

Гуларян А.Б. старший преподаватель
Кафедры философии и социологии ОрелГАУ

ФЕНОМЕН ИЗБЫТОЧНОСТИ В РАЗЛИЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.

Постановка проблемы.

В мае 2005 года мною был прочитан доклад “Информационная природа времени” на Российском междисциплинарном семинаре по темпорологии. В нем я обосновывал тезисы:

- Принцип необратимости времени связан с законом несохранения информации, сформулированным математиком А.А.Ляпуновым и биологом-эволюционистом А.С.Раутианом.
- Человечество измеряет время с помощью регистрации изменений, то есть, возрастания энтропии.
- Представления о сущности времени и характере его движения разные у разных народов.

Это позволило мне говорить о времени как о процессе информационного осуществления Вселенной.¹

Доклад вызвал оживленную дискуссию, в ходе которой несколько раз всплывал вопрос о природе информации. Действительно, мне можно было предъявить серьезные претензии, что я в своем докладе определил одно неизвестное через другое неизвестное. Действительно, можно ли определять время через информационные процессы, в то время как природа самого времени является предметом широкой междисциплинарной дискуссии.

Можно было бы сослаться на принцип Иммануила Канта, утверждающий существование априорных представлений в нашем знании, неразложимых фактов, которые мы обязаны принять в качестве первичных принципов, откровения,² и объявить информацию таким первичным принципом. Понятие “информация” интуитивно понятно каждому человеку. Но когда нас просят раскрыть его содержание, мы начинаем путаться. “Иными словами, в основаниях нашей сознательной жизни, нашего философствования и нашей науки лежат какие-то далее неразлагаемые вещи, которые мы должны принять как факт” (М.К.Мамардашвили).³ Но пространство и время у Канта тоже относятся априорным представлениям, неразлагаемым вещам,⁴ тем не менее, на семинаре по темпорологии мы их раскладываем и анализируем. Следовательно, если мы анализируем время с помощью информации, то мы должны изучить сначала природу информации.

Современная философия подошла к пониманию полифундаментальной природы информации. Информация делится на условную и безусловную,

¹ См: http://www.chronos.msu.ru/reports/gularyan_informatsionnaya.htm

² См.: Мамардашвили М.К. Кантианские вариации. М., АГРАФ, 2002. С.40, 42-43.

³ Мамардашвили М.К. Кантианские вариации. М., АГРАФ, 2002. С.41.

⁴ См.: Мамардашвили М.К. Кантианские вариации. С.37, 40.

внутри нее выделяется сигнал (носитель информации) и смысл (содержание информации). И если изучение информации как сигналов в коммуникационном канале человечество сумело формализовать, и выразить с помощью формул, то содержание (смысл) информационного сигнала плохо поддаются формализации в силу бесконечного разнообразия этого содержания. До сих пор еще не выработано семантико-информационной теории или теорий, достаточно всесторонне раскрывающих содержательные стороны “человеческой” информации. Это очевидно, так как весьма затруднительно анализировать более или менее сложные формы научного познания, несущие для человека смысл, значение (теории, научные понятия, “резюмирующие” целые системы научных взглядов и т. п.). Однако прогресс в данной области налицо. Ныне намечаются новые возможности в измерении образного (в гносеологическом смысле понятия образа) значения информационных образований.

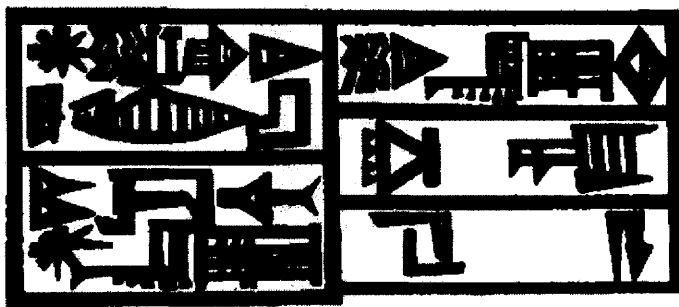
Одну из подобных интерпретаций формализации смысла информации предлагает данная статья через интерпретацию принципиального отличия информации от энтропии, сигнала от шума. Информация всегда сложно организована, имеет внутреннюю структуру. В отличие от энтропии, хаоса, в ней всегда присутствует определенный порядок, часто выражающийся через категорию избыточности. Избыточность в данном случае является одновременно характеристикой состояния информации в этом мире, и специальным термином, принятом в лингвистике и семиотике. Чтобы понять, что стоит за этим понятием, лучше всего рассмотреть конкретные примеры.

1. Избыточность языка и семиотических систем.

В годы второй мировой войны остро стоял вопрос о надежности собственных шифров и о расшифровывании вражеских криптограмм. В США математик Клод Шелдон подготовил секретный доклад “Математическая теория криптографии”. После войны на основе доклада была написана книга

Клинопись

старовавилонская (старо-аккадская)



Шелдона “Теория связи в секретных системах”. Перевод этой книги был опубликован и в нашей стране.

Среди других понятий, которыми оперирует Клод Шелдон, имеется понятие “избыточность языка”. Смысл его состоит в том, что не каждое сочетание букв образует слово. Одни буквы

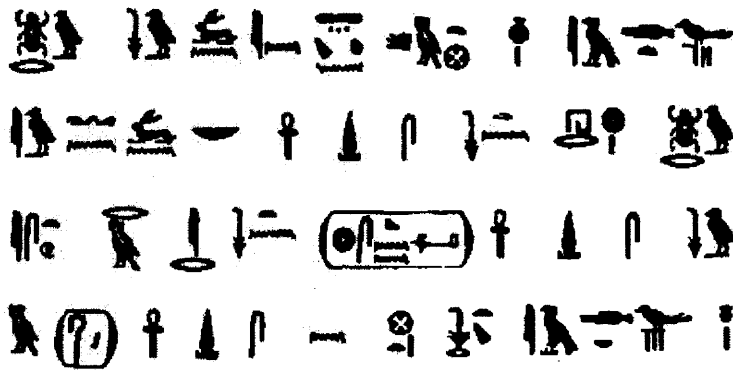
и буквенные сочетания употребляются очень часто, например, “th”, “ee”, “gh”, “oo” в английском языке, “eu”, “ie”, “oe” в голландском, “oi”, “ou” во французском; другие гораздо реже “sh” в английском; третьи вообще не

используются - "ht" в английском. Но, кроме законов фонетики, лексики и морфологии есть еще законы грамматики, требующие согласования времен, падежей и чисел. Все это накладывает на язык множество запретов и тем самым создается "избыточность" языка, используемая криптографами для расшифровки вражеских шифров.

Лингвисты определили величину избыточности в самых разных языках мира. И везде она колеблется в пределах 70-80 %. То есть в любом тексте

Египетское письмо

иероглифическое



положение $\frac{2}{3}$ букв определяется не субъективной волей писца, а жесткими правилами грамматики. Эту информацию вполне можно назвать ожидаемой. Например, получив по телеграфу сообщение из букв -ТЬС-, можно безошибочно угадать, что дальше последует -Я. Почти с полной уверенностью

можно утверждать, что вслед за сочетанием -КИ- появится либо -Й, либо -М, либо -Х, либо -Е. Или, если в сообщении было слово ЯЩИК, а потом пришло сочетание ГРОМОЗД-, то вполне очевидно, что следом появится -СКИЙ. Именно принцип избыточности языка, вернее, его конкретное выражение – синтаксические правила позволили ученому Г.Гротенфенду, не знавшему персидского языка, расшифровать надписи персидских царей Дария и Ксеркса,

древнеперсидская



содержащие царский титул, а Т.Юнгу – начать дешифровку египетских иероглифов.⁵ Целиком на наблюдениях над правилами сочетания буквенных знаков и слов построил свою работу над дешифровкой

⁵ См.: Драчук В.С. Дорогами тысячелетий. М., Молодая гвардия, 1977. С.69, 100-101.; Казанский Б. Разговор с иероглифом. М., 2002. С.63-69, 148-150.

орхонских надписей датский лингвист В.Томсен.⁶

Избыточность существует и в самом тексте. Она выявляется с помощью коэффициента информативности. Для этого подсчитывается общее число синтаксем в тексте и делится на число синтаксем, выделенных в смысловую цепочку. Чем ближе коэффициент информативности к единице, тем менее текст избыточен. Типичный бытовой пример – телеграмма, из текста которой мы в целях экономии выбрасываем не только предлоги и соединительные союзы, но и неполнозначные слова. Экономно построено также общение человека с компьютерными программами. Компьютер общается с пользователем с помощью набора стандартных клише команд, сообщений, запросов и подсказок. В этих случаях избыточность равняется нулю.

Веками копил язык информацию, создающую в чередовании звуков и букв определенный сложный порядок. Именно избыточная информация, накапливаемая и закрепляемая в совокупности всех фонетических и грамматических правил сделала язык языком. И лишенный избыточной информации, язык деградирует.

Так происходило с русским языком, когда древнерусская азбука - кириллица - теряла казавшиеся ненужными буквы. В классическом болгарском варианте кириллица насчитывает 43 буквы (в моравском - 38 букв). Из них 25 - греческого уставного письма (А, В, Г, Д, Е, З, Ф, И, К, Л, М, Н, Ѡ, О, П, Р, С, Т, У, Ф, Х, Ц, Ч(Ѡ)), остальные 18 букв (Б, Ж, ОУ, Ц, У, Ш, щ, Ъ, Ы, Ь, ѿ Ю, к, ѡ, Ѡ, ѡ, ѡ) - для выражения звуков славянской речи. При этом для передачи 11 гласных звуков использовались 16 букв (включая йотованные), для 19 согласных - 20 букв. Пять букв – Ѡ - кси, Ц - пси, В - ижица, Ф - фита и Ф - ферт - были не нужны выражения звуков славянского языка. Ю и ѡ выражали дифтонги [ЙУ] и [ЙА], а четыре юса - Ѡ, Ѡ, ѡ, ѡ - рано потеряли свое фонетическое значение. С точки зрения современного человека, все это было весьма сложно и громоздко.

Тем не менее, сложная и громоздкая на наш взгляд кириллица, а так же сложная грамматическая структура древнерусского языка задавали логику развития всей средневековой русской литературы. Они выражали определенную культуру мышления православного русского человека, накладывая на мысль определенные ограничения, но и открывая свои пути развития.

Чтобы в этом убедиться, достаточно заглянуть в “Азбуковник” XVI века и прочитать только одно правило: “Везде пиши пса ПОКОЕМ,⁷ а не ПСЯМИ,⁸ кое общение псу со псалмом?!”⁹ Такое правило мог придумать только средневековый православный книжник, с трепетом относившийся к

⁶ См.: Драчук В.С. Указ. Соч. С.140-142.; Казанский Б. Указ. Соч. М., 2002 С. 186-188.

⁷ То есть через буквы "П" и "С".

⁸ То есть через "Ц".

⁹ Цит. по: Успенский Л.В. По закону буквы. М., 1979. С.20.

священному писанию. Академик Д.С.Лихачев так характеризовал болгарского книжника XV века Константина Костнечского, автора знаменитого трактата “Книга о письменах”: “Познание для него, как и для многих богословов средневековья – это выражение мира средствами языка”.¹⁰ Константин Костнечский видел в орфографии проблемы вероисповедальной важности и относился к ошибке при письме как к ереси.¹¹ Русские книжники унаследовали некоторые правила и приемы правописания из Византии и Болгарии, и на их основе создали новые, что предопределило развитие определенной культуры мышления, которую русский философ XIX века К.Н.Леонтьев назвал “византизмом”.¹² Поэтому нас уже не удивит присутствие двух букв - **Ф** и **Ѳ** для обозначения звука [ф], который встречается только в заимствованных словах: имя “Филипп”, что по-гречески означало “любитель лошадей”, писался через ФЕРТ, а “Феофил” - “боголюбивый” через ФИТУ.¹³ Смещение и неправильности употребления различных букв допускались только в еретической и сатирической литературе. Примером может послужить “Азбука о голом и небогатом человеке” в которой в алфавитном порядке выстроены фразы, описывающие жизнь бедняка. Здесь под буквой **Ѣ** читаем: “К сей бедности не умеют добрые люди пристати”, а под буквой **Ѳ** - “Пси немилостиво лают на нас, на голеньких, а постылого кусают, из дверей волокут”. Подобное употребление КСИ и ПСИ служит не только интересам социальной сатиры, но и носит еретический характер.¹⁴

При соблюдении стольких правил и ограничений литературный язык вынужден был оставаться преимущественно религиозным, богослужбным. Поэтому при проведении светских петровских реформ возникла необходимость изменения алфавита. Мы привыкли воспринимать это событие по академически отстраненно: из употребления были выведены одни буквы и введены другие. На самом деле все происходило очень драматически: в 1908 году Петр I упразднил четыре юса – **Ѧ**, **ѧ**, **Ѩ**, **ѩ**, а также **Ѳ** - пси, **Ѣ** - иже, **Ѥ** - ижицу, **Ѭ** - зело, **Ѯ** - ук и **Ѱ** - от. Этот вариант алфавита получил название “Амстердамской азбуки”, по месту ее печатания. Почему? Потому что внутри России ее отказались печатать под разными благовидными предлогами все типографии, как церковные, так и купеческие. И скоро в деловых бумагах воскрешается **Ѯ** - ук и **Ѱ** -от, а в книги

¹⁰ Лихачев Д.С. Развитие русской литературы X – XVII. Л.1973. С.85.

¹¹ См. Ячич И.В. Рассуждения южнославянской и русской старины о церковнославянском языке. // Исследования по русскому языку. СПб. 1885. Т.1. С.404.

¹² “Византизм есть прежде всего особого рода образованность, или культура, имеющая свои отличительные признаки, свои общие, ясные, резкие, понятные начала и свои определенные в истории последствия... Основы нашего как государственного, так и домашнего быта, остаются тесно связанными с византизмом”.

Россия глазами русского. Чаадаев, Леонтьев, Соловьев. С-Пб.: Наука, 1991. С. 171, 175.

¹³ См.: Успенский Л.В. Указ. Соч. С.41.

¹⁴ См.: Русская демократическая сатира XVII века. М.: Наука, 1977. С.29.

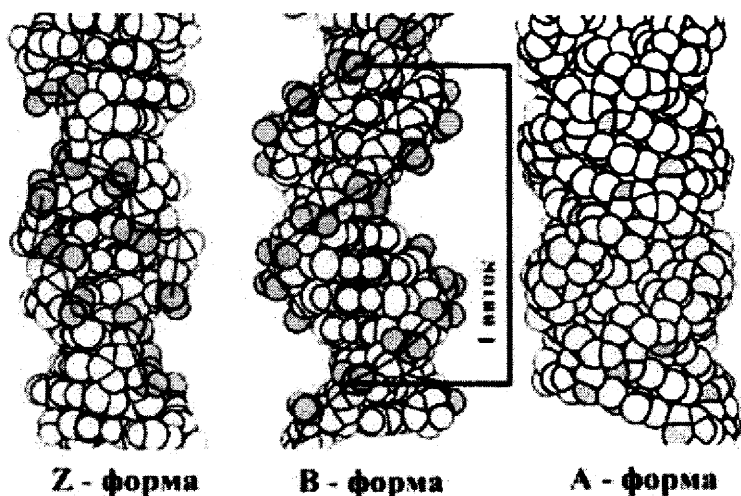
прокрадывается **Ѱ** - пси. В январе 1910 года Петр вторично утвердил новую азбуку и снова вывел из употребления **Ѣ** - зело, **Ѥ** - кси, **Ѧ** - ижицу, но последняя упрямо просочилась в алфавит (иначе как писать слова **мѹро** и **Ѣуангеліе?**).

Дальнейшие реформы только боролись за утверждение преобразований Петра I: академическая реформа 1758 года упразднила буквы **Ѣ** - зело, **Ѥ** - кси, **Ѧ** - ижицу, которая в последствии была вновь восстановлена и просуществовала до 1917 года на горе всем гимназистам. Но что при этом произошло с русским языком и русским мышлением? Они изменились: возникла светская русская культура, светская речь, церковные споры заменились научными дискуссиями. Однако полного разрыва со старыми традициями тогда еще не было. В гимназиях старой России был курс церковнославянского языка. Во всех церковноприходских школах церковные книги были основным учебным пособием. В тридцатые и пятидесятые годы XX века в СССР еще можно было встретить пожилых людей, читавших старославянскую кириллицу гораздо свободнее, чем гражданский шрифт.¹⁵ Петр не провоцировал полного разрыва со старыми традициями: культура разделилась на церковную и светскую.

Полный разрыв с культурным прошлым декларировали большевики. Последствия этого разрыва были заслонены для нас эксцессами социальной катастрофы гражданской войны. В 1918 году были отменены: **І** – и десятеричное, **Ѳ** - фита, **Ѧ** - ижица, **Ѣ** - ять. Таким образом, за два столетия всего было выведено из употребления 12 букв, а введены вновь - только две: **Й** и **Ё**. В советское время широко развернулось словотворчество – возникали и широко распространялись неологизмы: “субботник”, “комсомол”, “пятилетка”, “индустриализация”, “спутник” и т.д. Все это можно только приветствовать. Это был прорыв в новую семантическую вселенную, советское общество активно генерировало новые смыслы. Но одновременно нам стал непонятен огромный пласт нашего духовного культурного наследия, ибо была утрачена логика, культура мышления, создававшая эту традицию.

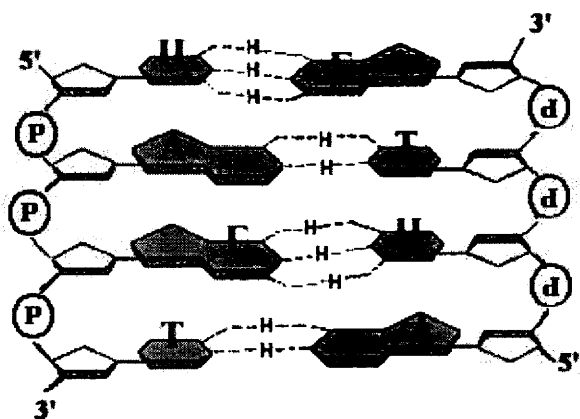
2. Избыточность в генетике

Феномен избыточности наблюдается не только в филологическом языке, но и в других информационных системах. Первое, что приходит на ум - чудо молекулы ДНК, на которой



¹⁵ См.: Успенский Л.В. Указ. Соч. С.21.

записан план развития и жизни организма. С точки зрения химиков хромосомы состоят из белка и дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Белки — сложная группа веществ, состоящая из 20 мономерных звеньев (аминокислот), которые соединены в самых разных комбинациях. В ДНК — всего четыре вида аминокислот. Сначала ученые предположили, что ДНК строится сочетанием этих четырех единиц в однообразном порядке. В качестве носителей генетической информации рассматривались белки, как более сложные структуры. Только в 40-е годы XX века было установлено, что именно ДНК, несмотря на простоту своей структуры, являются



носителями наследственной информации, и, более того, обеспечивают образование своих точных копий для передачи последующим поколениям.¹⁶

Молекулы ДНК представлены двойной спиралью в которой две цепочки дезоксирибополинуклеотида соединены между собой водородными связями, возникающими между двумя парами оснований: аденином и

тиминном (А+Т), гуанином и цитозином (Г+Ц) (правило Э.Чаграффа).¹⁷ Эти две цепочки антипараллельны, то есть связи между остатками фосфорной кислоты и сахарами соседних нуклеотидов направлены в них в противоположные стороны (модель Д.Уотсона, Ф.Крика).¹⁸ Такая структура

придает молекуле ДНК значительную жесткость, и сохраняет наследственную информацию.

Содержание молекулы ДНК определяется сочетанием (последовательностью)

нуклеотидов в цепочках, составляющих линейную молекулу ДНК, подобно тому, как это происходит в человеческой письменности. Поэтому можно говорить о лингвистике ДНК, и сейчас это уже не звучит полной метафорой. “Словом” в “языке”

Вторая позиция кодона

| | | | | | | |
|------------------------------|----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|--|
| | U | C | A | G | | |
| Первая позиция кодона | U | Phe Phe Leu Leu | Ser Ser Ser Ser | Tyr Tyr STOP STOP | Cys Cys STOP Trp | U C A G |
| | C | Leu Leu Leu Leu | Pro Pro Pro Pro | His His Gln Gln | Arg Arg Arg Arg | U C A G |
| | A | Ile Ile Ile Met | Thr Thr Thr Thr | Asn Asn Lys Lys | Ser Ser Arg Arg | U C A G |
| | G | Val Val Val Val | Ala Ala Ala Ala | Asp Asp Glu Glu | Gly Gly Gly Gly | U C A G |
| | | | | | Третья позиция кодона | |

¹⁶ См.: Гершензон С.М. Основы современной генетики. Киев, Наукова думка, 1983. С.18.

¹⁷ См.: Инге-Вечтомов С.Т. Генетика с основами селекции. М., Высшая школа, 1989. С.14.

¹⁸ См.: Инге-Вечтомов С.Т. Генетика с основами селекции С.15-16.

нуклеотидов - так называемый триплет (или кодон). Каждому кодону (триплету) в цепочке ДНК соответствует определенная аминокислота в составе белка. Всего имеется 64 кодона, они кодируют 20 аминокислот. При этом, как буквы в лингвистике, триплеты сочетаются друг с другом по сложным правилам. 61 кодон – это собственно генетические “буквы” кодирующие наследственную информацию, а 3 кодона – своеобразные “знаки препинания”, управляющие стоп-сигналы. Две аминокислоты кодируются 1 кодоном (= 2); девять аминокислот имеют в составе по 2 кодона (= 18); одна аминокислота в 3 кодона (= 3); пять аминокислот по 4 кодона (= 20); три аминокислоты по 6 кодонов (= 18). Бросается в глаза сходство со словами и предложениями в лексике, чья длина определяется смысловым содержанием.¹⁹ Сами же кодоны по своей структуре избыточны – троичность страхует их от мутации, то есть ошибки.

Гены — это участки молекулы ДНК, кодирующей одну полипептидную цепь или одну из трех молекул РНК (тРНК, рРНК или sРНК). В конце каждого гена, кодирующего полипептид, находится, по меньшей мере, один из 3-х терминирующих кодонов, или стоп-сигналов: UAA, UAG, UGA (“Охра”, “Амбер” и “Опал” – как условно называли их генетики).²⁰ Они терминируют (останавливают) трансляцию. Условно к знакам препинания относится и кодон AUG - первый после лидерной последовательности. Он выполняет функцию заглавной буквы. Аналогия с литературным языком и литературным текстом полная.²¹ К сожалению, никто из генетиков не подсчитал величину избыточности этого “текста”, но стоит предположить, что она составляет не менее 70-80 %, как и в естественных языках.

ДНК “размножается” путем *комплиментарного пристраивания* друг к другу четырех нуклеотидов (оснований), и при ошибках в этом процессе происходят мутации. Гены управляют синтезом белков, составляющих протоплазму, переключаясь, время от времени, с построения собственных клеток на построение иных молекул. В клетках высших организмов количество ДНК сильно различается, отсюда отличия между организмами и в наборе синтезируемых белков, и в сложности строения организмов.

По разным оценкам у человека от 30 до 50 тысяч генов. У всех людей ~ 30×10^{13} генов или 30×10^{16} пар нуклеотидов, которые составляют 10^{17} кодонов. Средняя книжная страница содержит 25×10^2 знаков. ДНК 6×10^9 сперматозоидов содержит информацию, равную по объему примерно 4×10^{13} книжных страниц. Эти страницы заняли бы объем 6-и зданий МГУ. 6×10^9

¹⁹ См.: Инге-Вечтомов С.Т. Указ. Соч. С.395-396.; Гершензон С.М. Указ. Соч. С.291.

²⁰ Гершензон С.М. Основы современной генетики. С.291

²¹ Интересно отметить, что в своем учебнике С.М.Гершензон при объяснении механизма мутации прибегает к иносказанию. Он уподобляет отрезок молекулы ДНК осмысленному предложению - “Вот лес вяз дуб бук ива тут был пал дым шел три дня” – состоящему из трехбуквенных слов. Добавляя и убирая в предложении буквы, Гершензон иллюстрирует различные варианты первичных и вторичных мутаций.

См.: Гершензон С.М. Основы современной генетики. С.290-292.

сперматозоидов занимают половину наперстка. Их ДНК занимает менее четверти наперстка. Если к этому прибавить, что в ДНК встречаются участки эу-хроматина, включающие работающие гены, и участки гетеро-хроматина, представляющие архив, аналогия с гипертекстовой конструкцией становится полной. Но человечество пришло к понятию гипертекста только в конце XX века.

Путь исследования механизмов передачи наследственной информации прошел несколько этапов. Годом появления генетики считается 1900 год, когда Г. де Фриз, К. Корренс и Э. Черман переоткрыли законы Менделя.²² На первом этапе (1900-1912 гг.) происходило оформление генетики как самостоятельной науки; на втором этапе (1912-1925 гг.) была создана хромосомная теория наследственности; на третьем этапе (1925-1940 гг.) ученые изучали механизм мутации; на четвертом (1940-1955 гг.) была открыта структура ДНК.²³ На современном этапе развитие этой науки идет от общей генетики к геномике (изучению геномов отдельных организмов, сложность которых была постижима на современном уровне) и затем – геному человека. С 1988 года работает международный проект “Геном человека”, лидером которого стали США, где перед этим была создана своя национальная программа. В 2003 году международный консорциум сделал заявление о завершении секвенирования (чтения) человеческого генома. Россия с 1988 года проводит собственную национальную программу,²⁴ которая уже приносит конкретные результаты в медицинской геномике и этногеномике. В Институте акушерства и гинекологии имени Д.О. Отта РАМН разрабатываются новые подходы к генной терапии таких тяжелых наследственных заболеваний, как мышечная дистрофия Дюшенна и муковисцидоз. Работы по генной терапии также проводятся в научных учреждениях Москвы (Институт молекулярной биологии имени В.А. Энгельгардта РАН, Институт молекулярной генетики РАН, Институт медицинской химии РАМН, Научный центр медицинской генетики РАМН) и Новосибирска.²⁵

Но, кроме изучения геномов современная наука проводит опыты по изменению наследственности. Изменяя строение ДНК, мы изменяем, прежде всего, заложенную в ней информацию, и получаем совершенно другой организм. В обиход вошли генетически модифицированные продукты. Ученые проводят опыты “подсадки” животных генов культурным растениям, и наоборот. Современная медицина берется спасти тысячи человеческих жизней с помощью органов-имплантатов, выращенных из специальных стволовых клеток.²⁶ Но не все так просто. Генетически модифицированные

²² См.: Инге-Вечтомов С.Т. Указ. Соч. С.11.; Гершензон С.М. Указ. Соч. С.11.

²³ См.: Гершензон С.М. Основы современной генетики. С.13-18.

²⁴ См.: Киселев Л. Впервые огромный генетический чертеж многоклеточного существа прочитан полностью. // Наука и жизнь. 1999. №3.

²⁵ Баранов В. Медицина на пороге революции. // Наука и жизнь. 2000. № 9.

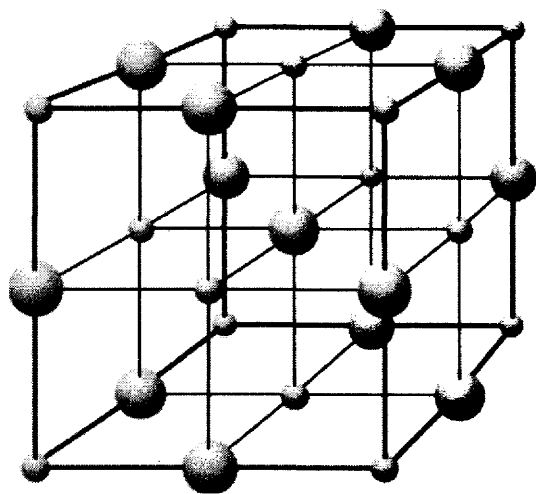
²⁶ Гершензон С.М. Основы современной генетики. С.520-540.

продукты вызывает многочисленные вопросы по поводу своей безопасности. В развитых странах появилось движение за запрещение генетически модифицированных продуктов.

Генетика – наука, построенная на экспериментальных данных: основным методом здесь является гибридологический (скрещивание и последующий учет расщеплений наследуемых признаков).²⁷ Нельзя прочитать наследственную книгу, не поэкспериментировав с ней. Однако человечество в этом важном вопросе проявило поспешность, начав внедрять в свою жизнь плоды генетических экспериментов, не поняв до конца генетической “орфографии”. Сейчас маятник качнулся в обратную сторону. Так что в запрещении опытов по клонированию человека проявилась не только социальная неготовность общества принять новое, но и коллективный инстинкт самосохранения, интуитивно осознавший преждевременность таких работ.

3. Избыточность в геологии и кристаллографии.

Феномен избыточности информации можно наблюдать и в неживой природе. Так, М.В.Волькенштейн утверждает, что информация о будущем кристалле закодирована в строении его исходных компонентов – атомов. Действительно, строение атомов определяет их валентность, то есть количество связей атома в молекуле или кристаллической решетке.²⁸ Следовательно, строение молекул и кристаллических решеток определяется строением входящих в них атомов.²⁹ Иными словами, опытному химику не составит труда предположить, какие именно реакции будут происходить в том или ином растворе, и какая кристаллическая решетка или набор молекул в результате этих реакций образуются.



Практический опыт химической науки говорит, однако, что “поведение” химических веществ гораздо сложнее, избыточнее наших химических формул. Например, известное ионное соединение – поваренная соль (NaCl) – соответствует своей формуле только номинально. Поваренная соль образует кристаллы, в которых каждый ион окружен противоположно заряженными ионами; в результате нельзя сказать, что какая-то конкретная пара ионов образует молекулу. Каждый ион NaCl окружен шестью ближайшими соседями, имеющими противоположный заряд.

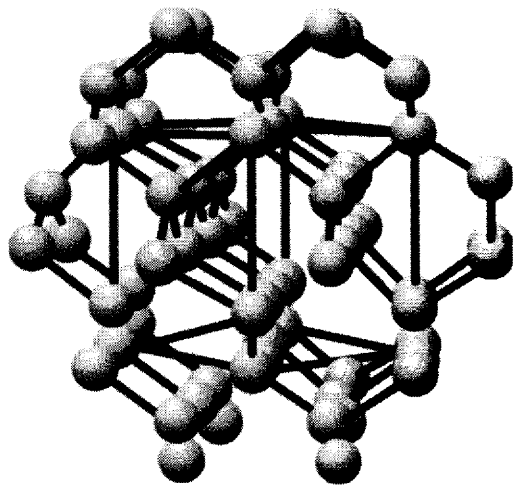
²⁷ См.: Инге-Вечтомов С.Т. Генетика с основами селекции. С.17.

²⁸ Строение самих атомов определяется периодическим законом Д.И.Менделеева. А сама структура атома (существование ядра и электронных оболочек) определяется строением нашего пространства-времени.

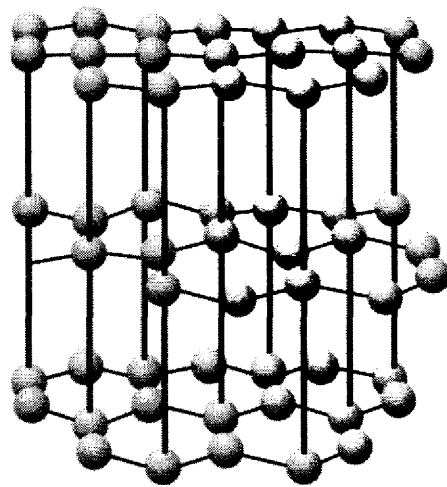
²⁹ См.: Волькенштейн М.В. Введение в молекулярную биологию. М., 1965. С.29.

Элементарная ячейка кристалла поваренной соли – это куб, у которого по углам и в центре каждой грани расположены ионы натрия. Ячейка такого типа называется гранецентрированной кубической. Кубическую форму имеют и крупные кристаллы поваренной соли. Вследствие строения кристалла поваренной соли (NaCl), это вещество плавится при высокой температуре (801° C), но легко растворяется в воде, о свойствах которой речь пойдет ниже.

Гораздо сложнее складывается ситуация с кристаллической решеткой углерода (C). Избыточность системы здесь такова, что предполагает существование двух разновидностей (аллотропов) кристаллической решетки. Кристаллическая решетка алмаза, в которой каждый атом углерода ковалентно связан с четырьмя соседними атомами, подобно поваренной соли характеризуется гранецентрированной кубической элементарной ячейкой. Соответственно, алмаз – очень твердое вещество, имеющее высокую температуру плавления.³⁰ Совсем по-другому расположены атомы углерода в графите. Здесь они образуют слои, не очень прочно связанные друг с другом.



Каждый слой “выстлан” шестиугольниками из углеродных атомов, аналогичными бензольному кольцу. Поскольку сцепление между слоями довольно слабое, графит мягкий. Слои легко скользят один относительно другого, благодаря чему графит является хорошим



смазочным материалом.³¹

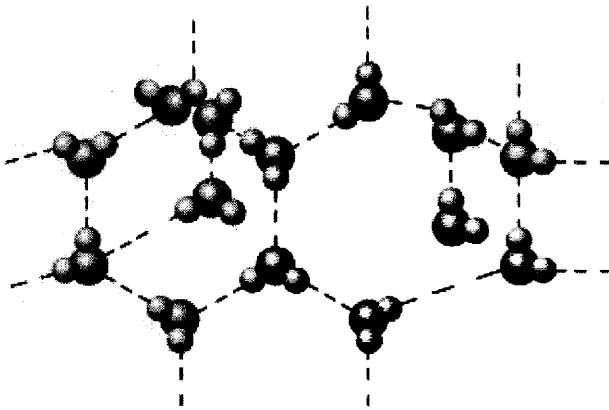
Но чемпионом по избыточности своих свойств является обыкновенная вода (H₂O). Природа этого вещества до конца еще не понята. Исследования показали, что за незатейливой химической формулой H₂O скрывается вещество, обладающее уникальной структурой и не менее уникальными свойствами. Исследователи, пытавшиеся на протяжении двух с лишним столетий раскрыть секреты воды, часто заходили в тупик. Практически все свойства воды аномальны, а многие из них не подчиняются логике тех законов физики, которые управляют другими веществами. Кратко упомянем те из них, которые обуславливают существование жизни на Земле.

³⁰ См.: Бондарев В.П. Основы минералогии и кристаллографии. М., Высшая школа, 1978. С.102

³¹ См.: Бондарев В.П. Указ соч. С.103.

Во-первых: вода - единственное вещество на Земле (кроме ртути), для которого зависимость удельной теплоемкости от температуры имеет минимум - около 35-37° С.³² Во-вторых: теплоемкость воды аномально высока (по крайней мере вдвое по отношению к простым веществам). Из этого вытекает уникальная способность воды сохранять тепло.³³ В-третьих: вода обладает высокой удельной теплотой плавления, то есть воду очень трудно заморозить, а лед - растопить. Благодаря этому климат на Земле в целом достаточно стабилен и мягок. Все три особенности тепловых свойств воды позволяют земной биосфере существовать оптимальным образом.³⁴

ВОДОРОДНЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ МОЛЕКУЛАМИ ВОДЫ
В СТРУКТУРЕ ЛЬДА



Замерзание воды сопровождается скачкообразным(!) уменьшением плотности более чем на 8%, тогда как у большинства других веществ процесс кристаллизации сопровождается увеличением плотности. В связи с этим лед (твердая вода) занимает больший объем, чем жидкая вода, и держится на ее поверхности. Покрывая воду сверху, лед играет в природе роль своего рода плавучего

одеяла, защищающего реки и водоемы от дальнейшего замерзания и сохраняющего жизнь подводному миру.³⁵ Свойства льда исследовал советский ученый О.Я.Самойлов, который выявил большие пустоты между молекулами воды (см. рисунок).³⁶

Вода сильнее других жидкостей проявляет свойства универсального растворителя. Если ей дать достаточно времени, она может растворить практически любое твердое вещество. Именно из-за уникальной растворяющей способности воды никому до сих пор не удалось получить химически чистую воду - она всегда содержит растворенный материал сосуда.³⁷ Вода абсолютно необходима для всех ключевых систем жизнеобеспечения организма. Она содержится в человеческой крови (79%) и способствует переносу по кровеносной системе в растворенном состоянии тысяч необходимых для жизни веществ. Вода содержится в лимфе (96%), которая разносит из кишечника питательные вещества по тканям живого организма.

³² См.: Деггольц В.Ф. Мир воды. Л., Недра, 1979. С.20.

³³ См.: Там же. С.13-16.

³⁴ См.: Там же. С.18.

³⁵ См.: Новиков Ю.Ф. Внимание: вода! М., Молодая гвардия. 1983. С.3.

³⁶ См.: Меркулов А.П. Самая удивительная на свете жидкость. М., Советская Россия, 1978. С.66.

³⁷ См.: См.: Деггольц В.Ф. Указ. Соч. С.10.; Новиков Ю.Ф. Указ. Соч. С.4, 179.

Перечислять странные, но жизненно необходимые свойства воды можно и дальше, но лучше перейти к объяснению этих свойств. Прежде всего, следует отметить, что молекула воды самая маленькая среди подобных трехатомных молекул (по отношению к гомологам, то есть водородным соединениям типа H_2S , H_2Se , H_2Te , со свойствами которых традиционно сравнивают свойства воды). Такие молекулы при

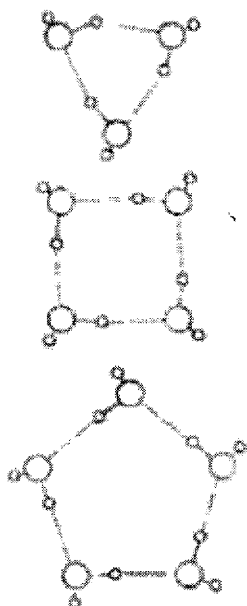


Рис. 1. Схема строения три-, тетра- и пентамера воды

нормальных условиях образуют газы, а молекулы воды - жидкость.³⁸ Причина этого состоит в том, что молекулы воды при конденсации создают сложные ассоциации, формируя жидкое вещество с аномальными свойствами.³⁹

Молекулы воды обладают уникальным свойством объединяться в кластеры⁴⁰ (группы) $(\text{H}_2\text{O})_x$. При комнатной температуре степень ассоциации для воды составляет, по современным данным, от 3 до 6 молекул. Это означает, что формула воды в жидком состоянии не просто H_2O , а среднее между H_6O_3 и H_{12}O_6 .⁴¹ Другими словами, вода - сложная жидкость, "составленная" из повторяющихся групп, содержащих от трех до шести одиночных молекул. Это удалось установить лишь в 1990-е гг., когда появились лазеры и лазерная спектроскопия, которые позволяли

определять характеристики отдельных полимеров и даже судить об их строении. Группа исследователей из Калифорнийского университета (г. Беркли, США) под

руководством доктора Р.Дж.Сайкалли в 1992 г. расшифровала строение тримера, в 1996 г. - тетрамера и пентамера, а затем и гексамера.⁴² По сравнению с гомологами эта жидкость имеет избыточное строение. Вследствие этого вода имеет аномальные значения температуры замерзания и кипения по сравнению с гомологами. Если бы вода подчинялась общим правилам, то точка ее замерзания должна была бы находиться между -90° и -120°C , а точка кипения - между $+75^\circ$ и $+100^\circ \text{C}$.⁴³

Если бы вода при испарении оставалась в виде кластеров H_6O_3 , H_8O_4 или H_{12}O_6 , то водяной пар был бы намного тяжелее воздуха, в котором доминируют молекулы азота и кислорода. В этом случае поверхность всей

³⁸ См.: Депгольц В.Ф. Указ. Соч. С.17.

³⁹ См.: Меркулов А.П. Указ соч. С.66, 67, 68.

⁴⁰ Под кластером обычно понимают группу атомов или молекул, объединенных физическим взаимодействием в единый ансамбль, но сохраняющих внутри него индивидуальное поведение. Возможности прямого наблюдения кластеров ограничены, и поэтому экспериментаторы компенсируют аппаратные недостатки интуицией и теоретическими построениями.

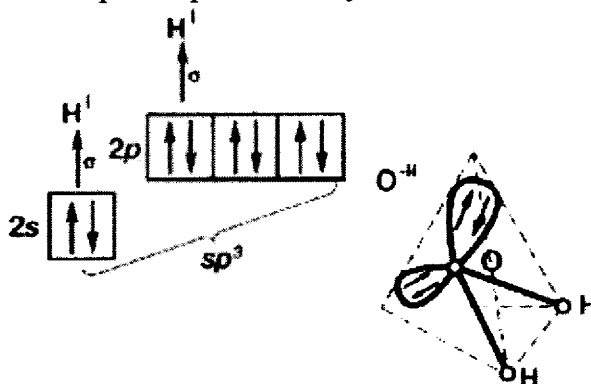
⁴¹ См.: Белянин В., Романова Е. Жизнь, молекула воды и золотая пропорция. Наука и жизнь. 2004. № 10.

⁴² См.: Раков Э.Г. Вот она какая, вода! Электронный ресурс. <http://him.1september.ru/articlef.php?ID=199903101>

⁴³ Депгольц В.Ф. Указ. Соч. С.17.

Земли была бы покрыта вечным слоем тумана. Представить себе жизнь на такой планете практически невозможно. Людям крупно повезло: кластеры воды при испарении распадаются, и вода превращается практически в простой газ с химической формулой H_2O (обнаруженное в последнее время в паре незначительное количество димеров H_4O_2 погоды не делает). Плотность газообразной воды меньше плотности воздуха, и поэтому вода способна насыщать своими молекулами земную атмосферу, создавая комфортные для биологических организмов условия.⁴⁴

Молекула воды имеет симметричную V-образную форму, так как два небольших атома водорода располагаются с одной стороны от сравнительно крупного атома кислорода под углом примерно $104^\circ 27'$. Это сильно отличает молекулу воды от линейных молекул, например H_2Be , в которой все атомы располагаются цепочкой. Именно такое странное расположение атомов в молекуле воды и позволяет ей иметь множество необычных свойств.⁴⁵ Если внимательно рассмотреть геометрические параметры молекулы воды, то в ней обнаруживается определенная гармония. Чтобы увидеть ее, построим равнобедренный треугольник H-O-H с протонами в основании и кислородом в вершине. Такой треугольник схематично копирует структуру молекулы воды, проекция которой на плоскость условно изображена на рисунке.



Выводы.

Итак, приведенные факты наглядно демонстрируют, что избыточность информации играет огромную роль не только в естественных языках, но и различных природных процессах, начиная с наследственной информации и заканчивая свойствами вещества. Избыточность выступает как фундаментальное свойство информации, более того, по мере своего раскрытия ассоциируется с самой информацией. Ведь то, что не имеет избыточности, не является информацией: это “белый шум”, энтропия. Более того, можно предположить, что во всех системах коэффициент избыточности информации составляет 70-80 % то есть $\frac{2}{3}$ информации предсказуемы, если не прямо ожидаемы. Из всего вышесказанного можно сделать один фундаментальный вывод: формула Больцмана-Шеннона действует не только в системах коммуникации, но и в области информационных смыслов.

Определение информации через ее избыточность, как жестко структурированной системы, обладающей внутренней логикой, и, в силу этого, детерминированной, позволяет по новому взглянуть на соотношение

⁴⁴ См.: Белянин В., Романова Е. Жизнь, молекула воды и золотая пропорция. // Наука и жизнь. 2004. № 10.

⁴⁵ См.: Депгольд В.Ф. Указ. Соч. С.10.; Меркулов А.П. Указ. Соч. С.66.

времени и информации. Следует высказать еще два соображения по поводу связи информации со временем.

Во-первых, информационные процессы определяют собой вектор движения времени из прошлого в будущее. Избыточность информационных процессов выступает здесь в качестве фактора, выравнивающего отклонения вектора, отсекающего боковые альтернативы развития. Во-вторых, в точках бифуркации именно избыточность предопределяет появление нескольких вариантов развития системы.

Можно пояснить это на примере популярного сегодня жанра фантастики – альтернативной истории. Писатели выискивают в истории так называемые “поворотные моменты” и препарировать их, выискивая новые варианты развития общества. Однако “поворотный момент” отмечается задним числом, и бывает, много позже реальных событий. “Поворотный момент” – это не столько факт, сколько наше суждение о нем. Это и есть работа избыточности общественной системы: поворот в развитии – итог длинной череды событий и явлений. Когда наберется необходимое количество мелких изменений, необходимое и достаточное для перехода в новое качество – произойдет поворот, причем в единственно возможном направлении. И никаких альтернатив – совокупность очень велика, и по закону больших чисел “сожрет” и насморк Наполеона, и неудачу генеральского заговора против Гитлера.

С другой стороны, в момент кризиса, ведущего к дестабилизации системы, избыточность включает механизм изменчивости. Разрушаясь, система как бы ищет, за что “зацепиться”, пытается найти устойчивые состояния в поглощающем ее море неустойчивости из под пресса целостности высвобождаются все более глубокие и элементарные структуры, которые складываются в новые варианты комбинаций, порождая набор возможных решений. Если какая-то из этих комбинаций окажется перспективной, стабильной, бурление изменчивости успокоится, и перед нами возникнет новая система. Это рассуждение взято из книги Ю.В.Чайковского “Элементы эволюционной диатропики”.

Аналогичные рассуждения применимы к логике развития всего нашего познания. Эта логика заключается в том, что любая решенная задача дает возможность решать новые задачи. Эти новые задачи связаны с предыдущей, то есть материнская задача ограничивает пространство решений для дочерних. Одновременно, будучи превращены в технологии, новые задачи расширяют пространство решений для человечества. В результате начинается структуризация научного познания, при которой новые результаты не столько открывают новые возможности, сколько перечеркивают возможности альтернативные. Таким образом, и материя, и знания структурируются по одним и тем же законам – отсекаются альтернативы. Теории антропоцентрического мира имеют под собой основания: мир создан для человека, остальные альтернативы просто отсечены.

БИБЛИОГРАФИЯ.

I. Лингвистика.

1. Драчук В.С. Дорогами тысячелетий. О чем поведали письмена. 2-е изд. М., Молодая гвардия, 1977.
2. Казанский Б. Разговор с иероглифом. М., 2002.
3. Лихачев Д.С. Развитие русской литературы X – XVII. Л.1973.
4. Россия глазами русского. Чаадаев, Леонтьев, Соловьев. С-Пб.: Наука, 1991.
5. Успенский Л.В. По закону буквы. М., Молодая гвардия, 1979.
6. Явич И.В. Рассуждения южнославянской и русской старины о церковнославянском языке. // Исследования по русскому языку. СПб. 1885. Т.1.

II. Генетика.

1. Айала Ф., Кайгер Дж. Современная генетика. В 3-х томах. М.,1999.
2. Алиханян С.И. Общая генетика. М.: Высшая школа, 1985.
3. Гершензон С.М. Основы современной генетики. Киев, Наукова думка, 1983.
4. Инге-Вечтомов С.Т. Генетика с основами селекции. М., Высшая школа, 1989.
5. Кибернштерн Ф. Гены и генетика, Москва, Параграф, 1995.
6. Сассон А. Биотехнология: свершения и надежды. М.: Мир, 1987.
7. Киселев Л. Впервые огромный генетический чертеж многоклеточного существа прочитан полностью. // Наука и жизнь. 2000. № 9.
8. Баранов В. Медицина на пороге революции. // Наука и жизнь. 1999. №3.

III. Геохимия и кристаллография.

1. Бондарев В.П. Основы минералогии и кристаллографии. М., Высшая школа, 1978.
2. Волькенштейн М.В. Введение в молекулярную биологию. М., 1965.
3. Деггольц В.Ф. Мир воды. Л., Недра, 1979.
4. Меркулов А.П. Самая удивительная на свете жидкость. М., Советская Россия, 1978.
5. Новиков Ю.Ф. Внимание: вода! М., Молодая гвардия. 1983.
6. Петрянов И.В. Самое необыкновенное вещество в мире. М., Педагогика, 1981.
7. Раков Э.Г. Вот она какая, вода! Электронный ресурс. <http://him.1september.ru/articlef.php?ID=199903101>
8. Белянин В., Романова Е. Жизнь, молекула воды и золотая пропорция. Наука и жизнь. 2004. № 10.