

ДРЕЙФ И ФРАКТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ КАК ОТКРЫТОЙ НЕРАВНОВЕСНОЙ СИСТЕМЫ

В.А. Гусев

Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Новосибирск, Новосибирский государственный университет, Россия

В работе проводится теоретический анализ экспериментальных данных, представленных в работах [1 – 24] с целью построения адекватной модели динамики открытой неравновесной живой системы. Кроме того сделана попытка обобщенного описания свойств живой и неживой материи. На основе литературных данных представлено доказательство фрактальной структуры пространства вблизи центрально тяготеющих тел, вокруг которых по замкнутым траекториям вращаются спутники, служащие своеобразными тестерами окрестного пространства. Локальное нарушение его однородности является, по-видимому, необходимым (но не достаточным!) динамическим свойством пространственно-временного континуума для самоорганизации молекул в живую, то есть самовоспроизводящуюся молекулярную систему.

Введение

Более 50-ти лет назад два московских микробиолога Елин В.А. и Калинин В.О. независимо друг от друга обнаружили па-радоксальный феномен: клетки органотрофных микроорганизмов *E. coli* после определенной подготовки приобретали способность размножаться в солевых растворах полностью лишенных какой-либо органики. Независимо от солевого состава раствора (физраствор или фосфатный буфер) и начальной концентрации жизнеспособных клеток (10^3 - 10^5 см⁻³) все популяции за сутки - двое инкубирования при 37°C достигали одной и той же предельной концентрации порядка 10^6 см⁻³ и в таком состоянии без доступа органики длительное время сохраняли жизнеспособность. Результаты этих экспериментов были опубликованы в журнале Микробиология [1, 2]. Какого-нибудь приемлемого для микробиологов объяснения феномен не получил, его сочли артефактным явлением и забыли на десятки лет.

Тридцать лет спустя в нашей исследовательской группе по «счастливному» стечению обстоятельств, был открыт аналогичный феномен размножения органотрофных микроорганизмов *E. coli*, но в еще более жестких условиях – тетрадициллированной воде. Подробное описание экспериментов опубликовано в [3 – 7]. В этих же работах впервые сформулирована биофизическая модель данного явления. В работе [8] дополнительно представлены экспериментальные данные об эволюционном дрейфе **числа жизнеспособных клеток** (далее **ЧЖК**), кооперативных эффектах, квазипериодических вариациях среднего значения ЧЖК в образце, а так же относительной дисперсии и биоритмах в микробных сообществах, находящихся в экстремальных условиях абсолютного субстратного голода, то есть в суперчистой дистиллированной воде. Ниже представлены результаты дальнейшего исследования свойств популяций микроорганизмов в бессубстратной среде.

Нелинейные явления в динамике популяции микроорганизмов

На рисунке 1 представлены зависимости числа жизнеспособных клеток от объема пробы, отбираемой из исходного объема. На фоне линейной кривой при малых объемах с увеличением объема наблюдаются небольшие, но достоверные отклонения. Величина и

характер таких отклонений не является строго фиксированной для конкретного образца популяции, но изменяется с течением времени (см. рис. 6).

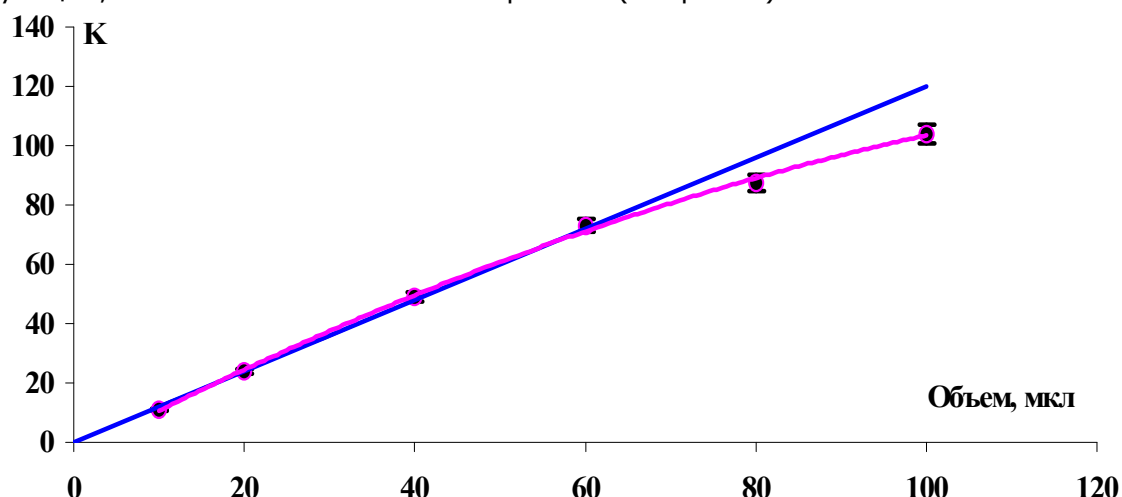


Рис. 1. Нелинейная зависимость числа жизнеспособных клеток от величины отбираемого объема. По оси ординат ЧЖК в отбираемой пробе.

Рассмотрим еще один нелинейный эффект, связанный с изменением концентрации суспензии микроорганизмов при разбавлении ее водой (рис. 2). *A priori* можно было ожидать, что при разбавлении суспензии, содержащей исходно K_o клеток в единице объема, в m раз концентрация клеток будет изменяться по закону:

$$\frac{K_o}{K_m^{th}} = m, \quad (1)$$

где в знаменателе стоит теоретически ожидаемая величина концентрации микроорганизмов. Однако экспериментально эта зависимость трансформируется к виду:

$$\frac{K_o}{K_m^{exp}} = m^{\alpha}, \quad (2)$$

где в знаменателе стоит экспериментально наблюдаемая концентрация микроорганизмов.

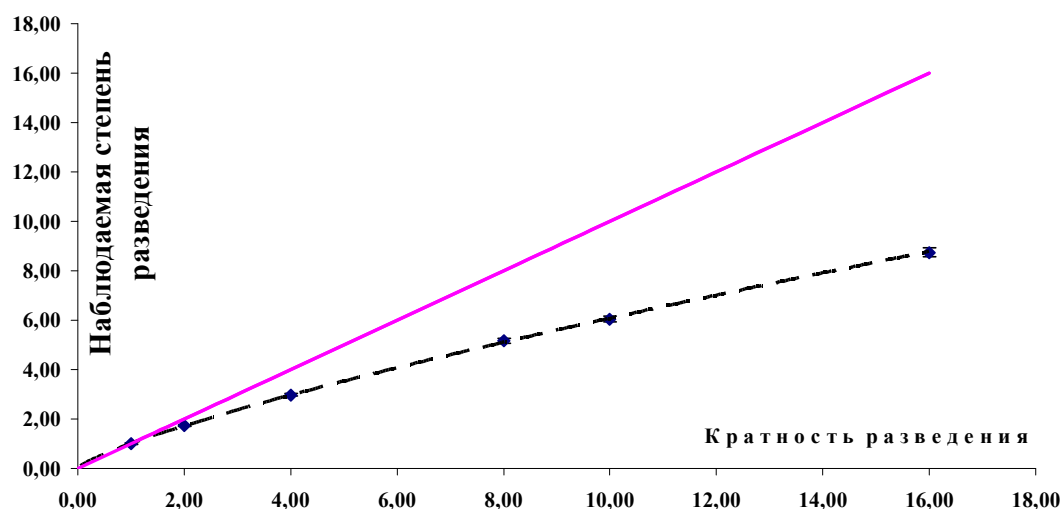


Рис. 2. Нелинейная зависимость концентрации от кратности разведения. Коэффициент нелинейности $\alpha=0.783\pm0.023$. Коэффициент корреляции нелинейной аппроксимации равен $r=0.999$. Сплошная прямая – линейная аппроксимация по начальным данным.

Коэффициент нелинейности a не является строго фиксированной константой. Его величина в основном определяется временем релаксации к стационарному состоянию после механического возмущения популяции (см. рис. 4 и 6).

На рисунке 3 продемонстрирована экспериментальная зависимость изменения концентрации жизнеспособных клеток после разведения исходной концентрированной суспензии ($K \approx 10^8 \text{ см}^{-3}$) вплоть до концентрации $K \approx 10^3 \text{ см}^{-3}$. В пределах ошибки параметры кривой релаксации не зависят от степени разведения популяции.

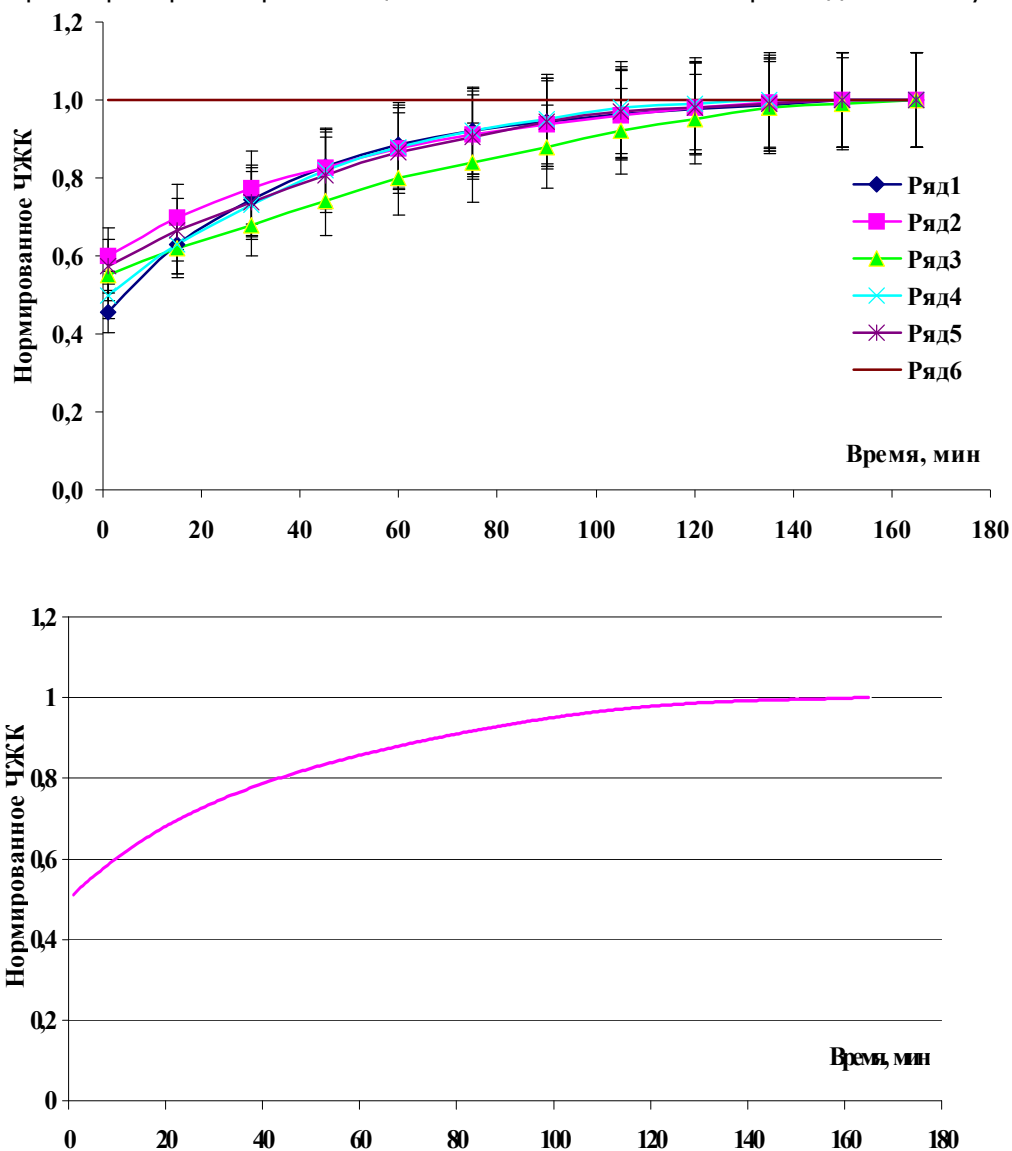


Рис. 3. Релаксация числа жизнеспособных клеток (ЧЖК) в воде при комнатной температуре после разведения исходной суспензии. Исходная популяция с концентрацией жизнеспособных клеток $\approx 10^8 \text{ см}^{-3}$ выдерживалась при $+4^\circ\text{C}$ двое суток, затем в течение 5-7 минут готовились пять разведений с кратностью 10 (ряд 6 – исходная суспензия 10^8 см^{-3} , ряд 5 – 10^7 см^{-3} , ряд 4 – 10^6 см^{-3} , ряд 3 – 10^5 см^{-3} , ряд 2 – 10^4 см^{-3} , ряд 1 – 10^3 см^{-3}) на дистиллированной воде при комнатной температуре, далее периодически отбирались пробы для определения ЧЖК. Нормированное значение ЧЖК по оси ординат получено путем деления ЧЖК, в данный момент времени на величину стационарного значения ЧЖК (верхние кривые). Усреднение проводилось по всем разведениям (см. верхние кривые). Нижняя аппроксимационная кривая вида $K/K_0 = 1 - 0.5 \exp(-t/42.7)$ с коэффициентом корреляции $r=0.8$, время релаксации $\tau = 42.7$ мин.

Необходимо отметить, что сразу после разведения клеточной суспензии ЧЖК падает строго в два раза независимо от степени разведения и далее снова релаксирует к исходной концентрации. Очевидно, что ни о каком механическом необратимом повреждении половины клеток популяции речи быть не может. По видимому после механического возмущения популяции происходит быстрый распад автономно устойчивой пространственной структуры популяции, а затем медленное восстановление ее в состояние, обеспечивающее все клетки достаточным количеством свободной энергии среды обитания для поддержания жизнеспособности всей популяции

Из представленных экспериментальных данных следует, что:

- при отборе проб из объема с постоянной концентрацией клеток наблюдаются нелинейные явления – ЧЖК в пробах возрастает не прямо пропорционально их объему;

- при изменении концентрации клеток (разведении суспензии путем добавления воды) ЧЖК также изменяется не прямо пропорционально степени разведения;

- пространственная структура популяции весьма чувствительна к внешнему механическому возмущению, но способна релаксировать к исходному состоянию.

Для определения физического смысла коэффициентов нелинейности воспользуемся методами фрактальной геометрии. Как известно, объектами фрактальной геометрии являются структурные образования, для которых характерна иерархия и масштабная инвариантность.

Обратимся к рисунку 4, на котором представлена зависимость усредненного по времени значения относительной дисперсии $\langle \sigma^2 / \bar{k} \rangle_T$ при различной концентрации клеток (среднее значение ЧЖК в пробе $\bar{k}$ пропорционально средней концентрации клеток $\bar{K}$, так как отбор проб производился строго фиксированным объемом, σ дисперсия в серии проб). Временные интервалы усреднения изменялись случайным образом от точки к точке в пределах 1 - 4 часов. Данный метод обработки выбран для того, чтобы нивелировать систематическую ошибку, неизбежно вносимую при подсчете ЧЖК.

Из этих данных следует, что концентрация клеток $8 \times 10^2 \text{ см}^{-3}$ является критической точкой, ниже которой относительная дисперсия $\sigma^2 / \bar{k} < 1$, а с увеличением концентрации клеток относительная дисперсия становится больше единицы и далее перманентно растет. Этот эффект может интерпретироваться как переход от квазирегулярного распределения жизнеспособных клеток при концентрации меньше $8 \times 10^2 \text{ см}^{-3}$ в объеме к неравномерному, при котором формируется иерархия кластеров, с различной концентрацией жизнеспособных клеток. Кроме того, наблюдается сложная эволюция этих кластеров. Этот вывод сделан на основании вариаций во времени относительной дисперсии вокруг среднего значения, величина которого определяется концентрацией жизнеспособных клеток (см. рис. 5 и 6 в работе [8]).

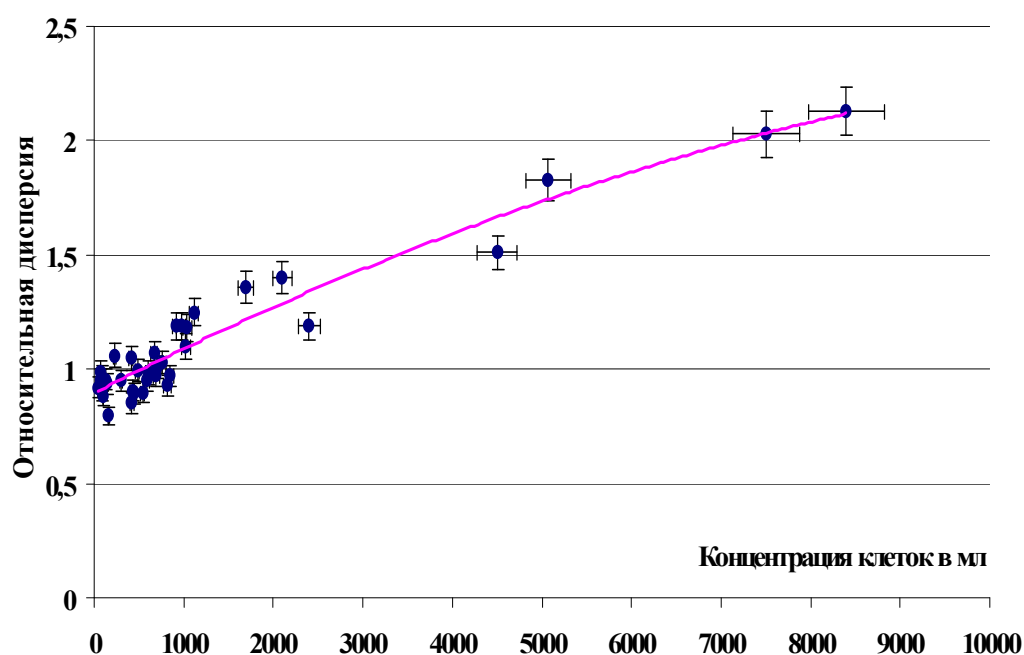


Рис. 4. Зависимость относительной дисперсии $\sigma^2/\bar{k}$ от концентрации клеток.

Не вдаваясь пока в физический механизм данного явления, рассмотрим его формальную сторону. При иерархическом самоподобном распределении элементарных единиц фрактального объекта в трехмерном евклидовом пространстве их плотность в объеме не является константой, а зависит от величины объема пробы следующим образом [9]:

$$\rho(V) = \rho_o \left(\frac{V}{V_o} \right)^{\frac{D_R-1}{3}}, \quad (4)$$

где $\rho(V)$ – плотность элементарных единиц в отбираемом объеме V (в данном случае концентрация ЧЖК), ρ_o – средняя плотность по всему объему, занимаемому фрактальным объектом, V_o – объем, приходящийся на одну элементарную единицу (в данном случае объем, приходящийся на одну клетку при равномерном распределении всей популяции), D_R – фрактальная размерность объекта. Из формулы (4) следует, что при m – кратном разведении популяции, обладающей фрактальными свойствами, соответствующие плотности $\rho(V)$ и $\rho_m(V)$ будут относиться друг к другу как:

$$\frac{\rho(V)}{\rho_m(V)} = m^{\frac{D_R}{3}}. \quad (5)$$

Из формул (2) и (5) следует, что фрактальная размерность и коэффициент нелинейности связаны соотношением:

$$D_R = 3a \quad (6)$$

На рисунке 5 отображена зависимость фрактальной размерности от концентрации микроорганизмов, рассчитанной по этому уравнению.

При концентрации клеток больше $3 \times 10^3 \text{ см}^{-3}$ кривая на рисунке начинает достоверно отклоняться от асимптотического значения 3, характерного для малых концентраций.

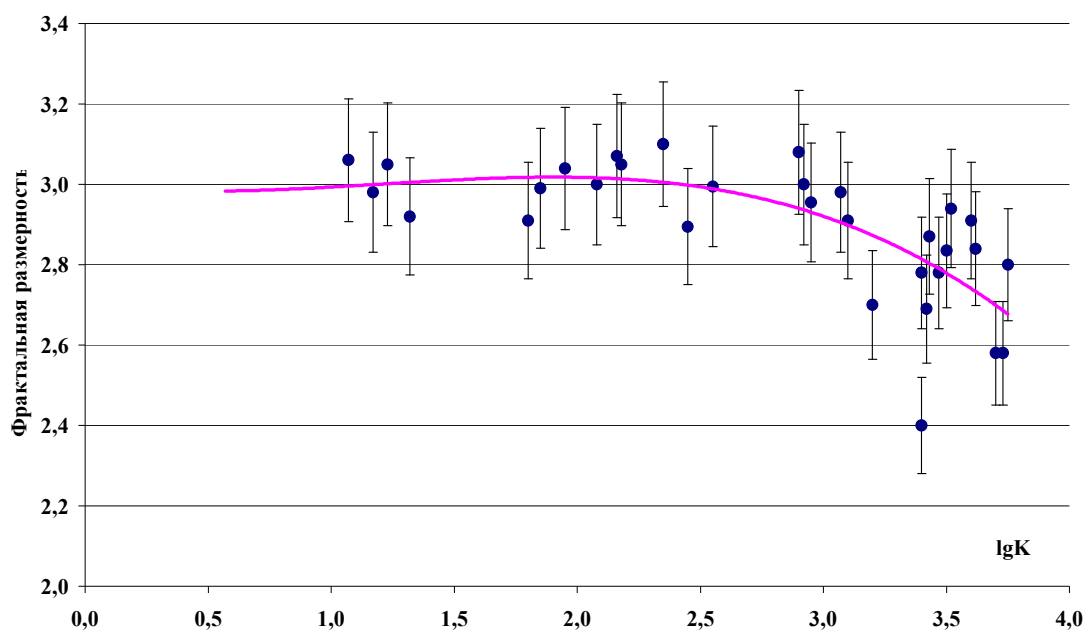


Рис. 5. Зависимость фрактальной размерности от концентрации жизнеспособных клеток. По оси абсцисс десятичный логарифм концентрации клеток в см^3 .

Релаксационная динамика фрактальной размерности

На рисунке 6 представлена кривая релаксации фрактальной размерности популяции микроорганизмов после механического возмущения.

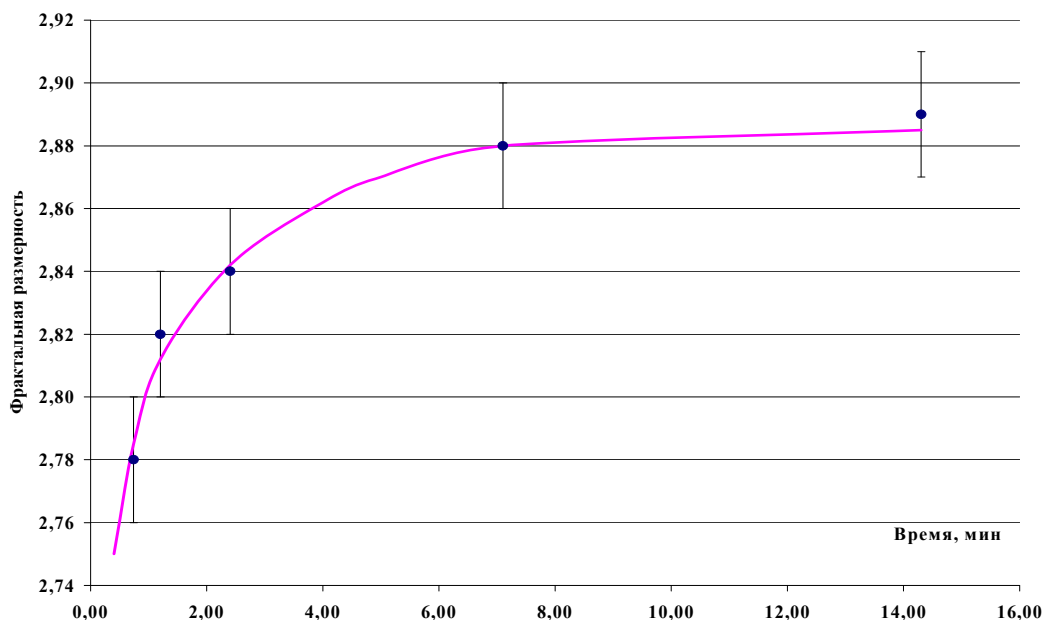


Рис. 6. Зависимость фрактальной размерности популяции от времени релаксации после механического возмущения. Концентрация суспензии $(3.5 \pm 0.07) \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$.

Суть эксперимента сводилась к следующему: суспензия клеток микроорганизмов интенсивно перемешивалась, далее по возможности быстро (как правило, за 15 – 20 сек)

5 мл этой механически возмущенной суспензии перекачивались с помощью перистальтического насоса в отдельную стеклянную емкость. Далее с интервалом несколько минут из этой пробирки отбирали пробы и подвергали их многократному разведению водой (как правило, с шагом 2). Из разведенных образцов высевали пробы на чашки Петри, залитые агаризованной питательной средой для определения концентрации жизнеспособных клеток. Чашки инкубировались ночь при 37°C. На следующий день подсчитывалось число колоний, и далее по формуле (6) определялась фрактальная размерность.

Как видно из рисунка 6 полная релаксация механически возмущенной популяции к стационарному значению фрактальной структуры наступала более чем за 15 мин. Этот факт необходимо было учитывать при определении размерности D_R для популяции, подвергнутой механическому возмущению – например, после разведения.

Для построения самосогласованной пространственно-временной модели живых систем, далее нам понадобятся экспериментальные данные о временном дрейфе и динамике микробных популяций. Как показано в работах [3 - 8] практически невозможно наблюдать живую систему в стационарном состоянии. На временах наблюдения от секунд до многих суток за популяцией органотрофных микроорганизмов в бессубстратной среде число жизнеспособных клеток перманентно варьирует от десятков процентов от среднего (на малых временах), до отклонения на порядки и последующему возвращению к исходному значению на больших временах (см. рис. 1 -3 в работе [8]). Другими словами, для популяций живых систем, формирующих пространственную фрактальную структуру можно так же ввести понятие временного фрактала [10].

Фрактальная структура пространства и времени в живых системах

В обыденной жизни и научных исследованиях *a priori* считается, что пространство, в котором мы существуем, имеет целочисленные размерности: линия одномерна, плоскость двумерна, а пространство имеет только три измерения. Мир и объекты в нем, имеющие дробные размерности, кажется, невозможно представить. Однако, это всего лишь следствие нашего консерватизма и привычек. Оказывается, береговую линию, облака, пористые структуры, электрические разряды в атмосфере и многие другие природные явления намного проще описать на языке математических формул, если ввести в научный обиход понятие фрактальности, то есть дробной размерности. Аналогичному описанию поддается разветвленная сеть кровеносных каналов теплокровных животных, а также их нейронная сеть, ветвящиеся структуры деревьев и т.д. Удивительным для нас оказалось, что распределение в объеме жизнеспособных клеток водных микроорганизмов также можно описать на языке фракталов.

На рисунке 2 приведены результаты аппроксимации экспериментальных данных с коэффициентом нелинейности $a=0.783\pm0.023$. Из представленных данных можно определить фрактальную размерность **множества жизнеспособных клеток**, распределенных в объеме популяции как $D_R = 3 \times a = 2.35 \pm 0.07$.

Временная фрактальная размерность определяется в процессе анализа длительных временных вариаций числа жизнеспособных клеток в популяции микроорганизмов через константу Херста [10]. Последняя определяется из экспериментальных данных как

$$H = \frac{\ln \frac{K_{\max} - K_{\min}}{\sigma}}{T/2t}, \quad (7)$$

где $K_{\max}$ и $K_{\min}$ максимальное и минимальное число жизнеспособных клеток в массиве проб, отбираемых в течение времени T с интервалом t , σ - дисперсия для данного массива. Количество проб в массиве $N = T/t$ составляло в наших экспериментах не менее 600, поскольку предварительно было показано, что при таком объеме массива константа Херста достигает своего стационарного значения, которое можно далее использовать для расчета фрактальной временной размерности по формуле [10]:

$$D_T = 2 - H, \quad (8)$$

Здесь D_T фрактальная временная размерность массива данных.

На рисунке 7 показана зависимость константы Херста от концентрации жизнеспособных клеток. Здесь каждая точка получена при анализе 600-800 проб, отбираемых из популяции с фиксированным значением концентрации клеток.

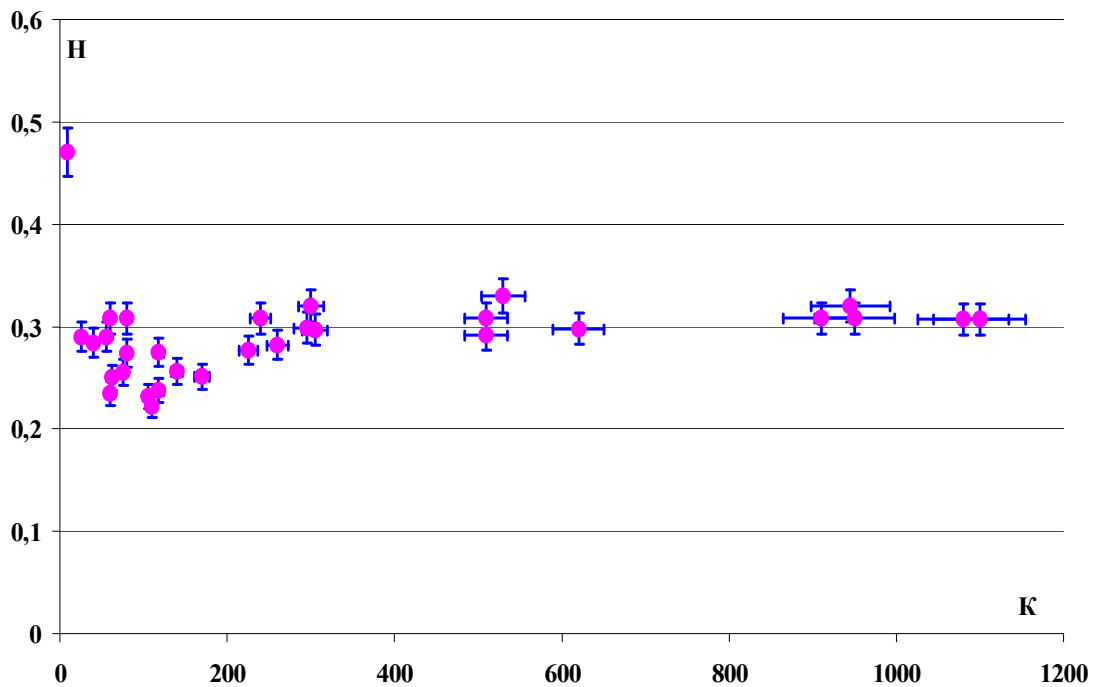


Рис. 7. Зависимость константы Херста от концентрации клеток. По оси абсцисс концентрация клеток в см^{-3} , все точки получены в идентичных экспериментах. Стационарное значение $H_{st}(K) = 0.309 \pm 0.004$ получено после усреднения данных при концентрациях жизнеспособных клеток 300 см^{-3} и более.

Легко посчитать временную фрактальную размерность популяции: $D_T = 2 - H_{st}(K) = 2 - 0.309 = 1.691 \pm 0.004$.

Формальное описание объектов и процессов, принятое в физике, осуществляется путем задания соответствующих функций, определенных в пространстве трех переменных - координат и независимой от них переменной - времени. В релятивистской физике последние понимаются как $3+1$ - четырехмерный пространственно-временной континуум. В нашем случае эта сумма представляется

следующим образом $D_R + D_T = (2.35 \pm 0.07) + (1.691 \pm 0.004) = 4.04 \pm 0.07$. Корректность такого суммирования размерностей фрактальных множеств основана на эмпирическом правиле Мандельброта [10]. Обращает на себя внимание тот факт, что **две дробные величины** - пространственной и временной фрактальных размерностей, определенные независимо и с высокой точностью в сумме дают с той же точностью целочисленное значение размерности, равной размерности пространственно-временного континуума Вселенной.

Как и все предыдущие арифметические и алгебраические казусы, касающиеся живых систем [12, 13], данное соотношение не является доказательством, но лишь указывает исследователям путь, на котором необходимо искать взаимосвязь живого и неживого во Вселенной, указывает на их единство.

Фрактальные свойства динамических систем на космических масштабах

Современная физика, являющаяся основой всех естественных наук, не способна объяснить как сам феномен жизни, так и молекулярный механизм ее происхождения, то есть условия организации атомов в самовоспроизводящуюся структуру, элементарной единицей которой является клетка микроорганизма. Другими словами, опираясь на постулаты физики – законы сохранения, которые являются следствием общих абстрактных представлений об *однородности и изотропности пространства, однородности времени*, не удастся построить последовательную модель Вселенной, в процессе эволюции которой возможно возникновение самовоспроизводящихся молекулярных образований. Весь экспериментальный и теоретический пул знаний, опробованный начиная с 20-х годов прошлого столетия до сегодняшнего дня, не принес ни позитивного, ни негативного ответа на вопрос о естественном происхождении земной жизни по Опарину [20a].

Возможно, что такое направление мысли творцов современной науки было изначально детерминировано законами эволюции Вселенной и тем самым наложен запрет на раскрытие тайны и смысла живого на Земле. В аллегорической форме можно предположить, продолжая идею Стругацких [21], что таким образом Мироздание сохраняет свой гомеостаз до определенной стадии эволюции человеческой цивилизации. Действительно, все, что когда-либо открывалось в Природе «недозрелой» до понимания смысла данного открытия Цивилизацией, в первую очередь использовалось для уничтожения ее же, а уже потом рассматривались варианты мирного использования для более комфортного выживания: примеры тому взрывчатые вещества, ядовитые газы, ядерная энергия и т.д. Получив возможность искусственного создания живых систем, «недозрелая» Цивилизация заведомо уничтожит себя, ибо абсолютный контроль за саморазмножающимися, например, патогенными микроорганизмами в настоящее время невозможен. Всегда найдутся индивидуумы с патологической страстью к власти над миром, которая, как показывает история, всегда оборачивалась катастрофой, как для диктаторов, так и для управляемого ими сообщества людей.

Единственное, что оставалось ученым, это дискутировать на тему о естественном происхождении жизни на Земле или же привнесении ее семян из Космоса. Можно утверждать, что периодическое доминирование двух соперничающих друг с другом гипотез – панспермии и естественной химической эволюции – является результатом технологического прорыва либо в биохимии, либо в астрофизике. Однако, ни та, ни

другая гипотеза не имеют под собой конструктивного начала, поскольку носителями этих идей являются ученые, мировоззрение которых сформировано в рамках современной науки, которая, не способна объяснить феномен жизни.

Как заметил американский физик Филипп Моррисон: «В случае обнаружения жизни на других планетах она превратится из чуда в статистику». То есть в нечто экспериментально воспроизводимое, на чем и основана методология научного познания мира. Однако в чем состоит суть эксперимента, при постановке которого можно было бы воспроизвести условия возникновения живых систем, ни физика, ни биология ответа не дают².

Апеллируя к мнению творцов квантовой механики, следует признать, что для конструктивного решения проблемы (то есть проблемы происхождения жизни) нужно сформулировать «сумасшедшую» гипотезу. Данная работа является попыткой сделать такой шаг.

Основываясь на антропном принципе [14], можно утверждать, что живые самовоспроизводящиеся объекты должны неизбежно появляться на определенном этапе эволюции наблюдаемой Вселенной. Другими словами, в известных и возможно еще не открытых физических законах потенциально заложен акт или процесс появления простейших форм жизни, эволюция которых привела к рождению наблюдателя - человека. В противном случае, то есть в отсутствие последнего, Вселенная ненаблюдаема и представляет собой абстрактное понятие. Из приведенных рассуждений следует, что не только законы, определяющие молекулярные процессы, но и законы большого Космоса ответственны за рождение и эволюцию живых систем.

Ниже приводится цитата Эренфеста, взятая из монографии Горелика [16, с. 197]: *«Почему у нашего пространства имеются три измерения?», или другими словами "Какие особенности отличают геометрию и физику в R_3 от геометрий и физик в других пространствах R_n ?" Будучи поставлены таким образом, эти вопросы, возможно, не имеют смысла. Несомненно, они подвержены справедливой критике. Потому что действительно ли пространство "существует"? Является ли оно трехмерным? И затем сам вопрос "почему"! Что подразумевается "физикой" в R_3 или R_7 ?*

Я не буду пытаться найти лучшую форму для этих вопросов. Возможно, другие преуспеют в указании некоторых более сингулярных свойств R_3 , и тогда станет ясным, каковы те правильные вопросы, для которых наши рассуждения являются подходящими ответами» [16].

Проблема трехмерности физического пространства наблюдаемой Вселенной на микро- и макроуровнях впервые поставлена Эренфестом в 1917 г. [17]. В своих работах он приводит теоретические обоснования того факта, что при условии целочисленности размерности пространства, только при размерности $D_R=3$ возможно существование устойчивых замкнутых траекторий взаимодействующих объектов и движение их на бесконечность. Этот вывод относится к объектам, взаимодействующим как посредством электрического, так и гравитационного полей, поскольку и в том и в другом случае соблюдается закон обратных квадратов.

Таким образом, утверждается следующее: *живые объекты могли появиться только в*

² Впрочем, некоторые соображения по проведению экспериментов для возникновения предбиотических структур *in situ* и в реальном времени приведены в работе [24]. Здесь же следует отметить пионерскую работу [25] о формализации описания неравновесных эволюционирующих систем.

такой Вселенной, какой она и представляется наблюдателю. Данное утверждение фактически является одной из формулировок антропного принципа, введенного в научный обиход Дикке [14].

Дальнейший анализ свойств живого будем проводить, приняв в качестве постулатов следующие утверждения:

- пространство не существует само по себе в отсутствие элементарных структурных единиц материи;

- геометрия пространства его размерность, топологические и метрические свойства определяются характером взаимного расположения структурных единиц и законами их физического взаимодействия.

В этих определениях не содержится ничего принципиально нового и поэтому противоречащего современной физике. В тоже время определение понятия пространства, как производного от физических объектов и законов их взаимодействия позволяет рассматривать его размерность также как производное, а не аксиоматическое понятие. В таком случае проблема величины размерности пространства и ее целочисленного значения $D_R = 3$ переходит из разряда аксиом в интерпретируемую категорию [15, 16]. В зависимости от структуры объектов, их масштабов, характера взаимодействия и взаимного расположения размерность пространства может быть строго целочисленной, или принимать дробные значения. Проиллюстрируем данное утверждение конкретными расчетами, основанными на астрономических наблюдениях за движением планет Солнечной системы и их спутников.

Построение гипотезы начнем с анализа третьего закона Кеплера:

$$\frac{R^3}{T^2} = \text{const} = \frac{GM}{4\pi^2}, \quad (9)$$

здесь M – масса центрального тяготеющего тела, T – период обращения спутника вокруг него, R – радиус большой полуоси орбиты, G – гравитационная постоянная. Выражение (9) удобно представить в безразмерном виде:

$$\frac{(R/R_o)^3}{(T/T_o)^2} = \frac{r^3}{\tau^2} = 1, \quad (10)$$

здесь R_o – радиус центрального тяготеющего тела, T_o – период обращения спутника на этом расстоянии. Такое обезразмеривание позволяет анализировать и планеты и их спутники в единой координатной системе.

Анализ данных астрономических наблюдений планет Солнечной системы и их спутников [22] показывает, что при $r=R/R_E < 0.1^3$ (в астрономических единицах, где R_E расстояние от Земли до Солнца) выражение (10) начинает достоверно отклоняться от 1, причем, вариации вокруг единицы возрастают по мере уменьшения расстояния спутников от планет. Формально это нужно интерпретировать так, что законы небесной механики, сформулированные для трехмерного пространства, перестают точно описывать движение тел на масштабах $r=R/R_E < 0.1$ (в астрономических единицах). Для дальнейшего анализа этого явления воспользуемся обобщенным видом безразмерного уравнения Кеплера (10), предложенного Эренфестом [15] для пространства произвольной размерности D_R :

³ Для удобства масштабирования здесь расстояния R спутников от планет представлены в астрономических единицах $r=R/R_E$, где R_E расстояние от Земли до Солнца.

$\frac{r^{D_R}}{\tau^2} = 1$, откуда следует выражение:

$$D_R = \frac{2 \lg \tau}{\lg r} . \quad (11)$$

На рисунке 8 представлены результаты расчета по этой формуле параметра D_R для объектов Солнечной системы, известных к 1990 г. [22, 23]. Как видно из рисунка амплитуда вариаций параметра D_R достоверно возрастает по мере уменьшения расстояния. **Точка $D_R = 2.9993$ соответствует Луне.**

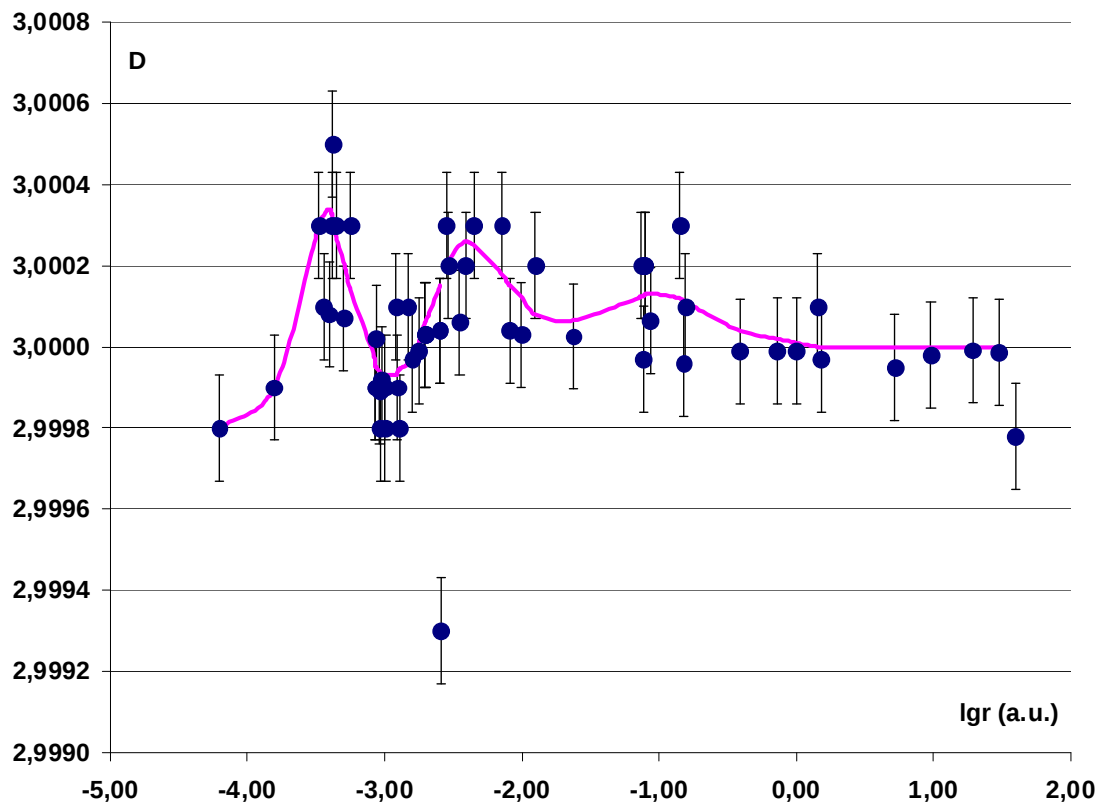


Рис. 8. Зависимость параметра D_R от расстояния спутника до центрального тела. По оси абсцисс десятичный логарифм расстояния в астрономических единицах.

Единственным объектом, выпадающим из общего массива данных о спутниках, является Луна ($\lg r = -2.59$). На планетарных же масштабах от Меркурия до Нептуна параметр $D_R = 3$ в пределах ошибки измерения.

Автор не берет на себя ответственность за интерпретацию физических причин, лежащих в основе этого явления. Но, поскольку, цель данной работы - формулировка по возможности верифицируемой гипотезы происхождения жизни, принципиально отличающейся от всех гипотез предложенных ранее, я воспользуюсь результатами анализа вариаций параметра D_R для формулировки следующей гипотезы:

вблизи гравитационных масс в пространстве в среднем однородном и изотропном, формируются сферические слои фрактальной структуры пространства, размерность которых претерпевает малые вариации вблизи целочисленного значения $D_R = 3$.

Рассмотрим, к каким последствиям могут привести такие вариации размерности пространства в рамках поставленной задачи.

Если полагать, что наблюдаемые вариации не являются следствием систематической ошибки (что, по сути невозможно, так как в этом случае невозможно было бы наблюдать вариации D_R , но лишь монотонный дрейф!), то можно предположить, что на характер движения спутников оказывает дополнительное влияние физический вакуум. Это одна из загадочных материальных субстанций, свойства которой дискутируются в среде физиков-теоретиков в течение уже нескольких десятилетий. Я воспользуюсь современными представлениями различных авторов о физическом вакууме [18 – 20], из которых постараюсь извлечь рациональные зерна для построения своего видения решения проблемы происхождения жизни.

За последние 10 лет были сформулированы и почти устоялись в научном мировоззрении термины темная энергия и антигравитация [20]. Хотя понятие антигравитации было введено Эйнштейном еще в 1917 г., но реальное осмысление его произошло после анализа космологических наблюдений лишь последние несколько лет. Реально антигравитация достоверно проявляет себя в отталкивании галактик на масштабах 5 – 8 млрд световых лет. Поэтому совершенно очевидно, что пронаблюдать такими же методами антигравитацию в планетарных, а тем более в земных масштабах практически невозможно. Впрочем, для целей данной статьи, этого и не требуется – важен сам факт наличия прецедента антигравитации и его признания в научной среде.

Заключение

С точки зрения автора, кроме стандартных физиологически необходимых условий для устойчивого существования жизни – «нормальные» давление, температура, влажность окружающей среды, отсутствие патогенных физических и химических факторов – принципиально важным фундаментальным фактором для самоорганизации молекул в самовоспроизводящий себя образ, необходима поляризация физического вакуума [18, 19]. Следствием которой является фрактальная, то есть нецелочисленная размерность пространства – времени: следствием которой является нелинейность всех молекулярных процессов, следствием которой в конечном итоге и является пространственно – временная упорядоченность молекулярных процессов, приведших к формированию самовоспроизводящихся информационных структур. Отметим, что нецелочисленные, то есть дробные значения размерности и пространства и времени по отдельности, но для живых систем в сумме дающие опять таки целое число – инвариант 4.

Литература:

- [1] Елин В.Л. К вопросу о биологии кишечной палочки. //Микробиол. - 1957.- Т. XXVI, - вып. 1.- С.17-21.
- [2] Калинин В.О. Размножение гетеротрофных бактерий в дистиллированной воде. //Микробиол.- 1957.- Т. XXVI, - вып. 2.- С. 148 - 153.
- [3] В.А. Гусев. Об источнике энергии для сохранения жизнеспособности и амплификации гетеротрофных микроорганизмов в условиях субстратного голода. I. Формулировка гипотезы. //Биофизика. – 2001. -т. 46, - вып. 5. - с. 862-868.
- [4] В.А. Гусев, N.J. Neigel. Об источнике энергии для сохранения жизнеспособности и амплификации гетеротрофных микроорганизмов в условиях субстратного голода. II. Обоснование гипотезы. //Биофизика.- 2001. -т. 46. - вып. 5. - с. 869-874.

[5] В.А. Гусев. Об источнике энергии для сохранения жизнеспособности и амплификации гетеротрофных микроорганизмов в условиях субстратного голода. III. Необходимые и достаточные условия колонизации микроорганизмами водной оболочки планет. //Биофизика. - 2001. - т. 46. - вып. 5. - с. 875-878.

[6] Гусев В.А. Эволюции микробной популяции клеток в условиях полного субстратного голода. //Эволюционное моделирование и кинетика. Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние, Красноярск. науч. центр. Вычислит. центр; Отв. ред. Ю. И. Шокин. - Новосибирск: Наука, 1992. - 243 с.

[7] Гусев В.А., Евдокимов Е.В., Бобровская Н.И. Отклонение от распределения Пуассона в ряду идентичных проб культуры *E.coli*. //Биофизика. - 1992.-Т. 37, вып. 4.- С. 733-737.

[8] Гусев В.А. Эволюционный дрейф, кооперативные эффекты, квазипериодические вариации, биоритмы микробных сообществ в экстремальных условиях абсолютного субстратного голода. //Журнал проблем эволюции открытых систем. - 2008. - Т. 1, вып. 10. - С. 130 - 138.

[9] Смирнов Б.М. Физика фрактальных кластеров.- М. Наука. - 1991- 135 с. **[10]** Федер Е. Фракталы. - М. Мир. - 1991 - 260 с.

[11] Gusev V. Living Universe. Ch. IV-06, 2001. Fundamental of Life. /Ed. Palyi G., Zucchi C. et. al.. Paris.: Elsevier, 2001.-P. 41-46, and http://www.geocities.com/awjmuller/pdf_files/LivingUniverse.pdf .

[12] Victor A. Gusev and Dirk Schulze-Makuch. Genetic code: Lucky chance or fundamental law of nature? // [Physics of Life Reviews. Volume 1, Issue 3](#), December 2004, Pages 202-229.

[13] В.А. Гусев. Арифметика и алгебра в структуре генетического кода, логика в структуре генома и биохимическом цикле самовоспроизводства живых систем. Вестник ВОГИС. Т. 9, №2, 2005, с. 153-161.

[14] Carr, B. J., Rees, M.Y. The Anthropic Principle and the Structure of the Physical World //Nature. - 1979. V. 278. PP. 605-612.

[15] Горелик Г.Е. Размерность пространства. - М. МГУ. - 1983 - 214 с.

[16] Горелик Г.Е. Почему пространство трехмерно? - М. Наука. -1982 - 167 с.

[17] Ehrenfest P. In what way does it become manifest in the fundamental laws of Physics that space has three dimensions? //Proc. Amsterdam Ac. - 1917. - 1917. - V. 20. p. 200.

[18] Дятлов В.Л. Поляризационная модель неоднородного физического вакуума. Новосибирск: - Изд. ИМ СО РАН, 1998.- 184 с.

[19] Дмитриев А.Е., Дятлов В.Л., Гвоздарев А.Ю. Необычные явления в природе и неоднородный физический вакуум. 2005.- Новосибирск, Горно-Алтайск, Бийск: - изд. БГПУ им. Шукшина. 550 с.

[20] Чернин А.Д. Темная энергия и всемирное антитяготение. //УФН. - 2008. - Т. 178, № 3. - С. 267 - 300.

[20а] Опарин А.И. Происхождение жизни. 1924. - М. Московский рабочий. 48 с.

[21] Аркадий и Борис Стругацкие. За миллиард лет до конца света. 1976. - М. Знание - Сила. № 9 - 12.

[22]Астрономический календарь (постоянная часть). Под ред. Абалакина В.К. 1981. - М. Наука. 704 с.

[23] Система Сатурна. Под ред. Марова М.Я. и Жаркова В.М. 1990. - М. Мир. 448 с.

[24] Гусев В.А. Химическая эволюция в грозном облаке. //Докл. РАН. - 2002. -Т. 385, № 3. - С. 352 - 354.

[25] Сомников В.М. К началу физики эволюции. // Журнал проблем эволюции открытых систем. - 2006. - Т. 2, вып. 8. - С. 9 - 17.