами  $G^*$  и  $A^*$ . Поэтому арс-1 мы условно называем *пиримидиновыми* аминокислотами арс-**Y**, а арс-2 – *пуриновыми*, арс-**R**. Как это может соотноситься с молекулярной биологией процессов, связанных с трансляцией, мы увидим далее.

Описанные симметрии рядов арс-**Y** и арс-**R** сохраняются и в двумерном (2D) представлении. Это представление, образно (то есть, не математически) названное Автором базовой *матрицей генетического кода*, формируется абсциссой, вдоль которой размещаются аминокислоты, упорядоченные по нарастанию молекулярных масс, и ординатой, вдоль которой размещаются первые кодирующие основания, соответствующие этим аминокислотам.

	1	2	3	4	5
<b>C</b>	<b>P</b>	<b>L</b>	<b>Q</b>	<b>H</b>	<b>R</b>
<b>T</b>	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>F</b>	<b>Y</b>	<b>W</b>
<b>A</b>	<b>T</b>	<b>I</b>	<b>N</b>	<b>K</b>	<b>M</b>
<b>G</b>	<b>G</b>	<b>A</b>	<b>V</b>	<b>D</b>	<b>E</b>

@	S	0	L	0	R
---	---	---	---	---	---

Базовая (без нижней дополнительной строки) матрица является прямоугольником 4x5, содержащим двадцатку канонических аминокислот. В отличие от каллигаммы, матрица не требует специального допущения для кодирования цистеина и, таким образом, полностью соответствует универсальному генетическому коду. Центральные колонки матрицы отчетливо структурированы по гидрофильности аминокислот (в таблице ниже – светлые ячейки заняты гидрофобными аминокислотами, темные – гидрофильными):

	1	2	3	4	5
<b>C</b>		<b>L</b>	<b>Q</b>	<b>H</b>	
<b>T</b>		<b>C</b>	<b>F</b>	<b>Y</b>	
<b>A</b>		<b>I</b>	<b>N</b>	<b>K</b>	
<b>G</b>		<b>A</b>	<b>V</b>	<b>D</b>	

Матрица структурирована также по позициям обозначенных выше четверок аминокислот обоих арс-классов, демонстрируя их строгую сдвиговую симметрию:

	1	2	3	4	5
<b>C</b>	<b>P</b>	<b>L</b>	<b>Q*</b>	<b>H</b>	<b>R</b>
<b>T</b>	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>F</b>	<b>Y</b>	<b>W*</b>
<b>A</b>	<b>T</b>	<b>I</b>	<b>N*</b>	<b>K</b>	<b>M</b>
<b>G</b>	<b>G*</b>	<b>A</b>	<b>V</b>	<b>D</b>	<b>E</b>

Отчетливо заметна и симметрия продуктов, *маркирующих* деление арс-классов аминокислот на “пуриновые” и “пиримидиновые”, - относительно центральной колонки матрицы:

	1	2	3	4	5
AC			NQ		
GT	G				W

Поскольку в каждой строке матрицы не более двух или трех аминокислот одного класса с хорошо различимой массой, то при способности APCаз узнавать хотя бы первое основание кодона (третье – антикодона) и отличать его от фиксированного по массе реперного соседа, безошибочное узнавание APCазой “своей” тРНК чрезвычайно упрощается. Таким образом, матрица хорошо иллюстрирует решение парадокса множественного узнавания небольшой молекулы с почти монотонной структурой.

Заканчивая главу, упомянем еще об одной нашей находке, имеющей отношение к кодовым симметриям. Оказывается, продукты кодирования зеркально-симметричными дублетами (типа *ABN* и *BAN*) следуют трем простым правилам:

- при нарастании массы оснований в дублете кодируемый продукт имеет **большую** молекулярную массу, при снижении – меньшую;
- молекулярная масса продукта, кодируемого гомотриплетом (то есть, *CCC*, *TTT*, *AAA*, *GGG*), больше, если триплет составлен из пиримидинов;
- молекулярная масса пары аминокислот, кодируемых гомодублетом (то есть, *CC-*, *TT-*, *AA-*, *GG-*), больше, если он состоит из пиримидинов.

Возникает вопрос, какой смысл – и есть ли он – в кодовых симметриях и соотношениях, описанных в этой главе? Если хиральность биологических молекул и клеточная организация имеют очевидные достоинства и являются необходимыми для возникновения жизни и последующей эволюции, то симметрия (в первую очередь, билатеральная) генетического кодирования, по меньшей мере, озадачивает. Является ли она следствием каких-то не открытых еще физических или информационных законов (например исходных альтернатив, выбор которых имел селективные преимущества, похоронившие первые версии кода, значительно более разнообразные и не столь регулярные? Имеет ли она отношение к надмолекулярным симметриям биологических форм? Нужна ли подобная симметрия кода для его невероятной стабильности или для максимальной простоты и надежности его функционирования в биологических системах? Положительные ответы на все эти вопросы весьма соблазнительны, но без весьма основательной проработки - остаются лишь гипотезами, доказательства которых сегодня даже не просматриваются. Альтернативная точка зрения (Френсис Крик) заключается в том, что все эти симметрии совершенно случайны, и генетический код мог быть каким угодно: химического соответствия между аминокислотами и антикодонами нет. И если сегодня – в большинстве случаев – нельзя рассчитывать на то, что после замены антикодона на другой в синтезируемый полипептид войдет аминокислота, соответствующая новому антикодону, то это потому только, что длительная эволюция – опять-таки во многих случаях – оптимизировала соответствие APCаз и тРНК за счет участков, выходящих за пределы антикодона.

Следующая глава написана для тех читателей, кого обе точки зрения оставляют в состоянии умственного дискомфорта. Но только те из них, кто разделяет черный оптимизм Автора, кто понимает, что если не веришь в Бога, то это не означает автоматическую “веру в Большой Взрыв”, и кто не ждет от науки разрешения ассонанса в консонанс (не органчик же!), - только они получают удовольствие от того, что ответы на эти вопросы вызывают новые, еще более острые.

.....

Сразу ясно, что символом “А” эта глава названа просто потому, что речь в ней идет об *аналоговых* представлениях генетического кода. Здесь мы, наконец, оставляем без внимания множество “интересных” чисел, которыми до сих пор докучали терпеливому



Читателю, но к которым всё же ненадолго вернемся в последующих двух главах, посвященных оцифровке приведенных выше аналоговых представлений.

## Глава Б.

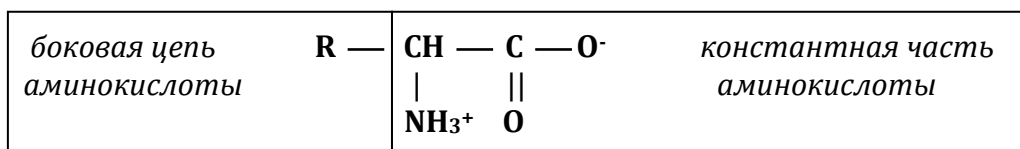
### БАРИОННАЯ ОЦИФРОВКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА (XIV)

#### ФОРМАТЫ 1D и 2D

Строго говоря, *барионным числом* называется сохраняемое квантовое число системы. Нам нет необходимости углубляться в эту тему. Может быть, стоит помнить лишь то, что барион – это элементарная частица, состоящая из трех кварков. Все частицы, состоящие из трех кварков, имеют барионное число +1. Наиболее стабильные барионы – это протоны и нейтроны, называемые нуклонами. Из них состоят ядра атомов. Атомы формируют молекулы, в том числе молекулы двух компонентов генетического кода – азотистых оснований и аминокислот. Нуклоны входят в семейство адронов и являются самыми легкими барионами. Именно из барионов построена подавляющая часть наблюдаемого нами вещества. С точки зрения электромагнетизма, определяющего межатомные взаимодействия, протоны и нейтроны, разумеется, различны, но в терминах сильного взаимодействия, которое является основным в масштабах атомного ядра, они различаются только изоспинами и являются, по существу, одной частицей, нуклоном. Все эти пояснения я привожу здесь для того только, чтобы напомнить читателю, что адроны появились в первые десять миллисекунд после Большого Взрыва. Именно адроны (то есть **барионы**, то есть нуклоны) и являются костяшками тех счет, на которых Автор намерен отстучать большую часть *Главы Б*, поскольку не может исключить, что этот инструмент был уже использован на Земле 4.5 миллиардов лет назад.

В 1980г Хасегаваи Мията<sup>59</sup> предложили целочисленный вариант параметра массы аминокислот – число нуклонов в молекуле; позднее Владимир Щербак (см. *Примечания к Главе III*) использовал его для демонстрации арифметического содержания генетического кода. Термин *нуклонная масса* и будет использован далее. Термин *барионное число* не применяется к молекулам, иначе он бы только запутал дело (хотя математически он точно соответствует нуклонной массе). Он фигурирует только в названии этой главы, да и то – для того только, чтобы пояснить ее символ.

“Новый параметр” и объекты его приложения позволили выявить удивительную картину. Чтобы ее оценить, надо иметь в виду два обстоятельства. Во-первых, основу *целочисленности* составляют наиболее распространенные и стабильные изотопы атомов молекул 20 аминокислот. Второе обстоятельство требует отдельного уточнения. Дело в том, что молекулы аминокислот сконструированы по общему правилу. Все они являются альфа-аминокислотами, то есть их аминогруппа максимально приближена к карбоксилу; именно такие аминокислоты способны обеспечить необходимую прочность и устойчивость молекулам полимеров (полипептидов):



Различие в структуре аминокислот обеспечивается вариантами радикала (**R**), а константную часть молекулы составляют показанные здесь два атома углерода, два – кислорода, один – азота и четыре – водорода. Их целочисленная нуклонная масса, то есть масса их нуклонов – 74 в свободном состоянии и 56 – в составе полипептида. Вариабельная нуклонная масса относится к радикалу и составляет от 1 (водородный протон) у глицина **G** до 130 у триптофана **W**.

<sup>59</sup> Hasegawa M, Miyata T: *On the antisymmetry of the amino acid code table*. Orig Life,10: 265 (1980)

Единственное исключение из общей структуры аминокислот представляет собой пролин **P**. Он содержит боковую цепь с двумя связями - и на один атом водорода меньше в константной части. Однако, воображаемая передача одного нуклона из боковой цепи – константной возвращает последней стандартную массу:  $73+1=74$ , в то время, как боковая цепь остается без протона:  $42-1=41$ . Одновременно пролину возвращается “стандартная” структура аминокислоты, состоящая из константной и переменной частей.

Остается отметить, что пунктуационный знак “стоп”, не кодирующий аминокислоты (в отличие от знака “старт”, ассоциированного с метионином **M**), принимается в оцифровке генетического кода за ноль. Примем также во внимание и то, что

- оцифровка генетического кода сама по себе,
- разделение молекулы аминокислоты на константную и переменную части для наглядности такой оцифровки,
- знак “0”, которым в арифметике (особенно там, где речь идет о представлении числа в той или иной системе счисления), помечают не столько “пустоту”, сколько “пробел”,
- “нормирование” молекулы пролина, показанное выше,
- кодирование цистеина триплетом *TGH* в таблице универсального кода -

все это - действия совершенно искусственные, работа ума, артефакт, не имеющий, на первый взгляд, никаких “естественных” аналогов. Но именно на них основана оцифровка генетического кода, о которой пойдет здесь речь. Ее результаты заставляют думать, что перед нами либо следствие физических законов необычной природы, либо случайные совпадения, либо конструкция, собранная по принципам, для демонстрации которых такая оцифровка адекватна.

Попробуем это проиллюстрировать на примере, который Владимир Щербак назвал *каллиграммой (Глава А)*. Представим эту каллиграмму чуть иначе, чем прежде, а именно “уравняем в правах” первый и второй октеты, то есть, придадим им одинаковый размер, для чего третьи основания кодонов в строке октета **1** представим как **Y** или **R**, а не как **N**. Одновременно впишем в дополнительные ячейки таблицы значения нуклонных масс продуктов кодирования, а также их константных и переменных частей, после чего просуммируем каждые (по горизонтали).

<b>O</b>	<b>1</b>																<b>O</b>
<b>DG</b>	<b>IV</b>																<b>DG</b>
<b>aa</b>	<b>G</b>	<b>G</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>V</b>	<b>V</b>	<b>T</b>	<b>T</b>	<b>L</b>	<b>L</b>	<b>R</b>	<b>R</b>	<b>aa</b>
<i>1</i>	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>1</i>
<i>2</i>	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>2</i>
<i>3</i>	<i>Y</i>	<i>Y</i>	<i>Y</i>	<i>R</i>	<i>Y</i>	<i>R</i>	<i>Y</i>	<i>R</i>	<i>Y</i>	<i>R</i>	<i>Y</i>	<i>R</i>	<i>Y</i>	<i>R</i>	<i>Y</i>	<i>Y</i>	<i>3</i>
<b>var</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>666</b>
<b>const</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>1184</b>
<b>sum</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>89</b>	<b>89</b>	<b>105</b>	<b>105</b>	<b>115</b>	<b>115</b>	<b>117</b>	<b>117</b>	<b>119</b>	<b>119</b>	<b>131</b>	<b>131</b>	<b>174</b>	<b>174</b>	<b>1850</b>

<b>O</b>	<b>2</b>																<b>O</b>
<b>DG</b>	<b>III</b>				<b>II</b>										<b>I</b>		<b>DG</b>
<b>aa</b>	<b>C</b>	<b>I</b>	<b>0</b>	<b>S</b>	<b>L</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>Q</b>	<b>K</b>	<b>E</b>	<b>H</b>	<b>F</b>	<b>R</b>	<b>Y</b>	<b>M</b>	<b>W</b>	<b>aa</b>
<i>1</i>	<i>T</i>	<i>A</i>	<i>T</i>	<i>A</i>	<i>T</i>	<i>A</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>T</i>	<i>A</i>	<i>T</i>	<i>A</i>	<i>T</i>	<i>1</i>
<i>2</i>	<i>G</i>	<i>T</i>	<i>A</i>	<i>G</i>	<i>T</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>T</i>	<i>G</i>	<i>A</i>	<i>T</i>	<i>G</i>	<i>2</i>
<i>3</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>R</i>	<i>Y</i>	<i>R</i>	<i>Y</i>	<i>Y</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>Y</i>	<i>Y</i>	<i>R</i>	<i>Y</i>	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>3</i>
<b>var</b>	<b>47</b>	<b>57</b>	<b>0</b>	<b>31</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>81</b>	<b>91</b>	<b>100</b>	<b>107</b>	<b>75</b>	<b>130</b>	<b>1110</b>
<b>const</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>0</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	<b>1110</b>
<b>sum</b>	<b>121</b>	<b>131</b>	<b>0</b>	<b>105</b>	<b>131</b>	<b>132</b>	<b>133</b>	<b>146</b>	<b>146</b>	<b>147</b>	<b>155</b>	<b>165</b>	<b>174</b>	<b>161</b>	<b>149</b>	<b>204</b>	<b>2220</b>

Результаты суммирования (как минимум!) озадачивают. Их можно свести к четырем пунктам.

1. В первом октете полученные числа формируют соотношение сторон так называемого “священного египетского треугольника” -  $[666+1184=1850]$ , где

$666=3^2 \times 74$ ,  $1184=4^2 \times 74$ , а  $1850=5^2 \times 74$ , то есть соотношение  $[3^2+4^2=5^2]$ , или соотношение длин катетов и гипотенузы прямоугольного треугольника, соответствующих трем смежным числам, соседям по непрерывному натуральному ряду **3, 4, 5**. (т.н. “Священный Египетский Треугольник”).

2. Во втором октете эти результаты формируют символ равенства или количественной симметрии: **1110=1110**. При этом в строке **var** (нуклонные суммы *вариабельных* частей аминокислот) октета 2 показанный здесь результат достигается только тогда, когда пунктуационному знаку терминации трансляции (стоп-сигналу) соответствует пробел, ноль, 0, пустое место, о чем мы говорили выше.
3. Соотношение сумм строк **var** октетов 1 и 2 имеет вид **3 : 5 (666 : 1110)**, то есть двух смежных чисел ряда Фибоначчи, то есть “золотого сечения.
4. Наконец, все отмеченные суммации и соотношения выражены десятичными числами вида **nIII**, либо обладают способностью делиться без остатка на простое число **37** (половине сомножителя **74**, упомянутого в первом пункте и равного нуклонной сумме константного блока аминокислоты), которое соответствует делению **III: 3** и является наибольшим простым делителем числа **III**.

Первые три пункта представляют собой соотношения, а в природе – особенно в живой - встречаются удивительные соотношения. Автор, правда, никогда не слышал о природном соотношении, которое описывают первый пункт и теорема Пифагора. Тем не менее, если, например, “золотое сечение” и ряды Фибоначчи, реализуемые филотаксисом, различные фракталы, циклы, симметрии, спирали, ритмы и прочее – могут быть и природными соотношениями, то четвертый пункт из вышеперечисленных демонстрирует метку этих соотношений, выраженную весьма специфическим знаковым рядом. Этот ряд представляет собой совокупность гомогенных цифровых триплетов (гомотриплетов, как мы их здесь называем), которые базируются на десятичной системе счисления с поразрядным представлением числа. Ничего подобного в природе не встречается. Ни один физический закон не требует для своей формулировки (включая ее математическое выражение) поразрядного представления числа. Этого нет даже в одном из наиболее упорядоченных и поразительных представлений природных объектов – в периодической системе элементов. Что до поразрядного представления числа, то оно было в свое время предложено с единственной целью – для упрощения *арифметических* расчетов. Но в случае генетического кода понятие вычислительной мощи (которую оптимизирует именно система счисления) может быть использовано только в том случае, когда к функциям генома - или кода – добавляется также необходимость каких-то вычислений. В противном случае перед нами просто знак, метка, клеймо, тавро, опечаток какой-то очевидно интеллектуальной деятельности – или что-то в этом роде. Стоит помнить при этом, что предлагаемое учебниками табличное представление генетического кода – в отличие от последовательностей генома – представляет собой именно интеллектуальную, а не реальную структуру.

Здесь стоит вернуться к *Главе III* и вспомнить, что мы - согласившись с автомобилистами – назвали число **111** “красивым” и “привлекающим внимание”. Число **37** внешне привлекает пусть и меньшее внимание, однако, оно не менее “интересно” и уникально в том, что пермутация любого трехзначного числа, способного делиться на 37, дает в результате три числа, также обладающие подобным свойством: **259**→592→925 или **185**→851→518 и т.п. Между прочим, итерация “вглубь нуклонов” напоминает, что **37** этих элементарных частиц *собраны* из **111** кварков. Мы также отметили, что повторяемость подобных чисел придает им свойство, называемое у программистов *информационной сигнатурой*. Но о каких “информационных сигнатурах” может идти речь в том, что создано природой? Кого и о чем надо при этом “информировать”, и кому пришло в голову заниматься передачей такой информации – да еще в те далекие годы, когда формировался генетический код? О каких предпочтительных в природе системах счисления можно вообще говорить? Ответ, который напрашивается первым, вызывает только одну реакцию:

*вздор! совпадения!* Да и можно ли назвать “повторяемостью” три случайных числа в двух октетных строчках? Так что давайте успокоимся и убедимся, что таких чисел нет больше ни в каких представлениях генетического кода, и они действительно случайны. Тем более, что Автор – человек эмоциональный и должен себя сдерживать. Ведь на него сильное – и описанное выше в связи со знаменитой лекцией - впечатление произвела каллиграмма Щербака уже в *аналоговом* формате, описанном в *Главе А*.

Несколько других представлений генетического кода основаны на гораздо более изощренной и не всегда очевидной логике и не будут представлены здесь, поскольку это может перегрузить ум Читателя, который – при желании - самостоятельно проанализирует их в публикациях Щербака. Одно из них (в самом общем виде) подразделяет триплеты с идентичными и уникальными основаниями на две группы в соответствии с преобразованием Румера, после чего в этих группах подсчитывается суммарная нуклонная масса боковых цепей – с одной стороны, и общая нуклонная сумма полных аминокислот – с другой. Таким же образом суммируются нуклоны боковых цепей и целых молекул аминокислот, кодируемых триплетами с двумя идентичными пуринами или пиримидинами. Результатом постоянно оказываются значения вида  $nIII$ .

Еще одно представление, которое предлагает Щербак для демонстрации  $nIII$ -символики генетического кода, подчеркивает “общий *виртуальный* баланс кода”. В этом представлении все продукты кодирования классифицируются по наличию того или иного азотистого основания в кодирующих их триплетах. Всех оснований в коде 192 (48C, 48T, 48A и 48G). Предлагается разделить эти продукты по наличию в их кодонах основания T – с одной стороны, и трех других (C, A и G) – с другой. В этом случае возникает баланс между нуклонными массами боковых цепей и стандартных блоков аминокислот, который выражается как  $222+999 \times 10 = 222+999 \times 10$ .

Рассмотрим подробнее еще одну таблицу кода<sup>60 61</sup>, основанную на совершенно иных принципах. Щербаком она приводится в виде кольца и иллюстрирует “общий *естественный* баланс универсального генетического кода”. Мы, однако, представляем эту таблицу в виде линейной последовательности, поскольку “кольцевой пептид” – да еще такой длины в природе не встречается. Между тем, для нас важно выделить направление пептида, сохраняя и “конец”, и “начало” внутри цепи. Константные части свободных аминокислот имеют массу 74, в то время, как в составе полипептида эта масса за счет поликонденсации снижается до 56. Вот почему мы представляем воображаемый *минимальный полный пептид* (МПП) генетического кода лишь как фрагмент некоего белка. Последовательность первых нуклеотидов является пермутацией упорядоченной по массе четверки (CTAG) - AGCT, сохраняющей исходную симметрию по комплементарности. Последовательность вторых нуклеотидов комплементарна (зеркально симметрична) последовательности первых: TCGA. Последовательность третьих нуклеотидов – пермутация последовательности вторых, но начинающаяся с пуринов (GATC) - в случае первых пуринов, и начинающаяся с пиримидинов (TCGA) – в случае первых пиримидинов. Именно такой порядок кодирующих МПП оснований соответствует реальному направлению кодирования – от стартового до терминирующего кодона:

---

<sup>60</sup> Kashkarov V, A.Krassovitskiy, V.Mamleev, V.shCherbak, 2002, *Random sequences of proteins are exactly balanced like canonical base pairs of DNA*. In: *Proc 10th ISSOL Meeting and 13th Internatl Conference on the Origin of Life*. Oaxaca City, Mexico

<sup>61</sup> Downes A, B.Richardson, 2002, *Relationships between genomic base content and distribution of mass in coded proteins*. *J MolEvol*55, 476-490

	<i>R</i>		<i>Y</i>	
1st	<i>A</i>	<i>G</i>	<i>C</i>	<i>T</i>
2nd	<i>T</i>	<i>C</i>	<i>G</i>	<i>A</i>
3rd	<i>G</i>		<i>T</i>	
	<i>A</i>		<i>C</i>	
	<i>T</i>		<i>G</i>	
	<i>C</i>		<i>A</i>	

В составе МПП пролин (выделен светло-серым) имеет реальные нуклонные массы своих частей – константной и переменной. Кроме того, в ней – как это имеет место в реальной клетке – полностью ионизированы аспарагиновая и глутаминовая кислоты и полностью протонированы аргинин и лизин. Что до гистидина, он в условиях клетки протонируется далеко не полностью, и его нуклонная масса остается в ней неизменной – 81.

Самой яркой чертой описываемого олигопептида является **количественное равновесие** нуклонных масс консервативных и переменных (боковых) частей составляющих его аминокислот: **3412=3412**. Между прочим, это равновесие – с небольшими отклонениями – воспроизводится практически для всех природных белков. В то же время для случайного набора аминокислот масса боковых цепочек превышает массу “хребта” из константных частей примерно на 12%.

1	2	3	4	5	6	7	8	33	<i>C</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<b>L</b>		56	57
5'	<i>A</i>	<i>T</i>	<i>G</i>	<b>M</b>	N-end	74	75	34			<i>C</i>	<b>L</b>		56	57
	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	...		56	<i>N</i>	35			<i>G</i>	<b>L</b>		56	57
1	<i>A</i>	<i>T</i>	<i>G</i>	<b>M</b>		56	75	36			<i>A</i>	<b>L</b>		56	57
2			<i>A</i>	<b>I</b>		56	57	37		<i>C</i>	<i>T</i>	<b>P</b>		55	42
3			<i>T</i>	<b>I</b>		56	57	38			<i>C</i>	<b>P</b>		55	42
4			<i>C</i>	<b>I</b>		56	57	39			<i>G</i>	<b>P</b>		55	42
5		<i>C</i>	<i>G</i>	<b>T</b>		56	45	40			<i>A</i>	<b>P</b>		55	42
6			<i>A</i>	<b>T</b>		56	45	41		<i>G</i>	<i>T</i>	<b>R</b>		56	100
7			<i>T</i>	<b>T</b>		56	45	42			<i>C</i>	<b>R</b>		56	100
8			<i>C</i>	<b>T</b>		56	45	43			<i>G</i>	<b>R</b>		56	100
9		<i>G</i>	<i>G</i>	<b>R</b>		56	100	44			<i>A</i>	<b>R</b>		56	100
10			<i>A</i>	<b>R</b>		56	100	45		<i>A</i>	<i>T</i>	<b>H</b>		56	81
11			<i>T</i>	<b>S</b>		56	31	46			<i>C</i>	<b>H</b>		56	81
12			<i>C</i>	<b>S</b>		56	31	47			<i>G</i>	<b>Q</b>		56	72
13		<i>A</i>	<i>G</i>	<b>K</b>		56	72	48			<i>A</i>	<b>Q</b>		56	72
14			<i>A</i>	<b>K</b>		56	72	49	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<b>F</b>		56	91
15			<i>T</i>	<b>N</b>		56	58	50			<i>C</i>	<b>F</b>		56	91
16			<i>C</i>	<b>N</b>		56	58	51			<i>G</i>	<b>L</b>		56	57
17	<i>G</i>	<i>T</i>	<i>C</i>	<b>V</b>		56	43	52			<i>A</i>	<b>L</b>		56	57
18			<i>T</i>	<b>V</b>		56	43	53		<i>C</i>	<i>T</i>	<b>S</b>		56	31
19			<i>A</i>	<b>V</b>		56	43	54			<i>C</i>	<b>S</b>		56	31
20			<i>G</i>	<b>V</b>		56	43	55			<i>G</i>	<b>S</b>		56	31
21		<i>C</i>	<i>C</i>	<b>A</b>		56	15	56			<i>A</i>	<b>S</b>		56	31
22			<i>T</i>	<b>A</b>		56	15	57		<i>G</i>	<i>T</i>	<b>C</b>		56	47
23			<i>A</i>	<b>A</b>		56	15	58			<i>C</i>	<b>C</b>		56	47
24			<i>G</i>	<b>A</b>		56	15	59			<i>G</i>	<b>W</b>		56	130
25		<i>G</i>	<i>C</i>	<b>G</b>		56	1		<i>T</i>	<i>G</i>	<i>A</i>	-		-	
26			<i>T</i>	<b>G</b>		56	1	60		<i>A</i>	<i>T</i>	<b>Y</b>		56	107
27			<i>A</i>	<b>G</b>		56	1	61			<i>C</i>	<b>Y</b>		56	107
28			<i>G</i>	<b>G</b>		56	1		<i>T</i>	<i>A</i>	<i>G</i>	-		-	
29		<i>A</i>	<i>C</i>	<b>D</b>		56	59		<i>T</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	-		-	

30			T	D		56	59	3'	N	N	N	...	C-end	74	N
31			A	E		56	73		T	A	G	stop		0	0
32			G	E		56	73							3412	3412

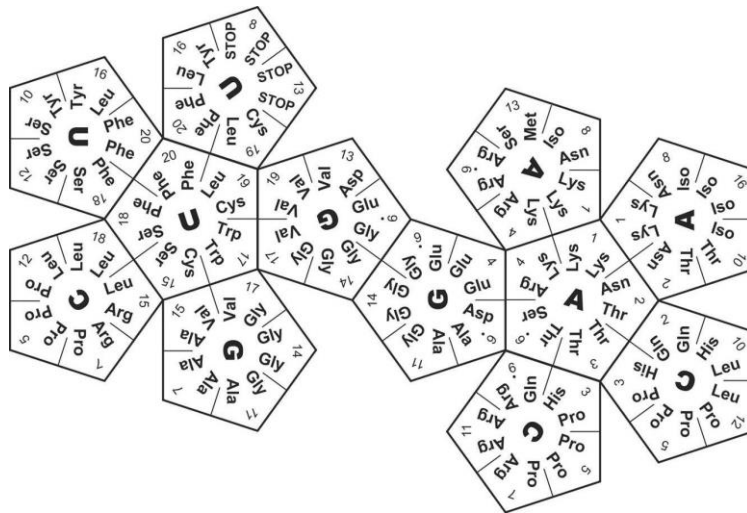
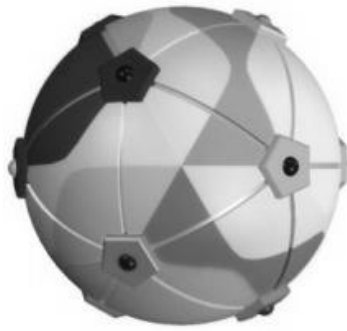
Может показаться, что эти числа, которыми выражаются общие и равные друг другу нуклонные массы боковых частей и стандартных блоков МПП (то есть результат оцифровки *продуктов кодирования*), ничем не примечательны. Во всяком случае, они не имеют вида *nIII*, который до сих пор привлекал наше внимание. Однако, номера нуклеотидов упорядоченных по нарастанию молекулярных масс  $C < T < A < G$ , то есть **1234** (рациональность чего – для первых кодонных оснований - мы показали в *Главе А*), пермутированные в составе первых оснований, кодирующих МПП (**3412**), странным образом соответствуют нуклонным массам обеих частей этого пептида, выраженным в десятичной системе счисления:  $3412=3412=3412$ . В порядке ещё одного - математического - курьеза отметим, что десятичное число **1234** в семеричной системе счисления записывается как **3412<sub>7</sub>**.

Рациональная организация кодирующей последовательности может, таким образом, указывать на ведущую роль первых триплетных оснований в симметриях кода. Снова и снова указывает она и на базовую роль молекулярных масс в организации не только кодирующих правил, но также и кодируемого продукта. Кроме того, она показывает возможность оцифровки не только кодируемых (как у Щербака), но и кодирующих элементов – и не только в терминах нуклонных масс, но также используя простую нумерацию.

### ФОРМАТЫ 2D и 3D

Удивительная организация генетического кода дает пищу великому множеству теоретиков и любителей для конструирования не только различного рода таблиц, но и объемных моделей. Большое количество разнообразных моделей кода можно отыскать в специальной и в не слишком специальной литературе. Автор не берется даже за краткий обзор результатов этой деятельности. Некоторые из них, на его вкус, как минимум, не интересны – например, попытка проводить параллели между организацией генетического кодирования и смысловым содержанием гексаграмм китайской Книги Перемен. В других он ничего не понимает – например, в топологической модели Владимира Карасева или в волновых моделях Петра Гаряева. В свое время Автор и сам оказался под некоторым впечатлением от трехмерной модели Трейнора и сотрудников – правда, потому только, что она представляла собой тетраэдр. Но модель строилась на основе кодирующих триплетов, а поскольку число их – 64 (не-тетраэдрическое), такой многогранник можно было построить только по определенным, не слишком логичным правилам. Гексаэдр (куб) годится для этой цели куда больше, поскольку  $64=4^3$ , но он не так выразителен и опять-таки базируется на организации лишь одного из двух компонентов кода – азотистых оснований; кроме того, он уже практически использован в “обыкновенной” таблице генетического кода 4x4x4.

Некоторые модели остаются в тени или забыты совершенно незаслуженно. Например, объемная модель генетического кода *Rafiki, Inc.*, выполненная в виде игрушки (см. рисунок и развертку), могла бы, как минимум, использоваться на уроках биологии и будила бы воображение молодых людей, подогревая их интерес к этой науке и определяя и их, и ее будущее.



Эта игрушка представляет собой додекаэдр, “кристалл”, собранный из 120 тетраэдров (Автор не вдается здесь в детали её построения, их можно найти на сайте <http://www.codefun.com/Index.htm>). Разумеется, ничего подобного в природе нет, зато модель Рафики хорошо иллюстрирует симметрии кодирования и даже некоторые аспекты укладки белковых молекул.

Между тем число продуктов кодирования (20) дает соблазн собрать именно тетраэдр; надо только сформулировать простой принцип сборки, желательно учитывающий и кодирующие основания, и кодируемые аминокислоты, помня об упомянутом выше ограничении Эйгена: *теория может быть корректной или нет; модель имеет третью возможность – оставаясь корректной, совершенно не относится к делу (a theory has only the alternative of being wrong; a model has a third possibility – it might be right but irrelevant)*. Зато у модели, как и сказано в **Главе 69**, есть очевидное достоинство: представляя явление в неожиданном ракурсе, она заставляет думать.

Здесь мы, однако, рассказываем не просто о геометрической симметрии генетического кода (о ней уже шла речь в **Главе А**), но о моделях, *симметрия которых базируется на оцифровке* генетического кода, реализуемой по тому или иному принципу. Более того, этот подход привлекает нас, в первую очередь, тогда, когда такой оцифровке подвергаются оба компонента кода, а не только продукты кодирования. В конце предыдущей главы (**Глава Б1**) мы описали “виртуальный олигопептид”, который демонстрировал равновесие совокупных нуклонных масс стандартных и переменных частей кодируемых продуктов. Мы обнаружили, что этот “олигопептид” имеет любопытные арифметические свойства в отношении составляющих его кодирующих оснований, которые, неожиданно подчеркивают акцентированный Щербаком децимализм генетического кода. Параметр, выявляющий обнаруженные свойства, представляет собой простой номер каждого из четырех азотистых оснований в их упорядоченном по изменению молекулярной массы ряду. В данной главе мы попытаемся проанализировать организацию генетического кода, используя оба указанных параметра (нуклонные числа и



порядковые номера) обоих компонентов кода. Если эта попытка окажется удачной, и мы найдем, что одна и та же организация кода (модель) характеризуется арифметическими симметриями по каждому из этих параметров, тогда легкомысленная готовность Автора сравнивать десятичное число **3412** и цифровой ряд **3412** по чисто внешнему сходству, может показаться Читателю не такой уж смешной.

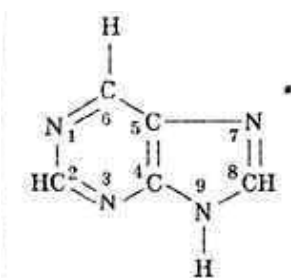
Вернемся к *матрице генетического кода*, “аналоговая” версия которой описана в *Главе А*. Ее оцифровка в параметрах нуклонных масс (“сжатая” версия – без пятой, @-строки) реализуется упорядоченными по массе последовательностями первых кодонных оснований (по вертикали) и соответствующих им продуктов (по горизонтали); слева – аминокислоты в “нейтральной” версии (**0**), справа – в заряженной (+/-). Под символом каждой аминокислоты – ее нуклонная масса (нуклонная масса боковой цепи ее молекулы).

0	1	2	3	4	5
	<b>P</b>	<b>L</b>	<b>Q</b>	<b>H</b>	<b>R</b>
<b>C</b>	41	57	72	81	100
	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>F</b>	<b>Y</b>	<b>W</b>
<b>T</b>	31	47	91	107	130
	<b>T</b>	<b>I</b>	<b>N</b>	<b>K</b>	<b>M</b>
<b>A</b>	45	57	58	72	75
	<b>G</b>	<b>A</b>	<b>V</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>G</b>	1	15	43	59	73

+/-	1	2	3	4	5
	<b>P</b>	<b>L</b>	<b>Q</b>	<b>H</b>	<b>R</b>
<b>C</b>	41	57	72	81	101
	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>F</b>	<b>Y</b>	<b>W</b>
<b>T</b>	31	47	91	107	130
	<b>T</b>	<b>I</b>	<b>N</b>	<b>K</b>	<b>M</b>
<b>A</b>	45	57	58	73	75
	<b>G</b>	<b>A</b>	<b>V</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>G</b>	1	15	43	58	72

Организующая матрицу последовательность первых триплетных букв – **CTAG** – демонстрирует не только симметрию по комплементарности  $C \equiv G, A = T$  (черточки между основаниями символизируют число водородных связей, которые их объединяют), но и совпадающую с ней количественную симметрию цифрового ряда **1234**:  $1+4=2+3$ . Комплементарность оснований позволяет собрать и другой ряд – **AGCT**, в котором упорядоченность по массе комплементарных пар имеет общее направление. Этому ряду и соответствует цифровая последовательность **3412**, описанная в предыдущей главе.

Теперь, чтобы объединить в общем представлении и аминокислоты, и азотистые основания, надо описать те и другие в общих терминах. В нашем случае это – либо нуклонная масса переменных частей молекулы, либо простое перечисление элементов, упорядоченных по массе. Выбор переменной части молекул аминокислот очевиден – это их боковая цепь. Переменная часть молекулы азотистого основания не представляет собой столь ясно выделяемую структуру. В то же время стандартным блоком, общим для всех оснований, является вполне выраженная структура – гексацикл (шестиленное кольцо из четырех атомов углерода, 2-4-5-6, и двух – азота 1-3):



Мы подошли к выбору нуклонного параметра азотистого основания совершенно формально: все атомы *вне* упомянутого гексацикла и составляют нуклонное число этого основания. Таким образом, цитидину **C** соответствует (в полинуклеотидной цепи) нуклонная масса 34, тимину **T** – 49, аденину **A** – 58, а гуанину **G** – 74. Если сопоставить комплементарные пары **GC** и **AT** четверки нуклеотидов и их нуклонные массы, объединенные водородными связями (то есть общими для обоих членов пары протонами), получим равенство:  $34+74-3 = 49+58-2 = 105 = 11 \times III_4$ . Стоит отметить, что все эти рассуждения относятся только к ДНК, потому что урацил **U**, заменяющий в четверке

оснований РНК тимидин *T*, имеет нуклонную массу 35, нарушающую описанные равновесия. Смысл этого обстоятельства должен отражать различия в физико-химии РНК и ДНК: возможно, дело в том, что предпочтительная структура ДНК линейна, а ее двойная спираль, уравновешенная также в описанных терминах, стабилизирует предпочтительную (линейную) запись генетической информации. РНК – в отличие от ДНК может приобретать более разнообразную конформацию, включая такую, которая позволяет ей обладать некоторыми свойствами полипептида – например, энзиматическими. В отличие от описанного выше МПП, молекула которого обладает собственным равновесием – за счет равновесия константных и переменных частей аминокислот, молекула ДНК приобретает равновесие только за счет объединения в спираль двух комплементарных полимеров. Само же по себе молекулярное равновесие – это характерное свойство – если не естественных биополимеров самих по себе, - то, во всяком случае, организации их генетического кодирования.

Соответствующая (реципрокная, симметричная) операция с аминокислотами, которые уже охарактеризованы в терминах нуклонных масс, - это придание им порядковых номеров в последовательностях, упорядоченных по молекулярной массе. Мы используем два варианта такой нумерации: сплошное (прямое или обратное) перечисление аминокислот в “нейтральной” версии (а) и общее или раздельное их перечисление (также в обоих направлениях) в составе арс-классов – параллельное и анти-параллельное (б). Другие варианты Читатель может рассчитать самостоятельно; мы только предупредим его, что результаты в принципе будут однотипными.

А.

G	A	S	P	V	T	C	L	I	N	D	Q	K	E	M	H	F	R	Y	W
1	15	31	41	43	45	47	57	57	58	59	72	72	73	75	81	91	100	107	130
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Б.

ars-1 (Y)										ars-2 (R)									
V	C	L	I	Q	E	M	R	Y	W	G	A	S	P	T	N	D	K	H	F
G	T	C	A	C	G	A	C	T	T	G	G	T	C	A	A	G	A	C	T
43	47	57	57	72	73	75	100	107	130	1	15	31	41	45	58	59	72	81	91
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

В таблице **Б** темно-серым выделены позиции маркирующих каждый класс аминокислот. В матрице они симметричны относительно центральной вертикальной колонки. Соответствующие пары аминокислот практически симметричны (равновесны) и по нуклонным массам ( $72+58 \approx 130+1$ ). Посмотрим, как матрица выглядит с точки зрения описанных параметров:

+/-	1	2	3	4	5
<b>C</b>	<b>P</b> 41	<b>L</b> 57	<b>Q</b> 72	<b>H</b> 82	<b>R</b> 101
<b>T</b>	<b>S</b> 31	<b>C</b> 47	<b>F</b> 91	<b>Y</b> 107	<b>W</b> 130
<b>A</b>	<b>T</b> 45	<b>I</b> 57	<b>N</b> 58	<b>K</b> 73	<b>M</b> 75
<b>G</b>	<b>G</b> 1	<b>A</b> 15	<b>V</b> 43	<b>D</b> 58	<b>E</b> 72
			<b>496</b>		
			<b>496</b>		

Общие нуклонные суммы симметричных пар столбцов 1-го и 3-го, 2-го и 4-го в матрице кода близки к равенству – или равны ( $176+320 = 118+378 = 496$ ), если гистидин **H** полностью протонирован (в версии “заряженной” матрицы), то есть имеет нуклонное число

82. Очень вероятно, что все это – не более, чем случайность, игра в цифры, - особенно если принимать во внимание, что 496 – единственное трехзначное (как и всякий кодон) совершенное число; выше мы уже отмечали это. Но продолжая эту игру, мы сталкиваемся с симметриями и соотношениями, которые озадачивают все больше. Зачем все это генетическому коду, “замороженной случайности”, как назвал его Крик?

Приняв за случайность сам децимализм кода, на котором настаивает доктор Щербак, обнаруживаем, однако, что таблица кода в значениях нуклонных масс демонстрирует хорошо организованный набор *информационных сигнатур 111* в системах счисления 5-9:

	1	2	3	4	5
Y	41 P	57= 111 <sub>7</sub> L	72 Q	[81+ 111 <sub>14</sub> H	100 R
	31= 111 <sub>5</sub> S	47 C	91= 111 <sub>9</sub> F	107 Y	+130)= 111 <sub>14</sub> ]W
R	45 T	57= 111 <sub>7</sub> I	58 N	(73)= 111 <sub>8</sub> K(+)	75 M
	001 1 G	15 A	41= 111 <sub>6</sub> V	59 D	73= 111 <sub>8</sub> E

Ярко-зеленым в Таблице 11 отмечены ячейки тех аминокислот, нуклонная масса которых принимает значение **111** в той или иной системе счисления (номер системы счисления принято указывать справа и снизу от числа; номер десятичной системы не указывается). Бледно-зеленым отмечены ячейки тех аминокислот, нуклонная масса которых принимает значение **111** при определенных условиях: сложение нуклонных масс гистидина **H** (81+) и триптофана **W** (+130) дает 211=**111**<sub>14</sub> (других таких смежных пар в матрице нет), нуклонная масса лизина становится **111**<sub>8</sub> в зарядовой версии этой аминокислоты, а нуклонная масса глицина – это базовый нумерал (цифровой символ) для подобных чисел. Сумма всех закрашенных ячеек матрицы кода составляет **777**<sub>9</sub>.

Если скептически настроенный Читатель готов счесть всё это случайностью, обратимся на время к порядковым параметрам кодируемых аминокислот. В их значениях симметрии матрицы генетического кода приобретают такой вид:

	1	2	3	4	5
C	P 4	L 8	Q 12	H 16	R 18
T	S 3	C 7	F 17	Y 19	W 20
A	T 6	I 9	N 10	K 13	M 15
G	G 1	A 2	V 5	D 11	E 14

	1	2	3	4	5
C	P 4	L 8	Q 12	H 16	R 18
T	S 3	C 7	F 17	Y 19	W 20
A	T 6	I 9	N 10	K 13	M 15
G	G 1	A 2	V 5	D 11	E 14

	1	2	3	4	5
C	P 4	L 8	Q 12	H 16	R 18
T	S 3	C 7	F 17	Y 19	W 20
A	T 6	I 9	N 10	K 13	M 15
G	G 1	A 2	V 5	D 11	E 14

Все три таблицы практически одинаковы. В левой матрица состоит из двух блоков – **PSTG\RWME** и **LQHF\NAVD**, симметричных относительно центральной колонки (а также относительно границы между первыми кодонными пуринами и пиримидинами) и равновесных по суммам позиционных номеров (81=81), а также двух “внутренних” (неокрашенных) пар с соотношением сумм 1:2. В центральной эти два блока разделены на две симметричные части каждый (**PGRE** и **LHAD**; 37=37) и **STWM** и **QFNV**(44=44). В правой таблице попарно соединены “угловые” блоки **PIDE** и **GAHR**, симметричные по диагоналям – так что каждая четверка характеризуется суммой 37. В принципе все эти значения можно в какой-то мере, рассматривать, как указание на децимализм генетического

кода, на который указывают числа 37 ( $37 \cdot 3 = III$ ) и “гомодублеты” 44 и 88. Читатель, возможно, найдет в матрице кода и другие симметрии.

Мы же попытались связать симметрии двумерной матрицы с симметриями трехмерного (объемного) тела, геометрическая симметрия которого задавалась бы по определению: в нашем случае, как мы об этом сказали выше, это простейшее платоново тело, тетраэдр. Нам хотелось найти тетраэдр, в котором формальное равновесие (например, равенство кооперативных нуклонных масс граней) сочеталось бы с равновесием по какой-либо из четко определенных функций, например, по принадлежности к синтетазному классу. Принципиально такая возможность возникает, если принять 20 кодируемых аминокислот с их числовыми параметрами за 20 равновеликих сфер-мономеров. Двадцать мономеров тетраэдра делятся на две структурообразующие группы:

(1) инвариантные мономеры ( $i$ ), т.е. мономеры вершин ( $v$ ) и центров граней ( $c$ ), взаимозамена которых сохраняет общую нуклонную массу граней, и

(2) пара “внутренних” мономеров ( $e$ ) каждого ребра, не входящих в группу ( $i$ ).

Мы нашли, что весьма простое условие, а именно - *зеркальная симметрия пар мономеров групп  $i(v,c)$  и  $e$  относительно оси матрицы, разделяющей первые пурины и пиримидины, при равенстве сумм нуклонных масс  $v$  и  $c$  и при размещении этих пар во всех четырех столбцах*, позволяет сконструировать единственный тетраэдр, который, однако, характеризуется не полной, но билатеральной симметрией (нуклонным равновесием пар) граней при минимальном “размахе” по их нуклонным массам. Числовые значения этого равновесия в десятичной и в пятеричной системах счисления выражаются так:

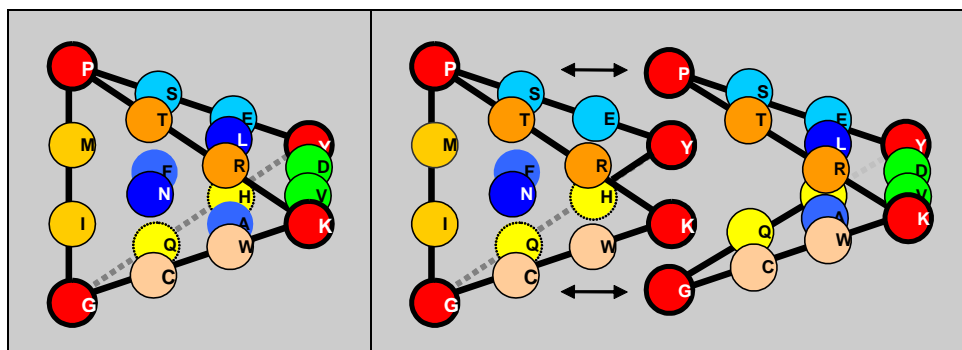
$$(626+629 = 627+628)_{10}, \text{ или:}$$

$$(10.001+10.004=10.002+10.003)_5.$$

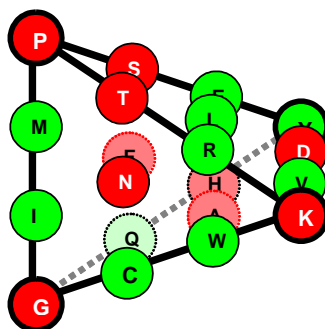
Пару  $i$  инвариантных мономеров составляют два мономера  $v$  и  $c$ , кодируемые одной и той же первой буквой, а пару  $e$  составляют внутренние мономеры ребра, также кодируемые одной и той же первой буквой; в обоих случаях используются все четыре основания. Поскольку у тетраэдра шесть пар  $e$ , а строк в матрице четыре, то две из этих пар (перекрещивающиеся), хотя и следуют указанному принципу, симметричны лишь в общем, *пурин-пиримидиновом*, формате – при условии принадлежности  $S_i$   $R_k$  группе вырожденности  $\Pi$ :  $T-R$  (кодирующие дублеты  $\underline{AC-AG}$ ) и  $S-E$  (кодирующие дублеты  $\underline{AG-GA}$  или  $\underline{RG-RA}$ ). Поразительно, но этот простой принцип, иллюстрируемый приведенной ниже матрицей:

	1	2	3	4	5
$C$ 34	<b>P</b> 041	<b>L</b> 057	<b>Q</b> 072	<b>H</b> 081	<b>R</b> 100
$T$ 49	<b>S</b> 031	<b>C</b> 047	<b>F</b> 091	<b>Y</b> 107	<b>W</b> 130
$A$ 58	<b>T</b> 045	<b>I</b> 057	<b>N</b> 058	<b>K</b> 072	<b>M</b> 075
$G$ 74	<b>G</b> 001	<b>A</b> 015	<b>V</b> 043	<b>D</b> 059	<b>E</b> 073

сводит число возможных версий трехмерной модели кода к единственной:



Правда, равновесную по граням модель можно также построить, заменив ребра **QH** и **VD** на **QV** и **HD** и сохранив, таким образом, симметричный рисунок реберных мономеров в составе матрицы, однако, эта версия потребует сделать формулировку принципа сборки тетраэдра более свободной, поскольку наш тетраэдр характеризуется также полной симметрией по граням аминокислот двух арс-классов: на каждую его грань приходится равное (по 5) число мономеров-аминокислот каждого класса.



Других столь же простых условий сборки тетраэдра с нуклонным равенством граней не существует. Также (естественно) не удастся сформировать подобный тетраэдр, используя значения порядковых номеров этих мономеров в качестве их альтернативных параметров. Количественная симметрия имеет место только в отношении номеров инвариантных мономеров сплошной последовательности аминокислот (независимой от арс-класса): суммы номеров мономеров вершин полученного тетраэдра и центров его граней равны (и в случае нумерации по нарастанию нуклонной массы составляют замечательное - в контексте этой и предыдущей глав - десятичное число **37**).

Инвариантные мономеры и сами по себе обладают целой серией собственных симметрий по первым, вторым и третьим основаниям своих кодонов, что является следствием их положения в составе матрицы кода. Читатель может самостоятельно организовать и проанализировать таблицы, необходимые для демонстрации этих симметрий.

В формате позиционных номеров аминокислот, принадлежащих к тому или другому арс-классу, отметим, что значения колоночных и построчных суммаций матрицы генетического кода имеют весьма замечательный вид: линейное нарастание сумм порядковых номеров центральных колонок, выраженное двух- или трехзначными информационными символами, в комбинации со сдвиговой для трехзначных чисел (или зеркальной для двузначных) симметрией цифр в крайних колонках, а также в строках, соответствующих первым комплементарным основаниям кодонов:

	I	2	3	4	5	
C 1	P 14	L 03	Q 05	H 19	R 08	
T 2	S 13	C 02	F 20	Y 09	W 10	
A 3	T 15	I 04	N 16	K 18	M 07	
G 4	G 11	A 12	V 01	D 17	E 06	
22	311	111	222	333		133
		222+222				
		222+222				

$P = 4$

	I	2	3	4	5	
C 1	P 4	L 3	Q 5	H 9	R 8	
T 2	S 3	C 2	F 10	Y 9	W 10	64
A 3	T 5	I 4	N 6	K 8	M 7	46
G 4	G 1	A 2	V 1	D 7	E 6	
10	13	11	22	33		110
		22+22				31
		22+22				

$P=10$

Читателю предлагается обратить внимание на следующее:

- цифровые гомодублеты, как носители информации о симметрии, имеют здесь не меньшее значение, чем гомотриплеты;
- в тех случаях, когда значения линейно нарастающих сумм порядковых номеров центральных колонок в той или иной системе счисления не подчеркнута гомодублетами 11-22-33 или гомотриплетами 111-222-333, цифровые симметрии сумм крайних колонок “комплементарны”, так что сумма двух крайних колонок представляет собой следующий гомодублет (44) или гомотриплет (444);
- в тех случаях, когда значения сумм колонок или строк имеют неодинаковое число разрядов в той или другой системе счисления, цифровые симметрии сумм крайних колонок невыразительны;
- то обстоятельство, что таблица справа (где арс-классы представлены как самостоятельные группы, то есть члены каждой имеют собственную, а не последовательную, нумерацию) демонстрирует симметрии не только по колонкам, но и по строкам, свидетельствует об определенной независимости классов;
- наконец, то обстоятельство, что обе таблицы демонстрируют не только числовые, но и цифровые симметрии, как будто поддерживает логику сравнения числового значения и цифрового порядка, которые – имея общее выражение - характеризуют описанный в предыдущей главе виртуальный олигопептид.

Паттерн этих матричных симметрий в значениях порядковых номеров аминокислот сходен с паттерном симметрий матрицы в значениях их нуклонных масс (см. выше):

+/-	1	2	3	4	5
C	P 4	L 3	Q 5	H 9	R 8
T	S 3	C 2	F 10	Y 9	W 10
A	T 5	I 4	N 6	K 8	M 7
G	G 1	A 2	V 1	D 7	E 6
		44			
		44			

.....

И хватит, пожалуй. Автору не хочется больше надоедать Читателю похожими друг на друга таблицами и “интересными” числами. Пора подумать, **что** все они означают. *Сумбур и брызги* негромкого, но явственно различимого ритма *Музыки Сфер*? Сто лет

назад Бернард Шоу (одно время музыкальный критик) – словно предчувствуя расцвет сегодняшней глянцевой “звездятины” - заметил, что *музыка – это алкоголь осужденных грешников*<sup>62</sup>. Справедливо, конечно, если скорбеть животом в такт второй симфонии Бетховена (<http://galicarnax.livejournal.com/25217.html>). Но так ли уж *нужны стигматы святой Терезе?* Так ли они ей *желанны?*

Однако, ничего не знал Бернард Шоу о генетическом коде, а известный вопрос Уильяма Блейка, странным образом о нем (коде) напоминающем, не мог прийти поэту в голову иначе, как в ассоциации с бенгальским тигром:

*What immortal hand or eye,  
Dare frame thy fearful symmetry?*

А нам сегодня – мог, и ничего страшного (*fearful*) или *рокового, судьбоносного* (*fateful*) - достаточно чуть-чуть “буквализировать” великолепный перевод Самуила Маршака:

*Кем задуман роковой  
Соразмерный образ твой?*

---

<sup>62</sup> Шоу Дж.Б. Человек и Сверх-Человек

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

## И ОТЗЫВЫ

### Глава 96.

#### ПАРАДОКС ФЕРМИ (XV)

Сообразительному Читателю уже не нужны пояснения Автора относительно номера этой главы. Читатель уверен, что 96 – это своеобразная кода, возвращение к началу, символ описанных выше цифровых симметрий. Или попытка Автора придать своему нынешнему возрасту *не совсем преклонный* масштаб, а то - и вовсе уж *непреклонный*; так сказать, напоминание о том, что и сам Моэм прожил только 91. Или это самообман насчет собственных перспектив, продлеваемых до 96? А может быть, это желание уйти от сочувствия, вызванного упомянутым в первой главе диагнозом? Или равнодушие к тому, чем являются астрологические знаки Зодиака для доверчивой и глупой телезрительницы? Может быть, это приобретенная с возрастом свобода от гормонально-эмоциональных конвульсий и способность разворачивать утомленные привычкой цифры (или что там за ними стоит) “спинами” друг к другу, справедливо полагая, что *трагедия пожилого джентльмена* именно в том, о чем писал Шоу<sup>63</sup>, а вовсе не в скорби по ушедшим в прошлое позам и позициям. Именно о них, называя их “*красивой жизнью*”, горевал как-то знакомый Автору *пожилой джентльмен*, чья *красота* была “обесточена” ножом Молодого Уролога и навсегда зависла, как убитый трояном писюк. Наверное, в силу возраста *джентльмена* - или по ассоциации с Шоу, или по каким-то созвучиям - тот Уролог, через руки которого прошло множество подобных, вспоминал позднее свою *жертву*, как человека с *библейской фамилией*.

“Да шут с ним”, - думает о Читателе уже Автор. Он, Читатель, в конце концов, волен вообразить себе всё, что угодно, Автору нет до этого дела. Автор возвращается к *Музыке Сфер*, которая и мудрость, и одиночество, и глубина, и Бог. Опять Бог? Да полно! Сказано ведь: вне Человека Бог – сущность избыточная, безболезненно отсекаемая бритвой Оккама. И ни консервативные религии, ни классический пантеизм Баруха Спинозы, ни современный панэнтеизм Артура Пикока, ничего тут не добавляют. Да и зачем Творцу делать Человека не из глины, как *написано* (что проще для Чудотворца и убедительнее для Его изделия), а из нуклеиновых кислот и белков, то есть из того же материала, из которого *днём* ранее Он создал кишечную палочку, кроликов и удавов? Зачем Он так несвободен от законов физики, им же и сотворенных? Не затем ли, чтобы Человек – подавив любопытство (или гордыню, если угодно) и *исполнившись волею Его* - с безропотной исполнительностью мелкого чиновника выучился не задавать “неудобных” вопросов? Не затем ли, чтобы таким образом вновь объявить научные истины грехом (или, что практически то же самое, альтернативной точкой зрения) и утвердить границы Вселенной по краям той самой площадки на слонах? И кому такая Вселенная желанна? *Этим* - со сколковскими стигматами? Или *тем*, кто, не стеснясь ни стигматов, ни невежества своего, утверждает ничтоже сумняшеся: “*Отбросьте прочь теорию Большого Взрыва – и вы обнаружите за ней Божью Вселенную*”. “Правда?” – отзывается мы вопросом, рискуя вызвать смутное подозрение и через секунду очередным вопросом это подозрение только усугубляя: “*И непостижимая эффективность математики* свидетельствует об этом скорее, чем даже о существовании Множественных Вселенных или “частицы Бога” – *бозона Хиггса*?”

---

<sup>63</sup> Джордж Бернард Шоу, “Назад к Мафусаилу”



И, конечно, никто в здравом уме не считает, что уверовавший физик - или полторы сотни таких физиков – аргумент в пользу бытия Божия. Да и атеисту не придет в голову выставлять число разуверившихся в качестве контраргумента. Что до самого Человека, то если ему, чтобы возлюбить ближнего (*этическая* сторона религии), требуется подсказка, подпорка и даже пример Создателя всего сущего, обусловленные верой в чудесную природу того и другого (“*физическая*” сторона религии), плохи его дела и незавидна участь: путаться будет его разум в поисках мировоззренческих решений, упрощая их до невежественной безвкусицы. Какой бы душевный подъем он ни испытывал на горе Синай, в Мекке или у буддийской Ступы. Да и Бог с ним! В конце концов, наша планета – святое для всех нас место, верующие мы или нет. Недаром, провожая погибшего летчика в последний путь, сослуживцы говорят “*Пусть земля будет ему Небом*”.

Так что же: генетический код и в самом деле - *роковой*, соответствующий гипотезе “*ключ-замок*”, и в том мире, химия которого такова, какова она есть, - неизбежно становится таким, каким мы его знаем? Или он все же - *замороженная случайность*, и мог стать каким угодно – в более широких рамках этой химии? Жизнь возникла слишком давно и в совершенно неизвестных условиях, чтобы искать ответы на эти вопросы, покусывая карандаш или подогревая колбу с сатанинской смесью изоцианидов, серы и фосфора. Какая самоорганизация могла привести к необычным, в высшей степени формальным, описанным в этой книжке, особенностям центрального феномена жизни – генетического кода? И почему это произошло так быстро? Если бы код был случайностью, один только перебор возможностей и получение максимально стабильной версии потребовал бы сумасшедшего времени. И хотя четыре с половиной миллиарда лет иначе не назовешь, все же и их было бы очевидно недостаточно. А тут еще и Разум успел возникнуть, способный оценить и проворство рук Создателя, и возможно, даже решить проблему ухода от неизбежного расширения Солнца. А у нас прошла только половина отпущенного для всего этого срока. Как это могло случиться? И опять: неужто мы одни во Вселенной? Неужто мы *так* уникальны? Скорее, в Бога поверю, чем этому! Но – в отличие от альтернативной, принятой религией, по меньшей мере, христианской, точки зрения – свою Автор считает гораздо более оптимистичной, ибо вера предлагает только одного серьезного собеседника в этой Вселенной – ее скучающего Творца. Ну чем, кроме вселенской скуки, можно мотивировать произвольное единоличное *создание* Универсума и дальнейшее рассеянное внимание к каждому из мириадов более мелких (но тоже штучных) *созданий* - независимо от того, молится ли оно непрерывно, жалуясь на жизнь, которая и вправду “*не бал, а ряд мучений*<sup>64</sup>”, или нет - не надеясь уже ни на какой бал.

Впрочем, Автор не склонен искать в иронии аргументацию своих взглядов, он лишь хочет поскорее оставить позади богословские рассуждения, понимая их безнадежность. Первый аргумент богослова (а право рассуждать о космологии он часто приписывает только себе), знакомого с современными физическими концепциями - это так называемая “тонкая настройка”. Имеется в виду вот что: если бы скорость на раннем этапе расширения нашей Вселенной отличалась от фактической хотя бы на одну миллиардную, вся материя либо сразу бы коллапсировала, либо разлетелась так быстро, что формирование звезд и галактик сделалось бы невероятным. Сильные и слабые взаимодействия лишь в весьма тонком диапазоне могли бы обеспечить появление водорода при Большом Взрыве и *металлов* (в астрономической терминологии) в звездах. Легчайшее отклонение электромагнитных сил в сторону от их фактического соотношения с гравитационными привел бы к невозможности протонов собираться в атомные ядра. И только существующее соотношение масс электрона, протона и нейтрона делает возможной привычную нам химию (и биологию). И так далее. Спрашивается, почему все эти факторы так тонко и точно настроены на появление жизни, а затем и тех, кто будет в состоянии все это оценить?

---

<sup>64</sup> М.А.Поликарпов, одоевский купец, поэт-самоучка (XIX век)

Возможны два варианта ответа на этот вопрос. *Естественный*:

- Большая Вселенная может включать в себя множество совершенно различных обширных областей, одна из которых (наша) случайно оказалась пригодной для жизни; мы не видим их, потому что горизонт каждой из них превышает десять миллиардов световых лет (для чего потребуется ввести новое понятие “скалярное поле”; для наших целей разговор о таких вещах не требуется). По существу, этот взгляд близок к концепции Мультиверса, о которой мы уже говорили.

И *неестественный* (или *сверхъестественный*):

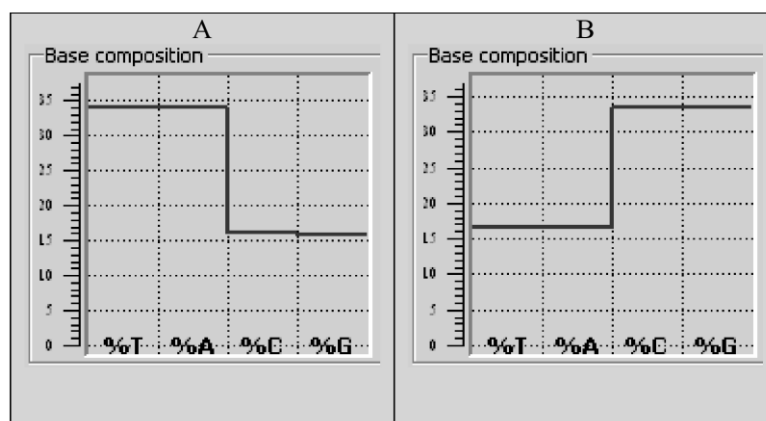
- То, что предыдущий вариант приписывает случайности, на самом деле – результат работы Творца, который так настроил характеристики Вселенной, чтобы они неизбежно привели к возникновению Разума в течение шести дней, каждый из которых в земной размерности составлял примерно 2 миллиарда лет.

Автор оставляет второй вариант без всяких комментариев, а “тонкая настройка” фундаментальных физических законов его не слишком занимает, поскольку она неубедительна в качестве богословского аргумента, и поскольку ее связь со структурой генетического кода – область натяжек и ничем не сдерживаемой фантазии. Справедливости ради, стоит, конечно, отметить, что знаний, накопленных сегодняшней наукой, совершенно недостаточно, чтобы обойтись без фантазии вовсе; с такой точки зрения, можно рассуждать и о Творце, и о его творениях и о гламурной суете в *творческих лабораториях*. Первый же взгляд на формально упорядоченные таблицы кода оставляет впечатление неслучайности его симметрий, никак не связанной с альтернативой “ключ-замок”/“замороженная случайность”. Основу кодовой упорядоченности составляет молекулярная масса кодирующих и кодируемых компонентов. Мы видели, что симметричный паттерн (рисунок) канонической таблицы кода проявляется немедленно, стоит только упорядочить триплетные основания по нарастанию или убыванию их молекулярных масс. Комбинация физико-химической природы и несвязанных с ней формальных особенностей (в том числе симметрий) ключевого феномена жизни оставляет ощущение мучительной загадки. Но это ощущение усиливается многократно, когда описанные формальные особенности выражаются в терминах арифметики, и в определенных системах счисления имеют весьма характерное написание, которое в начале книжки мы даже позволили себе охарактеризовать как *информационную символику*.

Молекулярная масса, как основной параметр упорядочивания двух составляющих живой материи – белков и нуклеиновых кислот – играет, по-видимому, значительно большую и не слишком понятную роль в организации этих молекул, чем это принято считать. Мы уже описывали воображаемый олигопептидный фрагмент (МПП), состоящий из всех 61 кодируемых аминокислотных остатков. Равновесие масс его константного хребта и переменных боковых цепей трудно объяснить – проще принять за данность и свойство генетического кода. Выраженное числом нуклонов, такое равновесие впечатляет абсолютной точностью.

Симметрии полипептидных цепочек заставляют присмотреться и к цепочкам нуклеиновых кислот (полинуклеотидным). Мы уже отмечали равенство масс комплементарных пар  $GC$  и  $AT$ , которое – к тому же – выражается все той же *информационной символикой* (в четверичной системе счисления, основание которой соответствует четверке оснований). Однако, в этом случае “хребет” полинуклеотида всегда тяжелее, чем его переменные части. Тем не менее, носители генетической информации также демонстрируют молекулярные симметрии – хотя и несколько другого характера. Одни из них гармонизированы с упомянутым равновесием комплементарных пар и называются *первым правилом Чаргаффа* (число  $G$  двойной спирали ДНК равно числу  $C$  этой спирали, а число  $A$  – соответственно – числу  $T$ ):  $G=C$ ,  $A=T$ . Первое правило естественно вытекает из структуры этой замечательной молекулы (в свое время оно – как раз напротив – послужило основой для понимания структуры ДНК). Два других правила

Чаргаффа – второе и третье – описывают соотношения пуринов и пиримидинов в составе ДНК ( $A+G=C+T$  или  $R=Y$ , как мы обозначаем здесь пурины и пиримидины) и вытекающее из первых двух равенство числа оснований, содержащих аминокислоты в положении 4 пиримидинового ядра и в положении 6 – пуринового ( $C$  и  $A$ ), числа оснований, содержащих оксо-группу в тех же положениях ( $G$  и  $T$ ):  $C+A=G+T$ ). Соотношение  $(G+C):(A+T)$  называют коэффициентом специфичности, и ДНК каждого вида имеет собственный коэффициент, который колеблется от 0.3 до 2.8. Не очень давно была обнаружена еще одна закономерность, касающаяся нуклеотидного содержания ДНК. Именно эту закономерность называют сейчас *вторым правилом Чаргаффа*<sup>65</sup>, поскольку перечисленные выше правила взаимозависимы (то есть составляют как бы *одно*) и поскольку его начальная формулировка была абсолютно тождественна первому правилу ( $G=C$ ,  $A=T$ ). Но относилась она *только к одной цепочке ДНК!* “С какой стати?” – отозвался известный ученый, когда впервые услышал об этом. Второе правило до сих пор остается загадкой и известно гораздо меньше первого. Справедливости ради следует сказать, что это правило хорошо соблюдается для разделенных поли-ДНК-цепей длиной 70-100 тысяч оснований (девиация – сотые доли процента), хуже – для длин 1-10 тысяч и практически не соблюдается для длин менее 100 нуклеотидов. Именно поэтому многие специалисты объявили это правило статистическим и тривиальным. В своих весьма любопытных и отлично написанных текстах в ЖЖ (<http://galicarnax.livejournal.com/>), названных “*Подумаешь, геном Ньютона!*”, замечательный, но неизвестный Автору автор, скрывающийся под ником *Galicarnax*, очень внятно показывает, почему *второе правило* вовсе нетривиально. “*Если сгенерировать длинную случайную последовательность из четырех оснований, - пишет он, - то в ней в силу статистики... количества всех четырех нуклеотидов будут примерно равны. Но в реальных геномах это не так. Там обычно либо А, либо В:*



*Геномы с почти равным распределением оснований – как в случайной последовательности – крайне редки*”. И при этом *второе правило* совершенно не связано с относительным размером кодирующей части генома, поскольку “*соблюдается и для ДНК человека, в которой кодирующие последовательности составляют менее 2%, и для ДНК бактерий, в которой они составляют 80-95%. Так что с белками это правило никак не связано*”...Зато само по себе это правило оказалось частным случаем более общего закона, который заключается в том, что “*в одной цепочке [природной] ДНК содержится примерно равное количество комплементарных олигонуклеотидов*”.

В лабораторной практике олигонуклеотидами называют 15-25-“членники”; на их идентичности у инфицированного, например, человека и инфицирующего его вируса

<sup>65</sup> Kohji Okamura, Weil J, Scherer SW, 2007, Evolutionary implications of inversions that have caused intra-ctrand parity in DNA, DioMed Central – BMC Genomics, 8:160  
<http://www.biomedcentral.com/1471-2164/8/160>

основана диагностика вирусной инфекции методами полимеразной цепной реакции или молекулярной гибридизации. Другой случай: обнаруженное нами *in silico*<sup>66</sup> (то есть, с применением специальных компьютерных программ геномного анализа) тождество серии коротких фрагментов (21-27 оснований) генома человека и некоторых вирусов, в том числе, герпесвирусов, дает возможность предположить причастность последних к нарушениям геномного баланса хозяина, не обязательно связанным с белковыми синтезами. В этих случаях речь идет о различных геномах и относится к совершенно другой феноменологии (к малым интерферирующим РНК, если точнее). Второе же правило описывает нуклеотидный состав единственной цепи ДНК, и размер олигонуклеотида, удовлетворяющий этому правилу, принципиально не может быть таким большим; он и вправду не превышает 9 оснований.

Второе правило Чаргаффа относится не только к ДНК-, но и к РНК-геномам также, включая однонитевые РНК- или ДНК-содержащие вирусы. Причины, его породившие, неизвестны. Наиболее распространенная гипотеза – геномные инверсии, первое, что приходит в голову. Она, тем не менее, сталкивается с трудностями, о которых мы говорить здесь не будем. Серия других описанных в этой книжке молекулярных балансов (симметрий) также с трудом поддается разумным объяснениям – разве что принимается как данность и даже как условие функционирования репродукционных механизмов живых систем. Но что озадачивает много, много, много более – это результаты оцифровки таких балансов в целочисленных параметрах, вызывающие аналогию с информационными сигнатурами – если, разумеется, относиться к ним серьезно.

Первая версия, которой Автор попытался объяснить такие числа, заключалась в том, что они не более, чем случайные совпадения, побочный продукт упомянутых симметрий. Трудно – если возможно вообще – рассчитать вероятность системных совпадений такого рода – особенно если принимать во внимание, что описанные здесь “информационные сигнатуры” относятся к искусственно вычлененным (“варибельным”) частям молекул обоих компонентов генетического кода. Значительно проще отнести к совпадениям (Автор так и думает) отдельные “замечательные” числа – например, трехзначное совершенное число **496**, которым, в частности, характеризуются равновесия боковых колонок матрицы кода. Конечно же, забавной случайностью является совпадение написания десятичного числа **3412**, которым выражается равновесие общих нуклонных масс боковых цепей и константных блоков МПП (*Глава Б1*), и порядка первых нуклеотидов этого пептида от его N- к его C-концу. Конечно же, очевидной случайностью является “числовое выражение равновесия” (но не само равновесие) комплементарных оснований в четверичной системе счисления:  $(G+C-3)=(A+T-2)=(11\cdot111)_4$ . Случайностью кажется, на первый взгляд, и “пифагорово соотношение”, которое в *информационных символах* демонстрирует Октет 1 каллиграммы кода. Вместе с тем, сопоставление этого соотношения с равновесием аналогичных компонентов каллиграммы в Октете 2 и межоктетное их соотношение (“золотое сечение”, выраженное в однозначных числах, то есть довольно приблизительное,  $666:1110=3:5$ , 4-я итерация в ряду Фибоначчи: 1,1,2,3,5,8,13,21,...) вновь и вновь возвращает к мысли о неслучайности или не слишком высокой вероятности таких совпадений. Однако, убедиться в справедливости этой мысли весьма непросто, а обилие *замечательных чисел* при симметриях кода, известная (точнее, совершенно неизвестная) часть которых может быть чистой спекуляцией, заставляет относиться к ним с изрядной долей скепсиса. Этот скепсис определяется, в первую очередь, тем, что достаточно допустить самую мысль о реальности *арифметической составляющей* в структуре кода, о какой-то *информационной символике* в его составе, чтобы неизбежный вывод оглушил своим невероятным

<sup>66</sup> A.Zabolotneva, V.Tkachev, F.Filatov, A.Buzdin, 2010, *How many antiviral small interfering RNAs may be encoded by the mammalian genomes?* Biology Direct 2010, 5:62

экстремизмом: код земной жизни является АРТЕФАКТОМ, то есть, творением разума. Такой вывод способен самым радикальным образом повлиять на мировоззрение *Homo sapiens*: людей, по большому счету, интересует не столько возникновение жизни вообще (интересует, конечно), сколько возникновение ее на нашей собственной планете. Если два эти события по своей природе существенно различны, то... в этом месте Автор пытается стряхнуть с себя наваждение и понять, не сможет ли помочь освободиться от подобной крамолы альтернативная “замороженной случайности” гипотеза “ключ-замок”, верификацией которой занимается сейчас ряд экспериментаторов. Цель этой работы - выяснение молекулярных механизмов формирования генетического кода, отслеживая их *in vitro* (“в пробирке”).

Менее прицельные эксперименты, начатые еще алхимиками с целью получить гомункулуса (*маленького человечка*) в колбе, продолженные знаменитой попыткой Юри и Миллера, получивших в колбе соединения, из которых мог бы такой гомункулус состоять, продолжают и сейчас, обновляемые введением в систему дополнительных параметров, предполагаемых на ранней Земле. В самом общем виде об экспериментах этого рода мы уже говорили. Очень похоже, что их задача может быть выполнена только если в колбе будут аккумулированы *все* начальные параметры. Между тем, по крайней мере, три из них до сих пор в этой работе не предусматривались. Первый – это воспроизведение не столько мыслимых на сегодня благоприятных условий для возникновения жизни, сколько их бесконечного *разнообразия* в замкнутом пространстве лабораторной колбы. Вряд ли молекулярные процессы, которые привели к возникновению жизни (генетического кода), происходили в единственном пузырьке, вмещающем несколько сотен или тысяч или даже миллионов молекул. Вероятнее, таких пространств-пузырьков было множество – в одних формировались различные варианты гиперциклов Эйгена, в других происходили отдельные события, моделируемые более прицельными экспериментами; позднее эти пузырьки объединялись в самых различных вариантах – пока не случилась комбинация, имевшая эволюционную перспективу.

Второй, не использованный до сих пор в таких экспериментах параметр – это время, то есть, миллиард лет напряженной работы. Классический эксперимент Стенли Миллера (1952г) длился неделю и показал наличие в реторте 5 аминокислот. Миллер повторил свой эксперимент в 1958г, добавив в исходную смесь сероводород, в избытке содержащийся в продуктах вулканических извержений. Часть образцов он оставил нетронутыми. Спустя полвека Джеффри Бада из Института океанологии Калифорнийского университета в Сан-Диего проанализировал эти образцы и обнаружил в них ещё и серусодержащие аминокислоты, которые были продуктами реакции, а не результатом жизнедеятельности контаминирующих бактерий. В определенной степени это, конечно, результат применения современных методов анализа, неизвестных во времена Миллера. А если бы и сам эксперимент длился 50 лет? А если бы он длился ту же неделю – но в библейском исчислении, в котором один день – это два миллиарда лет? Прицельными экспериментами – с небольшим числом рационально подобранных компонентов - мы пробуем сократить необходимое для эксперимента время, но пока неясно даже, двигаемся ли мы в правильном направлении.

Наконец, третий параметр – это ввод в систему гравитационного ритмоводителя, не слишком понятную роль которого (облигатную или факультативную - неизвестно) в природе играет Луна. Собственно, весь этот “эксперимент” уже поставлен (правда, не нами), мы – его отдаленный (хотя, возможно, и не конечный) результат.

В настоящее время одними из наиболее интересных экспериментов первой группы, целью которых является выяснение конкретных молекулярных механизмов формирования генетического кода, являются эксперименты с так называемыми аптамерами, небольшими молекулами РНК или одноцепочечных ДНК, структура которых (выясняемая опытным путем) делает их высокоаффинными специфическими лигандами по отношению к молекулам изучаемого вещества. Аптамеры, используемые для исследования

происхождения генетического кода, отличаются определенным, пусть и не слишком сильным, стереохимическим сродством с аминокислотами. Такие аптамеры отбираются из комбинаторных библиотек РНК-олигонуклеотидов специальными методами (SELEX-методы от англ. *Systematic Evolution of Ligands by Exponential Enrichment*), суть которых заключается в каскадном обогащении отдельных компонентов этих библиотек, отбираемых на сорбентах, с последующим секвенированием сконцентрированного и очищенного продукта.

Почему аптамеры так привлекательны? Во-первых, потому, что тРНК – по крайней мере, для десяти аминокислот – узнается соответствующей АРСазой и присоединяет специфическую аминокислоту даже если эту тРНК “обрезать” до размера акцепторной мини-спирали (иногда и короче), содержащей ССА-3'-конец<sup>67</sup>. И наоборот: “обрезанная” молекула АРСазы (в некоторых случаях – обрезанная таким образом, что она “не достает” до антикодона) сохраняет тРНК-специфичность. Эти поразительные наблюдения привели исследователей<sup>6</sup> к мысли о существовании особого, “операционального” кода, который определяет самостоятельное узнавание молекулами АРСаз “своих” тРНК по последовательностям акцепторного стебля в районе “посадки” аминокислоты.

Во-вторых, оказалось, что определенные аминокислоты (не все) обладают выраженным сродством к некоторым РНК-аптамерам – в частности, к таким, которые содержат кодоны и антикодоны, узнающие эти аминокислоты в соответствии с современным генетическим кодом. Исследователи отмечают независимость такого сродства от механизмов трансляции, так что жизнь в принципе могла его использовать и до формирования этих механизмов. Последующие адаптации привели, в конечном счете, к возникновению известной сегодня трансляции, основными компонентами которой являются тРНК и АРСазы. И если ранние АРСазы имели, скорее всего, РНК-природу, то гипотетический претрансляционный *операциональный код* мог быть использован для сборки первых аминокислотных последовательностей – пептидов, способных по эффективности полезных функций выигрывать соперничество с ферментами РНК-мира. Не факт, что этот примордиальный код был даже триплетным. Выяснилось, в-третьих, что сродство аминокислот с аптамерами определяется наличием в составе последних, скорее, антикодонных, нежели кодонных участков.

Гипотеза Сергея и Александра Родиных<sup>68</sup> предполагает, что на ранних этапах *операциональный код* был ориентирован на РНК-последовательности, ставшие позднее акцепторным стеблем тРНК. Он кодировал четыре-шесть аминокислот; постепенно этот набор обогащался, расширяясь по флангам, пока из первичного кода не выделился тот строгий вариант, который мы сегодня и называем универсальным генетическим. Не слишком, но все же заметная регулярность структуры тРНК, навела этих исследователей на забавную мысль о поэтапной эволюции молекулы тРНК в результате последовательного удлинения (по схеме Фибоначчи) двух исходных компонентов – антикодонного триплета (3 основания) и “хвоста” молекулы 5'-DCCA-3' (4 основания), где D – неспаренный нуклеотидный детерминатор (73-й нуклеотид; обычно это пурин – А, реже G); “хвоста”, к которому прикрепляется аминокислота: 3,4,7,11,18,29,47,76. Шестая итерация привела к числу, соответствующему “стандартной” длине тРНК. Близки к этой гипотезе соображения Деларю<sup>69</sup>, который предположил существование каскадного двоичного механизма

---

<sup>67</sup> Schimmel P, Beebe K (2006). *Aminoacyl-tRNA synthetases: from the RNA world to the theater of proteins*. In: Gesteland RF, Cech TR, Atkins JF (eds). *The RNA World*. Cold Spring Harbor Lab. Press, Plainview, NY, pp 227–255.

<sup>68</sup> Rodin AS, Szathmary E, Rodin SN, 2011, *On origin of genetic code and tRNA before translation* Biology Direct 2011, 6:14

<sup>69</sup> Marc Delarue, 2006, *An asymmetric underlying rule in the assignment of codons: Possible clue to a*

узнавания АРСазой “своей” тРНК – начиная со второй буквы кодона. Здесь нет необходимости вдаваться в детали, тем более, что молекулярный механизм каскадов Деларю остается неясным.

Так или иначе, рибозим, осуществлявший в машине первичного кодирования функцию АРСазы, неизбежно должен был обладать и матричными свойствами, которые позднее – при замене рибо-АРСаз на белковые – могли участвовать в формировании пар кодон-антикодон. При этом эволюция не делила цепи РНК на кодирующую (смысловую) и не кодирующую (анти-смысловую): первоначально обе они были кодирующими, что еще в 1979г предположили Эйген и Шустер. Именно такая симметрия могла развести будущие белковые АРСазы на два класса, которые, в свою очередь, придали ацилируемым аминокислотам их взаимную групповую симметрию. С определенными оговорками эта симметрия нашла свое выражение в одной из модифицированных таблиц генетического кода, которую предложили Родины, *назвав ее неслучайной*. Мы не приводим ее здесь, поскольку симметрия тех таблиц кода, которые мы уже описали (в первую очередь, *матрицы*), представляется более выраженной – также, как их оцифровка. Матрица указывает, в том числе, на вторую букву кодирующего триплета как на детерминатор гидрофобности (гидрофильности) кодируемой аминокислоты, в то время, как первая его буква (в меньшей степени третья) определяет ее массу.

Длительная и кропотливая экспериментальная работа, поиск едва заметных следов, отмечавших происхождение и историю генетического кода, всё это почти детективное расследование природы генетического кодирования буквально завораживает интеллект современного биолога, “траченного”, несмотря на все предостережения, почти лапласовским детерминизмом и механистическим мышлением, неизбежными знаками времени. Биология долго ещё будет исследовать “молекулярные машины” трансляции, репликации и кодирования, “механизмы” зрения, свертывания крови и т.п., не отдавая себе отчета в том, что ее предмет находится в полушаге от квантового мира, “механика” которого – никакая не механика, а детерминизм для которого - противоестествен. Но эти исследования постепенно обогащают наши знания и рождают новые увлекательные гипотезы и предположения. В этом описанные выше числовые особенности генетического кода, однажды обнаруженные, но не обогащенные пока пошаговой экспериментальной работой (требующей намного большего масштаба), казалось бы, уступают молекулярным исследованиям. Такая работа, однако, впереди.

Гипотеза “ключ-замок” подводит нас к мысли о том, что генетический код мог сформироваться примерно одним и тем же одновременно в нескольких местах с благоприятными условиями на первичной Земле. Более того, он, вероятно, должен оставаться таким же, будучи сформирован в благоприятных условиях и за ее пределами. Известные (хотя и небольшие) отклонения от универсальной версии могут в этом случае быть результатом исходных различий серии кодов, возникших независимо. Эта гипотеза не исключает, однако, и того, что код мог возникнуть в единственном месте, в котором случайно были скомбинированы необходимые условия. Тогда указанные отклонения можно считать результатом дальнейшей эволюции кода в меняющихся условиях. В любом случае и “ключ”, и “замок” соответствовали друг другу не слишком точно, допуская определенный люфт, который свидетельствует о том, что эксперименты с аптамерами не стоит трактовать однозначно. Какой контраст с “гипотезой” *точной подгонки*, приписываемой Господу! С другой стороны, отклонения от универсального кода (их перечень и характер можно найти в ГенБанке<sup>70</sup>) могут серьезно нарушить симметрии матрицы и каллиграммы, а природа инструмента коррекции этих отклонений, приводящей к фиксации описанной здесь кодовой арифметики, совершенно неясна. Во всяком случае,

---

*quick early evolution of the genetic code via successive binary choices* RNA, 10.1261/rna.257607

<sup>70</sup> <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Utils/wprintgc.cgi?mode=c>

естественная природа этой арифметики представляется чрезвычайно странной. Либо мы должны считать ее просто забавной иллюзией - подобно совпадению числа 76 в *фибоначчи-подобном ряду* Родиных и наиболее частого числа оснований в молекуле тРНК. И даже в этом случае, отмахнуться от всех этих симметрий, совпадений, “информационных символов” и т.п., однажды обнаружив их, невозможно. Они вновь и вновь притягивают внимание, поражая и красотой, и тайной, и самим своим существованием.

Современный естествоиспытатель вряд ли легко согласится (если согласится вообще) с тем, что генетический код - это артефакт, даже если это когда-нибудь станет фактом (*невольный каламбур*): несовместимая с сегодняшней наукой малохудожественная фантастика, *конкретный косяк*, как скажут нынешние *блаженные младенцы*. Трудно в наши дни думать об инопланетянах, иначе, чем о каких-то зеленых человечках, жутких монстрах или всемогущих ангелах во плоти. Но что мы скажем о нашей собственной цивилизации, если она – просуществовав достаточно долго – сумеет, в конце концов, освободиться от нынешнего убожества (что ни говори, но надежды на это она еще подает)? Неизбежным следствием развития технологий и науки станут, в частности, все более успешные попытки промоделировать условия возникновения жизни с помощью суперкомпьютеров будущего. Надежная верификация этих попыток, в конечном счете, потребует увеличения масштабов лабораторной реторты, “плавильного котла”, в котором будут осуществляться теоретически рассчитанные молекулярные процессы, - вплоть до планетарных. Чистота и законченность такой экспериментальной работы потребует полной изоляции реакционной смеси (целевой планеты) и продуктов реакции. Возникающие в ходе этой работы хиральная чистота определенных веществ и генетический код, обеспечивающий уверенное воспроизводство молекулярных носителей информации, заключенных в клеточные структуры, будет означать, что эксперимент идет “в штатном режиме,” и естественное любопытство ученых потребует продолжить его до полного завершения, то есть до того момента, пока на *целевой планете* не появятся *разумные существа*, способные не только – как сегодня мы сами - искать ответ на вопрос о происхождении жизни, но и освободить собственную цивилизацию от каких бы то ни было внутривидовых войн и идиотских *властей от Бога* с их идиотской политикой. Только в этом случае с ними можно будет разговаривать, только в этом случае эксперимент можно считать успешным. До его завершения *создатели* приложат все усилия, чтобы оградить свои создания от каких бы то ни было “межзвездных” контактов.

Если дело пойдет подобным образом (а иначе и невозможно представить себе цивилизацию *Ното*), то, потребуется обязательно промаркировать эксперимент – чтобы потом не сомневаться в возможных контаминациях и легко отличать *создания* от визитирующих *создателей*. Такая метка должна быть помехоустойчивой и чрезвычайно стабильной (эксперимент продлится, скорее всего, около 5 миллиардов лет). Генетический код (оставляющий в рамках такой помехоустойчивости еще достаточно широкий выбор вариантов) – это, похоже, единственный пластический материал, на котором можно оставить несмываемую временем метку, клеймо, тавро, *информационную сигнатуру*, отпечаток, знак, “лейбл”, бренд – что угодно, свидетельствующее об артефакте, искусственной природе, неслучайности такого выбора. Экспериментаторам необходимо при этом следовать физическим и химическим законам и для будущих белков выбирать такие аминокислоты, аффинные аптамеры к которым или другие факторы, по крайней мере, не мешали бы формированию будущих стабильных кодонов. При этом *исходный код* – код жизни, произошедшей когда-то во Вселенной “первой”, может отличаться от *дочернего* совсем ненамного. Возможно ли это в принципе - должен, как будто, показать анализ аффинитета различных аптамеров к альфа-аминокислотам, не вошедшим в нашу земную “элитную двадцатку”.

Цивилизация, которая окажется способной поставить описанный выше эксперимент, должна будет также обладать средствами наблюдения за ним. Возможны ли они и какими будут, Автор судить не берется. Он не может представить себе ни прикладного будущего



т.н. *квантовой телепортации*, ни контроля над течением времени, ни того, каким образом можно использовать темную материю, ни способности представителей сверх-цивилизации “прикидываться венграми”. Но в чем он, всю жизнь занимаясь молекулярной биологией, уверен абсолютно, так это в том, что у неудачного эксперимента перспектива всегда одна: хромпик-канализация. Хромпик (3%-ный раствор бихромата калия в концентрированной серной кислоте) разрушает “грязь” предыдущего биохимического опыта, смывая ее со стенок стеклянной посуды, после чего колба многократно прополаскивается; вода сливается в раковину. *Хромпик* – это войны с “гарантированным” взаимным уничтожением, а о том, что такое *канализация*, узнают те немногие, кому все же “свезёт” уцелеть в последней из них, поскольку *гарантии не дает даже страховой полис*. Вряд ли хорошо промытая реторта сгодится для следующей попытки создать жизнь; если грязь в ней все-таки сохранится, тогда от уцелевших бактерий может, в принципе, произойти только новый *сапиенс*. Но пока эксперимент продолжается, нельзя рассчитывать на то, что нам удастся обнаружить разум за пределами “нашей” *лабораторной колбы*, которая - *пустынный шар в пустой пустыне*. На то, что экспериментаторы будут с нами разговаривать, тоже надежды мало. Не о чем, да и военщина наша (или “вражеская”) – случись ей разобрать инопланетную речь - немедленно попытается засекретить “контакт”, воображая, что ей удастся привлечь *инопланетян* на свою сторону. Надежда на это - пустой номер, о чем и писал Станислав Лем в “Голосе Неба”. Поэтому клеймо, которым помечена жизнь на Земле, что-то говорит *только тем*, кто его поставил. Можно представить и другие сценарии развития событий; не будем фантазировать. Но со стороны экспериментаторов нам на Земле вряд ли что угрожает: *хромпик* мы готовим себе самостоятельно.

Рассказывая о соотношении чисел Фибоначчи, популяризаторы математики демонстрируют множество примеров *золотого сечения*, в основе которого лежат эти числа – от организации спиральных галактик до расположения семян в цветке подсолнечника. Особенно пылкие лекторы сравнивают эти примеры с отпечатками пальцев Бога. Оставляя на их совести столь яркий образ, заметим, что отпечатки пальцев оставляет любой человек – обладает он творческими способностями или нет. Обсидиановое рубило, которое только что изготовил наш пращур, было густо покрыто отпечатками его пальцев. Об артефакте, однако, свидетельствуют не давным-давно стертые отпечатки, а следы обработки рубила, его грубая симметрия и, в первую очередь, его очевидное назначение. Симметрия сама по себе не была задачей *Homo sapiens*, она была побочным, хотя и не случайным, продуктом его работы – насколько того требовала функция рубила.

Неслучайность, о которой мы говорим, в определенной степени иллюстрирует и такой пример. Современный русский алфавит содержит 33 буквы. Предупреждая насмешливую критику, скажу, *красивый дублет* тут ни при чем. Тем более что нас сейчас больше интересует число 32, которое можно поделить пополам хоть пять раз. Для этого следует исключить из современного алфавита только твердый знак **Ъ**, часть функций которого легко передается мягкому **Ь**: скажем, слово “объем” смотрится непривычно, но звучит точно так же, как и “объём”; то же можно сказать о парах *предъявить* и *предьявить*, *адъютант* и *адьютант* – и т.п. Примем буквы **Ь** и **Й** за знаки смягчения согласных (в первом случае) и гласных (во втором). Если теперь поделить алфавит на две равные части, то сечение придется на промежуток между буквами **О** и **П**. В результате мы получим симметрии, которые, скорее всего, *невольны* стали результатом сознательной работы великих просветителей – Кирилла и Мефодия: число гласных (10) и число согласных (20) делится упомянутым сечением на две равные части – по 5 и по 10 - соответственно. Симметрия отличает и латинский алфавит, где только 6 гласных, поровну разведенных подобным сечением (промежуток между **М** и **Н**) на две его половины: **АЕІ\*** и **ОУҮ\***. В русском алфавите имеет место любопытная симметрия расположения и самих гласных:

А	Е	И	Ё	Й	О	У	Ь	Ю	Ы	Э	Я
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Ряд гласных разделен синей ячейкой на две части, относящиеся к первой и второй половинам алфавита. Края ряда (по три симметричных серых ячейки) содержат парные

(твердые и мягкие) гласные, по одной паре (твердая/мягкая, буквы Ё/О и У/Ю) содержит каждая половина алфавита. Симметрично расположены в таблице и мягкие знаки: Ъ (для гласных) и Ь (для согласных). Порядок гласных в правой половине таблицы отличается от алфавитного только местоположением буквы Ю.

Симметрично в русском алфавите расположены и согласные: в первой половине его локализованы звонкие согласные, соответствующие им глухие – во второй. Все шипящие – во второй половине алфавита, в чем, наверное, можно увидеть артефакт, если допустить, что об этих буквах составители думали в последнюю очередь. Человеческая логика невольно привержена симметриям при попытках что-то организовать (особенно если ставить задачу это “что-то” легко запоминать). Так что же такое (русский) алфавит? “Замороженная случайность”? “Неизбежный результат” работы просветителей?

*Замороженная?* – Да. В том смысле, что эволюционирует медленно. *Случайность?* – Конечно: могла быть и другая. *Неизбежный результат?* – Вряд ли он так уж неизбежен. Занятно, но эти ответы на эти вопросы можно отнести и к сегодняшней российской власти. Только слово *просветители* в таком случае придется тут же заменить.

И все же неслучайность описанных в этой книге симметрий универсального генетического кода не особенно хочется относить на счет инопланетного разума. Межклеточное соотношение нуклонных масс переменных частей молекул кодируемых аминокислот, то есть, золотое сечение – тоже. Даже тетраэдрическая модель кода интересна, наверное, не сама по себе, но как выражение его внутренних симметрий, обусловленных какой-то неизвестной еще физической необходимостью молекулярных равновесий. Зато оцифровка нуклонных масс этих симметрий и соотношений, выражение их числами, которые практически невозможно рассматривать иначе, как *информационные символы* в десятичной (и не только) системе счисления, требует уже других объяснений. То же относится и к оцифровке компонентов кода порядковыми числами, которую можно рассматривать не только как паттерн, но как дизайн, исходную идею, “синьку” *блупринт* генетического кода.

Отпечатки пальцев Бога? Ну да, если Бог – это сверх-цивилизация, которая ставит на нашей планете свой впечатляющий эксперимент *своими руками*, на которых (руках) по десять пальцев, которые (пальцы) привели к выбору системы счисления цифровой метки. Так это или не так, но увидев однажды описанную выше картину, забыть о ней – как мы уже говорили - нельзя. Не мог забыть о ней и Автор. Как не мог забыть – согласно мифу – царя иудейского Иешуа Га-Ноцри отправивший его на Голгофу *пятый прокуратор Иудей всадник Понтий Пилат*. Но Пилата вряд ли заботила трагическая судьба кого-либо из длинной череды им казненных – даже если тот и произвел на него какое-то впечатление одним из своих пророчеств. Тогда в Иудее, как и сегодня в России, пороков и чудотворцев тьма была египетская. И уж, конечно, он вряд ли испытывал, справляя должность, какие-то муки совести. Вообразите себе душевные страдания *штирлицевского* шефа РСХА Эрнста Кальтенбрунера, ничем от Пилата не отличавшегося (хочется думать, что тот был все же чуточку умнее и ироничнее), когда за пару месяцев до грандиозного краха он отчитывал своего подручного за неудачу с уничтожением Кракова: “*Людей мало, Крюгер, дел много. Очень много дел*”.

Но прошли годы, десятилетия, столетия и тысячелетия - и неутоленная *нравственная потребность людей*, побуждаемых, к счастью, не только экономическими рычагами, опрокинула и первый Рим, и второй, и множество последующих деспотий и республик, конфедераций и федераций, демократий и царств – независимо от того, хорошие ли строили там дороги или нет, больше там было правоведов, чем прав, или наоборот, *выносимо* ли там было унылое вранье воровской власти или невыносимо. И опрокинет еще не одну. Эта потребность сотворила и Христа, придав ему статус Сына Божия, и чуткую совесть Пилата (покончившего, как утверждают, жизнь самоубийством много позже известных событий). С молитвой люди припадали к очередному кумиру, ожидая *спасения* от собственных грехов - вранья и жестокости, воровства и жадности, жажды власти,

готовности унижать слабых, равнодушия и трусости. Но если все это – неотъемлемые свойства природы *Ното разумного*, могущество которого – включая мощь его оружия – непрерывно растет, тогда перспектива остается единственной – хромпик-канализация. Ну, и Кальтенбрунер – как увертюра к ней. Сказано же: *Не сотвори себе кумира!* К какому бы из них ни относился этот завет.

Эта книжка – не о нравственных проблемах *Человека sapiens* и не о трактовке библейских сюжетов. Но проникая воображением за пределы родной планетной системы и рассуждая о происхождении жизни и ее множественности во Вселенной, Автор не может ограничиться лишь сегодняшними данными естественных наук. Не может он также – будучи в здравом уме и трезвой памяти – “отбросить прочь теорию Большого взрыва, чтобы обнаружить за ней Божью Вселенную”, что предлагают ему всякие “австралийские ученые”, уверяющие, что стандартные модели этого взрыва *попросту не заслуживают доверия*, и что *космология принадлежит только христианам*. Молекулярная биология предлагает нам картину первых шагов (и они долго еще будут первыми) проникновения науки в проблему происхождения жизни, одной из центральных звеньев которой является проблема формирования генетического кода. Автор не писал монографию, и за пределами его текста (но не его внимания!) осталось немало работ выдающихся ученых, посвященных проблеме кода, среди которых, например, Анатолий Альтштейн из Института биологии гена в Москве, Эдвард Трифонов из Университета Хайфы, Массимоди Джулио из Института генетики и биофизики в Неаполе и многие, многие, многие другие...

...Внезапно Автор замечает, что тройка ученых (Altstein, Trifonov, diGiulio), случайно пришедших ему в голову первыми из длинной череды причастных к теме, образует начальными буквами имен стартовый триплет *ATG*, первый в кодонной последовательности большинства генов. Забавно, конечно, но *так глубоко* Автор *не копает*©. Исследования этих ученых основаны на экспериментальных данных, и им, скорее всего, не будет близкой изложенная здесь версия панспермии. И все же – в прошлом не более, чем легкомысленная фантастика, эта гипотеза, похоже, имеет под собой отнюдь не легкомысленные аргументы, которые и сами по себе требуют оценки. А сама гипотеза по-прежнему остается “настолько дикой, что, вполне возможно, в конце концов, окажется правильной!” *Человек мал*, – сказал однажды лорд Дансени, – *а Ночь длинна и полна чудес*.

.....

С большим удовольствием Автор отмечает, что одно из тех чудес, на которое он надеялся одиннадцать месяцев и сто одиннадцать страниц назад, произошло: он очень сдружился с *Маком* – еще до того, как кончил все это писать. В чудеса другого рода Автор не верит. Вряд ли на холодных скалах Миранды<sup>71</sup> обсидиановым рубилом выбиты трехзначные *информационные символы*, вроде описанных в этой книжке, а в метановых морях Энцелада<sup>72</sup> эти символы формируются молекулами тамошних (пока не продажных) углеводородов. Вряд ли на пыльной поверхности Юноны случайно отпечатана эта книжка. Да и стоит ли она того, чтобы отпечатываться даже на такой малой планетке-астероиде? Как писал Евгений Петров, “*кто его знает, хорошая это книга или плохая? Похвалишь, а потом окажется, что плохая. Неприятностей не оберешься. Или обругаешь, а она вдруг окажется хорошей? Засмеют. Ужасное положение!*” Но Юнона Юноной, а что же здесь, на Земле? Игра Природы, отраженная игрой ума, приписывающего игру Природе? Шутка создателей, прелесть которой едва ли способны оценить недоверчиво улыбающиеся создания, часто неспособные даже слышать ее? Нет ответа. Вот почему Автор счёл своей задачей привлечь к ней внимание и позволяет себе еще раз напомнить слова патера Кигана,

---

<sup>71</sup> спутник Урана

<sup>72</sup> спутник Сатурна

под которыми, не дожидаясь *четырнадцатого числа весеннего месяца нисана*, подписался бы, непременно усмехнувшись тому, как поймут это потомки, и пятый прокуратор Иудеи всадник Понтий Пилат: *Every jest is an earnest in the womb of Time – Каждая шутка оборачивается истиной в лоне Вечности.*

## Глава ∞.

### МЫСЛИ ПОД ЛЕСТНИЦЕЙ (XVI)<sup>73</sup>

Уважаемый Феликс Петрович!

Прочитал Ваш труд. Понял немного, но восхищен. Понять все (или многое) смогут лишь те, кто, как Вы, знаком и с философской, и с научной стороной проблемы. Вообще, наверно, будущих читателей можно разделить на три категории. Первая, весьма немногочисленная, знакома и с философией, и с молекулярной биологией. Она сможет всерьез оценить достоинства концепции. Вторая знакома с чем-то одним, и то лишь в определенной степени, что позволяет восхититься логикой и глубиной, но не судить о сути дела (я отношу себя к этой категории). Третья, наиболее многочисленная, вообще не поймет, о чем речь, но сможет насладиться живостью слога и искусным построением каждой главы и всей книги в целом.

Н.В.КАВЕРИН,

Академик РАН, Институт вирусологии им Д.Ивановского, Москва.

Уважаемый Николай Вениаминович!

Спасибо Вам огромное за весьма лестную оценку моих небрежных литературных арабесок. Готов согласиться с Вашей классификацией, добавив к ней две дополнительные категории - тех, кто *не поймет*, но сможет насладиться зрелищем горящей бумаги, и тех, кто *поймет всё*, и еще большим чувством насладится тем же зрелищем. Кстати, когда с темой познакомился Бернард Ройзман, он произнес одно только слово: *Difficult*. Моя неспособность передать простые мысли простыми словами очень огорчает меня. Сколько уже попыток - ну нет таланта!

С неизменным уважением,

ФФ.

*Не понимаю, как это люди могут интересоваться подобными вещами? Отказываюсь комментировать.*

М.С.Гельфанд,

Доктор биологических наук, профессор,  
Институт проблем передачи информации РАН

(высказано при случайной встрече на семинаре в Институте Гамалеи - в ответ на вопрос Автора, что думает уважаемый рецензент о статье, которую журнал "Природа" послал ему на отзыв, поскольку редакция не ожидала такого текста от специалиста по вирусной безопасности переливаний крови и не была готова даже понимать его).

Уважаемый Михаил,

согласен с Вами: черт знает, чем интересуются людишки на этом свете – даже те из них, которых вроде и в невежестве-то не упрекнешь! И не о гималайских ведь генофондах пишут, черти, не об атомной бомбардировке Мохенджо-Даро, не об извлечении света из огурцов, не об останках *Хомо сапиенс* в меловых отложениях и даже не о том, как махом эдемизировать Россию! Нет, лучше бы гепатитом заражали людей поменьше, ей-богу, право! И опять согласен. Но на это бюджет тратить надо - а не воровать, сорить разовыми нацпроектами или соблазнять интернов сомнительными миллионами. По множеству причин, включая даже ту, что правопорядок в РФ определяется в наше время наличием воров и неспособностью властей с ними справиться, меня, человека, причастного, скорее, к молекулярной биологии и к вирусной безопасности переливания крови, человека, ни на чем не настаивающего, заинтересовал вопрос, *можно ли в принципе доказать*, что числа вида  $n^{111}n$ , которыми перенасыщен упорядоченный и оцифрованный

---

<sup>73</sup> Французы говорят: *Что-то путное начинает приходить в голову только после того, как тебя выставили за дверь и спустили с лестницы.* Глава ∞ (неоконченная) войдет во второе издание книжки – исправленное и дополненное.

генетический код, являются простой случайностью, “естественным” математическим курьезом? Привлечь внимание именно к этому вопросу и стало целью книжки, которую я написал позднее. А вопрос, на который Вы отвечаете так безапелляционно, то есть вопрос, *нужно ли это доказывать*, я не задаю; негативный ответ на него для меня не так очевиден, как для Вас. А потому вновь соглашусь с Вами: пестрота этого мира (и обилие российских болванов - как отражение данной мировой особенности) просто удручает. Людей науки гораздо меньше, чем просто людей, но и про них сказано: *ученых много, умных мало*. А иначе и науки бы не было, не так ли, доктор?

С неизменным уважением,

ФФ.

*Феликс Петрович!*

*В художественном отношении Ваша книжка написана здорово! Что до научного, то для подхода к решению проблемы хотелось бы (от автора этого не требуется) иметь какие-то асимптотические формулы типа коэффициентов Клебша-Гордана, но для очень большого числа членов. Естественно, что никто этого никогда не делал... Решать такую задачу можно было бы, если озадачить развитием асимптотики, скажем, китайцев (их много), снабдив каждого суперкомпьютером. А просто пытаться что-то делать с матрицами размером  $2^{120} \times 2^{120}$  - ну, не знаю...*

Доктор физ-мат. наук М.В.АЛТАЙСКИЙ,  
Объединенный Институт ядерных исследований, Дубна,  
Институт космических исследований РАН, Москва.

Дорогой Миша,

спасибо Вам за добрую оценку моей книжки. К сожалению, я ничего не понимаю в коэффициентах Клебша-Гордана, испытывая лишь внутренний трепет от завораживающего звучания этих загадочных слов. Что до предложения привлечь китайцев, оно напомнило мне один из мифов современной вирусологии в изложении Бернарда Ройзмана (Университет Чикаго): *исследования того или иного вируса становятся наиболее плодотворными тогда, когда число его исследователей, хотя бы по порядку величины, приближается к числу нуклеотидов его генома*. Станислав Лем тоже упоминал “праксеологическую истину”, в основе которой лежит простая арифметика: *если два землекопа выроют яму за три часа, то сто тысяч сделают это за долю секунды*. И товарищ Сталин, сравнивая численное превосходство наших простых Т-34 над качественными немецкими “тиграми” в Курском сражении, справедливо заметил: *Количество – это тоже качество*. Так что я не возьму на себя отвагу усомниться в причастности к делу указанной Вами асимптотики.

С неизменным уважением,

ФФ.

*Дорогой Феликс Петрович,*

*Не могу сказать, что до конца разобрался в рукописи. По математике ничего не пишу. Там все достаточно сложно, и понадобится время чтобы понять. Но как крупный дилетант, набросал некоторые общие замечания:*

- 1. Интересный труд, но весьма испытывает лояльность читателя.*
- 2. Наряду с точными и острыми мыслями и наблюдениями, есть вещи, которые иначе как пустой болтовней не назовешь.*
- 3. Жанр этого произведения не определен, как не определен круг читателей. Как бывший поклонник Беллоу, а ныне его достаточно резкий критик не могу не отметить некоторого его влияния. Далеко не всегда в лучшую сторону.*

***Что пошло бы рукописи на пользу:***

- 1. Выбросить введение. Там почти все - пустые разговоры. Эффективно использовать для повышения артериального давления у оппонентов.*
- 2. Выбросить новоизобретенную нумерацию глав со всеми сопутствующими словесными рюшами. Рукопись и так перенапрягает мозг.*
- 3. Выбросить богоборчество. Кусочки симметрий в наблюдаемых экспериментальных данных для*

этого недостаточно убедительны.

4. Выбросить политику. Хотя эти кусочки написаны блестяще, но здесь они только вредят.

5. Резко сократить мемуарную составляющую - оставить только то, что повлияло на данную работу.

6. Выбросить рассуждения про большой взрыв и про первые 10 в степени минус бесконечность секунд после его начала. Это еще хуже, чем богоборчество.

7. Ограничить использование разных шрифтов и заглавных букв для подчеркивания мыслей, понятий и др. Такая мнимая многозначительность мешает воспринимать даже очень интересные вещи.

8. Ироническая интонация, а также некоторая самопародия и гротеск очень идет той части рукописи, где содержатся самые смелые мысли. Чем менее серьезно их излагать, тем меньшее отторжение они вызовут у читателя.

9. Может быть, все, что мне так и хочется выбросить, надо просто отделить в отдельный философский трактат. У которого точно найдется свой круг читателей.

**Что мне очень понравилось:**

1. очень интересно, даже искрометно написаны многие вещи из истории науки. Я про это ничего не знал.

2. Идею рукописи всячески поддерживаю. Наблюдая нынешнее развитие молекулярной биологии, относить искусственное происхождение жизни к лженауке абсурдно.

....

Прошу в пианиста не стрелять, советы были выбиты насилием над личностью. Ой, она и сейчас дерется.

Доктор физ-мат наук В.ГАРАНЖА,  
Вычислительный Центр РАН

Дорогой Володя!

Спасибо за то, что нашли время познакомиться с моими скромными литературными опытами и на них отозваться. Я получил колоссальное удовольствие, читая Ваш комментарий, поскольку на генном уровне предпочитаю критику похвале (разве что за каким-нибудь, ну хоть единственным, исключением). И потом - я практически полностью с Вами согласен: почти все, что не понравилось Вам, не нравится и мне. Более того, с самого начала я постоянно правил текст, постепенно выбросив из него >95% политической патетики и многочисленные лирические отступления, которые можно трактовать как мемуарные (всего этого Вы, к счастью, уже не видели; кое-что сохранилось в черновиках). С возрастом, однако, неизбежно становишься болтливей. В молодости я едва выносил это; со временем махнул рукой. Так что частью целевой аудитории книжки обязательно будут зайцы в сарае, все равно – ровесники или молодежь. Нравилась тем зайцам болтовня деда Мазая или нет – поди спроси! Лишь бы за бердан не хватался свой старый, да ласков был. А я отношусь к своим читателям с величайшим уважением, и некоторые из них – знаю точно – приемлют раздражающую других манеру письма. Прошу прощения, что не смог угодить и тем, и другим - хотел бы, да не вышло. Ну, а без политики и воспоминаний есть моя статья в архив'e (ку-био) 2009. Кроме того, в Интернет-версии основной мысли книжки посвящена Часть Третья (Арифметика генетического кодирования), суть которой заключается в том, что возникновение биологической информации как запоминаемого выбора из двух оставило в генетическом коде серию реликтовых билатеральных симметрий особенностью которых является маркировка числами, имеющими характер информационных сигнатур. На выбор же жанра я забил и положил - с приборами и прочей...

- Аппаратурой, - подсказывает любезный Фагот.

- Совершенно верно, благодарю!

А вот влияние Сола Беллоу – даже не с лучшей стороны – это для меня приятная (все-таки приятная!) неожиданность. Сам я постоянно ощущал влияние, скорее, Лема – а, среди прочих, даже, как ни странно, - моего первого литературного кумира - Гоголя (не в том смысле, что стараюсь ему подражать: рука не поднимется на такое святотатство, а в том, что всегда чувствую за спиной его ухмылку). Но, согласитесь, здорово было бы прочесть в каком-нибудь отзыве: “ощущается влияние Гоголя, хотя далеко не всегда в лучшую сторону”! Я бы понял. К чикагцу же Беллоу я все равно равнодушен (извините за неуклюжий каламбур) – в первую очередь, из-за его *very poetic* отношения к Чикаго (“Дар Гумбольдта”), чем-то близкого моему. Люблю этот город больше, чем любой другой в Америке, даже Нью-Йорк.

*O'Hare, O'Hare is sheer despair!..*

О'Хейр – главный аэропорт Чикаго. Пронзительное место для расставания с друзьями.

...Я не занимаюсь богоборчеством. Атеизм – в том смысле, какой мне близок – вызывает к религии двоякое отношение. Идеи милосердия, объединения и знания своих корней я готов принимать даже в той форме, которую она предлагает – что взять с людей сегодня? Наукой занимается очень немногая их часть. Но как инструмент познания или понимания мира (а только это - и я еще раз напомню Стива Вайнберга – “поднимает жизнь человека над уровнем фарса”) религия никуда не годится. Бог непостижим, это правда, но - постигаем. И если наша планетная система – это и вправду колба, в которой “долгоживущая цивилизация” проводит эксперимент по выращиванию жизни в режиме *реального времени* (чего, как Вы справедливо заметили, исключить совершенно нельзя), то стабильная и надежная метка эксперимента должна сопровождаться также оберегающими его мерами и инструментами наблюдения. Отсюда – рукой подать до идеи Бога, которая почти полностью устроила бы атеиста, поскольку выбор формулировки понятия Бог становится в таком случае не более, чем делом вкуса.

Бога за зло держит т.н. *воинствующий* атеизм, который никакой не атеизм, а сплошь дурная политика или раздражение – порой справедливое – людьми Церкви. Но когда в музее Альбукерка, Нью-Мексико, видишь копии Малыша и Толстяка (оригиналы сделаны и использованы людьми, по преимуществу, верующими), становится особенно ясно, что религию милосердия нельзя принимать слишком буквально. На фотографии, сделанной Автором, - эти двое (Малыш [Хиросима] – слева внизу - зеленый, Толстяк [Нагасаки] – желтый).



Спросите какого-нибудь кришнаита, не способного опустить пятку на землю без опасения раздавить еле заметную букашку, что он думает о саранче, нацистах, бледной спирохете и подобных шедеврах Создателя, - и он понесет совершенную околесицу. А кто-то добавит и про “потерянный рай”. Между тем, всякое сомнение в догматах церкви – шаг в сторону атеизма. В этом направлении церковь и эволюционирует, и сегодняшняя РПЦ, какой бы она ни казалась нам, скорее всего, выглядела бы нестерпимо еретическим заведением в глазах священнослужителей времен Бориса Годунова. Об этом и говорит Джилл Тартер. А вообще – давно замечено, что с усилением влияния церкви растет людское невежество. Всегда. Заметьте: “с усилением”, а не “с наличием”. Иран – пример некорректный (а может быть, как раз и корректный). И как обойти вниманием власть, способствующую этому усилению и этому росту? В православном храме русский человек остро ощущает историю своей страны, в европейском соборе – историю христианской культуры. А под куполом бахаистского храма, где идея Бога выступает в абстрактном виде, особенно ясно, что молиться можно и в планетарии, не украшая его символикой мировых религий. *Планетарии всех стран, соединяйтесь!* Что же до болтовни церковных чинов, из высказываний которых следует, что “ценность”, скажем, Грибоедова определяется прежде всего его государственной деятельностью (работой в МИДе), а не частной (“Горе от ума”), то тут хоть святых выноси. Государство, между прочим, его и сгубило, предписав вести тегеранские переговоры максимально жестко и без учета местных (кстати, религиозных) традиций. То же относится и к Салтыкову-Щедрину, провинциальному столоничальнику: за “Историю одного города” его вполне можно отнести к



“ненавистникам России”. То же относится и ко множеству других насмешников и просто неглупых людей. Про всякие же не служащие государству эмигрантские морды, вроде Герцена (кто он такой? ленинский персонаж, “разбуженный” декабристами?) или Бродского (а этот кто такой? осужденный тунец?) таким чином и говорить противно. И политика этого Карфагена вновь лезет во все щели, делая неврастеником любого нормального гражданина, которому безразлично, что творится на его родине. Так что Дали – живи он в наше время и в нашей стране – непременно написал бы “Великого Модернизатора” – затянутого в пиджачок гомункула с пряменькой спинкой на продолговатом велосипеде одноименного плавленого сыра со вторым седлом сзади. *Это для инструктора*, - говорили бы искусствоведы, - *как в ЯК52*. А Гала – вспомнив забавную опечатку в одном из номеров журнала “Нива” времен ее детства - спрашивала бы: *Где же второй велосипедист?* И Сальвадор отвечал бы ей: *А второй у меня на первой картине, помнишь?*

“Нам нужны Великие Пресмыкающиеся, а не Великие Хартии!” – вот какая мысль читается в словах тех, кто цитирует сегодня Столыпина перед едиными холуевцами<sup>74</sup>. Были уже такие, но кончилось их величие Великим Метеоритом, который очистил место совсем для другого класса. Сказано же: метеориты просто так с небес не падают. “Нам нужна великая Россия, а не великие президенты?” Нонсенс, который не способен оценить тот, кто всерьез принимает всю эту политмойву. Ну, попадаются в косяке чуть подлиннее, вроде Доброгрыза, для которого парламент – “не место”, а серьезная наука – мракобесие. Но их величие измеряется только в сантиметрах. Долго ли их терпеть? Не знаю... Возможно, английские лужайки и требовали шестисот лет стрижки, чтобы стать такими завидными, но сегодня существуют возможности значительно сократить этот срок. Чтобы поумнеть, не надо пресмыкаться еще 60 миллионов лет.

“Философия” моя – это возрастное, да и куда без нее в рассуждениях о жизни? Кому-то ведь желанны и стигматы святой Терезы. Но с Кантом я не завтракал и от метафизики постарался удержаться. Мне лишь хотелось дать понять читателям, что чудесное сотворение и авторское клеймо – разные вещи. Для чего я и посчитал нужным напомнить, что вера и мораль (или атеизм и безнравственность) – нетождественны. *Gott mit uns*, шептали сквозь зубы божьи создания, убивая себе подобных, шепчущих: *С нами Бог!* Вот это и есть богоборчество!

В религии есть несколько положений, по которым она, вроде бы, расходится с атеизмом. Одна из них – Акт Творения. Ну при чем здесь, ей-богу, Бог? Действия, которые неизбежно предпримет Разум в отношении жизни и о которых написано в книжке, “долгоживущая цивилизация” предпримет и в отношении Вселенной в целом: наблюдение, размышление, моделирование “на стенде”, изготовление “в металле”. Окажется ли возможным последний этап, покажет опыт, но отнюдь не вера, которая ставит предел мысли, легкомысленно называя этот предел этической нормой. Для мысли пределов нет. Аббревиатура ХВ - это для атеиста не мифическое событие с троекратными поцелуями, а один из немногих вдохновляющих документов человеческой цивилизации – Карта Магна – великая Хартия Вольностей.

Но может оказаться, что технологический прогресс в некоей перспективе (не настолько близкой, как полагают некоторые) действительно войдет в принципиальное противоречие с биологической природой человека и погубит его – либо будет остановлен. Вот тогда – но не прежде! - люди вспомнят, что уже давным-давно сказано: “Жить на этой планете – только время терять!”<sup>75</sup>.

Другое спорное положение – теория эволюции. Полуграмотное утверждение, что “дарвинизм до сих пор не имеет научного подтверждения”, или протесты против доминирования в школе взглядов “официальной” науки - унылая чушь. Никакой “официальной науки” не существует. Эти два слова в принципе несовместимы. Есть наука – и все остальное, что вполне можно изучать в школе – но не как “альтернативную точку зрения”, а как сомнения в истинности “официальной”. Сомнение – один из мощных двигателей науки. Что до доказательств дарвинизма, читайте больше, господа. Когда Церковь примет дарвинизм, а это случится с той же неизбежностью, с какой она приняла Коперника, окажется, что религии никакой Дарвин не помеха.

Пара моих слов об адронной эре – в силу явной причастности к идее “точной настройки” и, соответственно, к Антропным Принципам - должна, по-моему, быть, скорее, привлекательной для верующего, нежели отвергаемой им с порога.

---

<sup>74</sup> “К нам в Холуёво приезжает Путин”, Андрей Макаревич.

<sup>75</sup> Илья Ильф “Записные книжки”

Со шрифтами вправду косяк. По возможности, старался от них отделаться, но они у меня все же не играют той роли, что прописные буквы у академика Фоменко, подчеркивающие океанскую глубину мысли. У меня они - что-то вроде “мягких кавычек”: много цитировать пришлось из того, что давно *в народе*.

О математике. Мне кажется, в книжке нет никакой математики, если не считать ею нумерацию глав. И не настаивать на том, что *сегодняшняя* математика способна ответить на вопросы, случайно ли симметрии кода сопровождаются озадачивающими числами и случайны ли сами эти числа. Но кто знает, что будет *завтра*?

Ну, а повышение артериального давления “оппонентов”, перенапряжение их мозгов, испытания их терпения и законопослушности (лояльности) - на то есть упомянутый выше камин, а также капотен и пиво. И прелестные частушки-пофигушки Тимура Шаова (YouTube).

С неизменным уважением,

ФФ.

Dear Felix,

*...my interest to your “tetrahedron model” is growing and growing. Now, I find that you are not only a molecular virologist but you are very well documented in fundamental physics and cosmology. And you have constructed a nice geometric classification model of the 20 amino acids (tetrahedron). It has a link to what is called 3d «Tetraktys» and many other virtues.*

*Thank you for your beautiful image of your tetrahedron. Apparently there is a tetrafold balance preservation for the «invariant monomeres»: carbon, hydrogen, atom number and nucleon number (you mentioned this latter in your paper). As a matter of fact -*

*(G, P, K, Y): 14 carbons, 23 hydrogens, 37 atoms and 221 nucleons;*

*(A, N, L, F): 14 carbons, 23 hydrogens, 37 atoms and 221 nucleons.*

*There is certainly a deep relation between the nucleons-numbers and the atom-numbers. If these numbers are right, this is thought provocation, isn't it? You said in your discussion «does the modern table of the genetic code contain any hint of its origin» (M.Eugen). I'm also convinced and agree with you that some hint must be present; I do have an idea that I'm working. I'm glad to know about yourself and your work.*

Tidjani Négadi

Professor,

Département de Physique, Faculté des Sciences,

Université'Oran, 31100, Oran, Algérie

ДрТиджаниНегади,

Профессор,

Отделение физики Научного факультета

Оранского Университета, Алжир

Dear Tidjani,

Thank you for your warm letter and interest in the subject. Actually I did not notice the carbon-atom balance of the tetrahedron of the genetic code you mentioned, but there are so many symmetries, equilibria and digit matches in a series of the code patterns described that I had to select some of them based on my personal taste. I feel great sympathy for those who are interested in the formalism of the genetic code and reasons and consequences of it. The majority of scientists are focused on the physics and chemistry of the origin of life. I think that the arithmetic code displays reflections on the origin of life beyond the molecular biological axiomatic. It is what causes a burning interest.

Добавлю к этому, дорогой Тиджани, что очень настороженно отношусь к эзотерике и ко всякого рода числовым совпадениям (которые, простите, я даже удалил из Вашего комментария). Уже само это слово “тетрактис” меня сильно настораживает.

С неизменным уважением,

ФФ.

Привет, “писатель”! Нет, не Чехов ты, не Чехов. И название твоей книжки неудачное – будто Создатель клеймит (как бы позором) свои создания. Ты об этом?

Привет, девушки.

А нехилый псевдоним – Пал Антоныч Нечехов! - спасибо за идею. Иван Небунин тоже неплохо, Агат Некристи - получше, а Лев Николаевич Худой – почти хорошо. Но это же не критика, да и подписываюсь я своим именем, а что до АП, то летом и вправду живу в Чеховском районе, верстах в десяти от Мелихова, и объединяет меня с Ч – пусть не талант (нелепо думать, ей-богу!), но, как минимум, атеизм. Название книжки я объяснил уже в первой главе, которую вы, видимо, так и не дочитали, а в последней вспомнил Евгения Петрова, который... впрочем, это и вовсе шестнадцатая. Повторю, что *клеймо создателя* означает у меня совершенно то же, что и *клеймо изготовителя* или *авторское клеймо* (*клеймо ювелира*, например). Это не черная метка, а бренд. Бренд, а не выбраковка. Вы же, видимо, считаете, что создателем может быть только Создатель, и клеймо в его руках - лишнее (или нелишнее) напоминание своим изделиям (созданиям) о первоуродном грехе. Лучше выкиньте книжку в камин.

С неизменным уважением,

ФФ.

...Феликс Петрович!

Читаю Вашу книжку. Замечательно, но это же ересь!

Б.Е.Мовшев,  
доктор медицинских наук,  
Гематологический научный Центр МЗСР РФ  
Москва

Дорогой Борис Ефимович!

Совершенно с Вами согласен: *чистая ересь!* Но – и снова не могу не согласиться (собственная нескромность здесь ни при чем): *замечательная!*

С неизменным уважением,

ФФ.

...Знаю ваши со Щербаком симметрии и числа. Думаю, что это просто совпадения. Везде, где возникает жизнь, а это очень редкое явление, общая структура генетического кода должна иметь сходные черты, хотя коды будут, скорее всего, несколько различаться. И потом – ваши построения не относятся к происхождению жизни как таковой; вы привлекаете к делу кого-то, кого трудно отличить от Бога, и говорите только о нашей планете.

Доктор биологических наук  
Профессор А.Д.Альтштейн,  
Институт биологии гена РАН

(из частной беседы о гипотезе происхождения жизни на основе прогенов).

Уважаемый Анатолий Давыдович!

Полностью согласен с Вами относительно нашего акцента на специфичность земного варианта происхождения жизни. Возможно также (как Вы полагаете), что общий паттерн генетического кода повсюду более или менее одинаков, однако, даже небольшая рациональная модификация такого паттерна вполне может служить *информационной сигнатурой*. Как реализовать такую модификацию? Исключая какие бы то ни было чудеса, считаю необходимым напомнить, что бОльшая часть уже известной нам Вселенной приходится на темную материю и темную энергию – кто знает, какие физические законы работают в темном мире и к каким технологиям придет цивилизация, используя их? Нельзя исключить, что эти технологии помогут влиять на эволюцию материи в отдаленных частях Вселенной, физический контакт с которыми ограничивает, например, известная нам скорость света. Философия Вашего подхода делает практически невероятным межзвездный межцивилизационный контакт на основании относительной недолговечности цивилизаций. И хотя цивилизация *Ното* не вызывает больших надежд в этом отношении, даже мне – черному оптимисту - хочется все же оставаться оптимистом.

Иначе вопрос Ферми повисает в воздухе, а “долгоживущая цивилизация” Джилл Гартер становится утопией. Между прочим, мне очень симпатична Ваша гипотеза прогенов, хотя я не химик, и не могу цепляться к ее шероховатостям. Вы очень убедительно ее аргументируете, и многое из того, что Вы можете так ярко донести в устной речи, мне придется все же извлекать из Вашей статей 87-го и 88-го года; устную речь я не могу схватить так легко. Разумеется, это свидетельствует о моей умственной ущербности, так что меня поддерживает только известная мысль Эдит Пиаф о способности говорить и писать. И все же – чтобы схватить устную речь, она должна быть краткой и по существу. Именно этого требовал на своих знаменитых семинарах И.М.Гельфанд. Письменная может быть и полной всяческих аллюзий, намеков и прочего – так же как может она быть и подлиннее. Над ней есть время поразмыслить. В моем случае суть дела сжато изложена в той третьей части книжки, которая называется “Арифметика генетического кодирования”. Арифметикой все это и ограничивается – как на том И.М.Гельфанд и настаивал, когда речь шла о применении математики в биологии. Эту мысль хорошо демонстрируют билатеральные симметрии, «упакованные» в матрицу генетического кода. Часть из них показана в книжке. Красивым примером могла бы стать такая матрица, если все 20 продуктов кодирования, разведенных по синтетазным классам, пронумеровать числами от 1 до 10. Для этого номерам первой десятки аминокислот необходимо придать отрицательные значения. Тогда весь ряд принимает следующий вид:

<b>G</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>T</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>K</b>	<b>H</b>	<b>F</b>	<b>V</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>I</b>	<b>Q</b>	<b>E</b>	<b>M</b>	<b>R</b>	<b>Y</b>	<b>W</b>
-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
арс-класс 1										арс-класс 2									

а в матрице подчеркиваются симметрии по колонкам (относительно центральной) и по строкам, соответствующим первым кодонным пиримидинам и пуринам (и по их комплементарности):

-7	3	5	-2	8	7	19	-9
-8	2	-1	9	10	12		
-6	4	-5	-3	7	-3		9
-10	-9	1	-4	6	-16	-19	
-31	0	0	0	31	0	0	0

Жизнь во Вселенной вполне может быть сформирована и по Вашему сценарию, но “долгоживущая цивилизация” обязательно будет ставить эксперименты по моделированию такого события, засеять “новые грядки” и стараться продлить себя. И если возникновение жизни Вы считаете редкостью, экспериментальная работа и, тем более, рациональный посев намного увеличат частоту таких событий. Но не вероятность нашей встречи с Ними.

С неизменным уважением,

ФФ.

### **Первый сетевой отзыв:**

[e-Drew2](#) про [Феликс Петрович Филатов](#) 11-01-2012

Т.к. успехи Ии, Semantic-Web и Робототехники - приблизили Прогрессивное Человечество к трактовке нарождающейся Техно-Ноосферы яки слабого эквивалента Бога-Сына.. то нашёл 21 минуту для быстротчение этого шизоидного самолюбивого потока подсознания.. Первую четверть книжки можно смело опустить, но и далее необходимо набраться нелюдским терпением и добротой.. Их есть у мну! Серединка смахивает на недецкие игры в 2D-комбинаторику, а прелестей бритвы Оккама автор не познал.. Учился бы он на Египтолога - нашёл бы бога в Пирамидах и Бриллиантах Атона-Ра.. Представляю его удивление когда ему покажут что божественный Semantic Web - уже пару лет строится из инфо-триплетов.. Короче, Автор еще не перешёл порог Кашценки, и еще успеваает написать 16-страничную вменяемую брошюру для пытливого студенческой молодежи.. без стройбатовского хьюмора и панибратства, но - не снижая доступности, с явным подчеркиванием ключевых моментов...и с кратким суммирующим Заключением..

ЕДРУ Второй,  
Либрусек,

Ваше Превосходительство!

Позвольте - вселенски содрогнувшись - транслировать приведенную выше блестящую божественную галиматью на привычный убогий:

«Книжка представляет собой

1. шизоидный самолюбивый поток подсознания (психоаналитический аспект),
2. первую ее четверть можно смело пропустить (редакционный аспект).

Автор книжки –

1. болван, иначе мог бы найти Бога в пирамидах (эзотерический аспект),
2. все равно болван, иначе знал бы, что такое Semantic-Web (IT-аспект),
3. тем не менее, он как-то избежал психушки и страниц на 16 все же способен (литературная критика)».

Соблаговолите, дорогой сэръ, принять также мою самую искреннюю благодарность за королевский подарок: 21 минуту нелюдского внимания. Чего я, право, не заслужил.

Что до выстраданного Вами высокоученого комментария, то

1. спешу доложить, что согласен со всем, кроме, пожалуй, упрека в «самолюбивости»;
2. предлагаю смело пропустить все, что можно;
3. обещаю поискать тщательн*Ее*;
4. готов согласиться, ибо имею об этом самое общее представление;
5. *тханк ю вери мух* за весьма лестную оценку.

Разрешите еще раз выразить Вам мою глубочайшую признательность.

Остаюсь всегда к Вашим услугам,

Ваш не по-детски покорный слуга

ФФ.