

# Рожденные из кристаллов?

*Колыбелью  
живого мира были  
минералы*

По своей структуре простейшие биосистемы и углеводородные кристаллы необыкновенно похожи. Если такой минерал дополнить компонентами белка, то мы получим реальный протоорганизм. Именно так видит начало начал кристаллизационная концепция происхождения жизни.



ЮШКИН Николай Павлович — академик РАН, директор Института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН (г. Сыктывкар). Заслуженный деятель науки РСФСР, лауреат премии Совета Министров СССР, премии имени А. Е. Ферсмана и Демидовской премии. Именем академика («юшкинит») назван новый минерал из класса сульфидов

**И**з чего и как возникла жизнь? Современная наука собирает всё больше данных, уточняющих характер перехода от неживых форм материи к живым. Становится ясно, что геохимическая эволюция Земли неизбежно вела к биогенным процессам, к зарождению жизни. Мы хорошо представляем, как из простых химических соединений образуются сложные углеводороды и даже полимеры. Из углеводородов при высоких температурах и повышенной радиации, что подтверждено экспериментами, могут образовываться аминокислоты — начальные детали для Великого Конструктора.

Теперь мы подходим к пониманию решающего шага, как происходил переход от неживого к живому. Развитие, коэволюция живого и минерального миров шла и идет в тесном их взаимодействии и взаимообусловленности. Жизнь формировалась как нечто целое, интегрированное, а не в виде разрозненных частей, произвольным образом соединяющихся.

### Древние мифы и современная наука

На вопрос Джона Бернала, поставленный еще в 50-х годах: «Не является ли формирование общих всему живому на Земле черт одним из выражений кристаллизации в самом широком смысле?» — мы сегодня можем дать утвердительный ответ. Очевидно, имеет смысл выделить предбиологическую стадию в истории биосферы, характеризующуюся зарождением и развитием небиологических углеводородных систем с зачатками структур и функций первых организмов.

...Сюжет сотворения живых существ из глины присутствует в большинстве древних космогоний. В дошедших до нас мифах Древнего Шумера, записанных на глиняных табличках, бог воды Энки просит свою мать Намму, Первоначальное Море, создать первое живое существо:

*Смешай сердце глины, что над бездной,*

*Добрые и благородные творцы сгустят глину,*

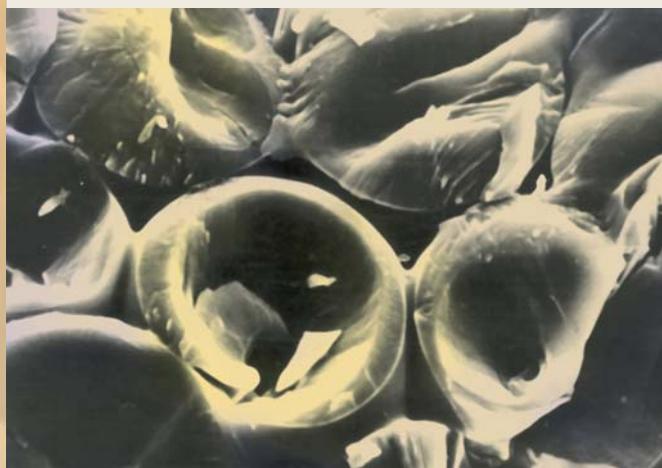
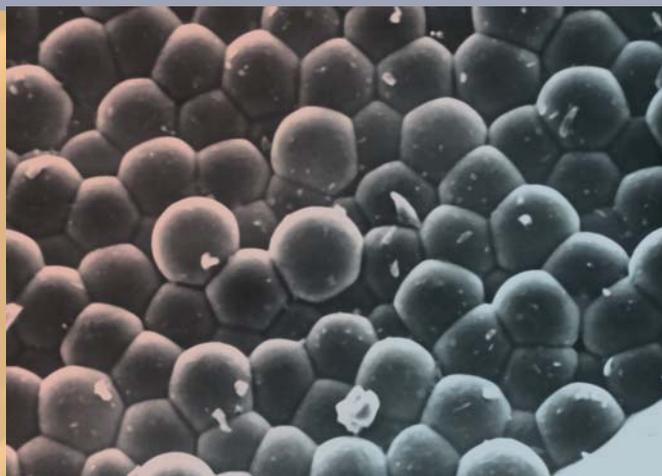
*Ты же, ты сотвори члены;*

*Ниммах — богиня Мать-Земля — потрудится больше тебя.*

*Богини рождения помогут тебе в работе.*

*О мать, начертай его судьбу...*

Похожий мотив явно прослеживается и в других мифологиях. Например, в Книге Бытия написано: «И создал Бог человека из глины, и вдунул в лицо его дыхание, и стал человек душою живою». А в мифах Древней Мексики рассказывается, как бог мудрости Кетсалькоатль собрал кости из глубин Земли в глиняный сосуд и оросил их своей кровью. Так в древнейших сказаниях описывается зарождение жизни. Сказка — ложь, да в ней намёк. Подсказка исследователям природы, оставленная создателями древних мифов с их глубокой интуицией, чувствующей истоки генетической памяти человечества и всей биосферы.

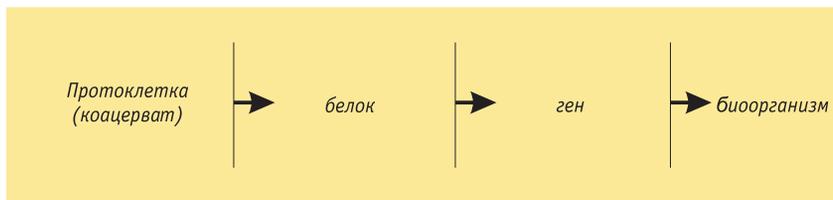


Существует минерал с красивым названием «антраколит». Внешне он похож на каменный уголь. На фотографиях представлены надмолекулярные структуры образцов антраколита, найденных в низовьях реки Лены. Можно ли вообразить, что с этих структур началась биологическая жизнь? Оказывается, можно

**Все ищут родителей  
спирали ДНК.  
Кристаллическая  
решетка минералов  
готова исполнить  
эту роль**

## ОСНОВНЫЕ ТЕОРИИ АБИОГЕНЕЗА

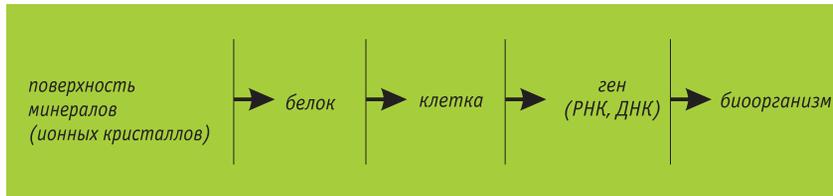
КОАЦЕРВАТНАЯ ТЕОРИЯ  
А. И. Опарин (1924, 1975)



ТЕОРИЯ ГИПЕРЦИКЛОВ  
М. Эйген и др. (1981)



ТЕОРИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ЗАХВАТА  
А. Дж. Кернс-Смит (1971, 1982)



ТЕОРИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ОРГАНИЗМОБИОЗА  
(Углеродная кристаллизация жизни)  
Н. П. Юшкин (1994, 1999, 2000)



Работами А. И. Опарина и Дж. Холдейна сформулирована широко известная теория происхождения жизни, заложен фундамент почти всех современных представлений об этом процессе. Во всяком случае, благодаря им стал возможен переход в решении этой проблемы из области веры в область знания и даже в область моделирования, что вообще казалось немислимым для событий, происходивших более 3,5 млрд лет тому назад.

А. И. Опарин предложил гипотезу химической эволюции, хемогенеза, объясняющую возникновение сложных белковых форм из более простых соединений. У российских ученых есть законный повод гордиться своими выдающимися предшественниками. С накоплением научных данных гипотеза возникновения жизни из неорганики выходила на качественно новый уровень. Сейчас довольно детально разработана общая схема стадийности и эволюции предбиологических систем. Многие звенья этой эволюционной схемы доказаны экспериментально. Синтезированы почти все аминокислоты, синтезированы белки, а небиологическое происхождение многих компонентов подтверждено геологическими наблюдениями — в вулканических породах и метеоритах.

### Ген имел небиологических предшественников

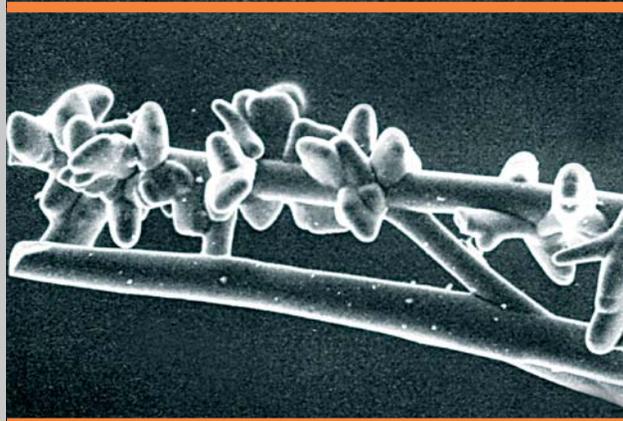
В основе многих современных концепций происхождения жизни лежит идея *стартовой роли* минералов. Минералы рассматриваются не только как катализаторы неорганического синтеза биополимеров и как своеобразные «воспитатели» белков, но и в качестве информационных матриц, структурно-функциональных предшественников гена, и даже в качестве протогена. Информационная емкость минералов (точнее — их межслоевых пространств), особенно в насыщенном дефектами состоянии, сравнима с емкостью молекул ДНК. Концеп-

Кто выстрелил из стартового пистолета, поживив начало эволюционной гонке? Один из возможных ответов — минералы

А это керит. Его структура очень близка к конституции живых организмов. Ее так и называют — биоморфная структура

туальным течением в этой области знаний становится генобиоз — признание первичной структурой типа гена. То есть, первична все-таки структура! А структура протогена — кристаллическая решетка минералов — уже в процессе совместной с синтезированными ею полимерами эволюции развивается в знакомые нам спирали ДНК. И далее — от простейших организмов вроде бактерий и вирусов до человека.

Наиболее ярко выраженную схему генобиоза предлагает теория генетического захвата А. Дж. Кернс-Смита — в ней протогеном, первоисточником жизни, является структура минералов и водных кристаллов. Интуитивно ясно, что ген должен иметь небиологических предшественников. Например, Д. Бернал высказал предположение о том, что при развитии сложных органических соединений, аминокислот, каталитическую роль могли сыграть кристаллические поверхности минералов. Процессы биогенеза, несомненно, происхо-



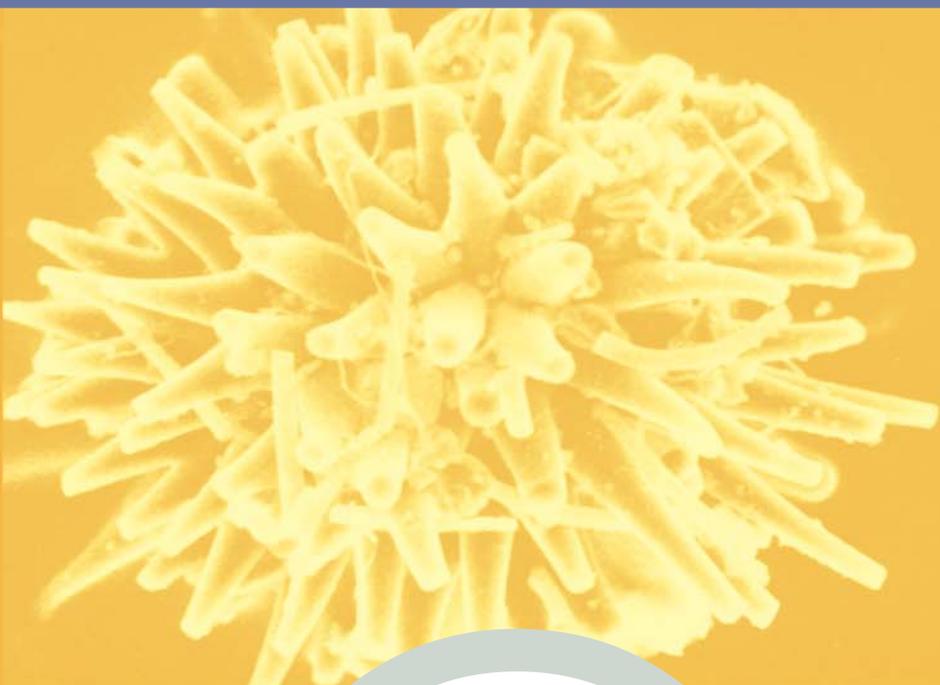
дили и внутри минералов, где формировались простейшие биомолекулы. Причем минералы служили как катализатором, так и «защитником» и «охранником» зародившейся жизни. Живой мир при этом как бы имеет минеральные корни. Идея о небιологических предшественниках гена позволила преодолеть противоречия наиболее загадочного эпизода формирования репродуктивного механизма наследственности в довольно хорошо разработанной схеме стадийности биогенеза и эволюции предбиологических и биологических систем.

Но проблема обоснования концепции биогенеза достаточно сложна, ведь требуется заглянуть на миллиарды лет в прошлое Земли. Здесь не обойтись без совместной работы биологов, геологов и химиков. Другое дело, что высказываются различные гипотезы, и часто они противоречат друг другу. Выбрать лучшую гипотезу весьма трудно. Дальнейшее развитие науки рассудит, кто был более прав, а кто заметил только тупиковый ход геохимической эволюции вещества Земли.

#### **Забятая мелодия из детства планеты**

Минералоги находят множество структур, схожих с биологическими. Это очень увлекательное занятие — находить схожие мотивы в древнейших горных породах и в органических структурах. Будто припоминаешь забытую песню, чуть слышно доносящуюся из раннего детства Земли.

**Структурные мотивы кристаллов и белков явно перекликаются**

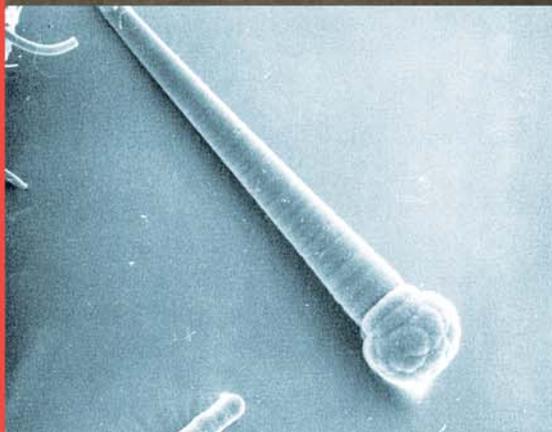
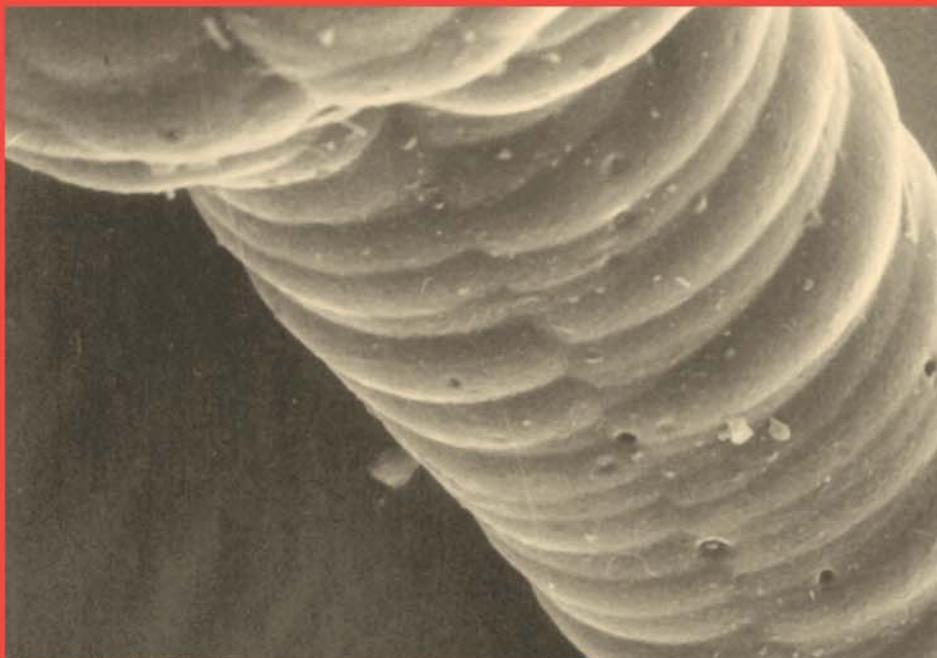
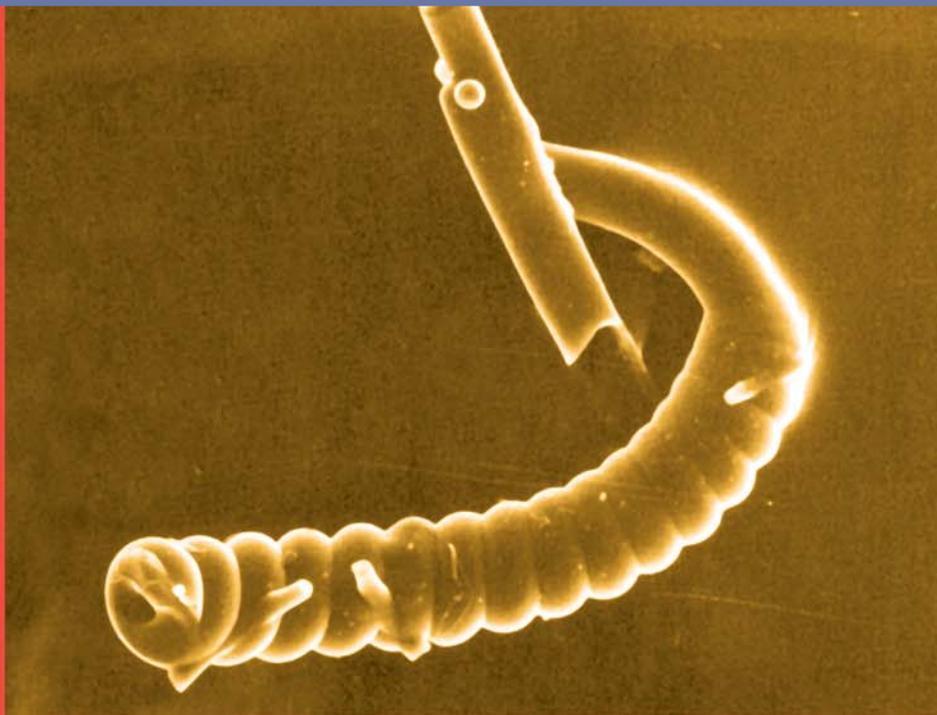


Загадочный мир  
углеродных  
структур —  
минеральных  
протоорганизмов

Строение самой простой глины на самом деле весьма непростое. В зависимости от физических и геологических условий межслоевые пространства в кристаллической решетке глинистых минералов — монтмориллонита и палыгорскита — меняются в 10 раз, от 9 до 120 ангстрем. И между слоями могут уместиться различные проторганические молекулы, от углеводородов до аминокислот. В кристаллографии даже используется метод диагностики минерала по его способности вмещать в межслоевые пространства этиленгликольные молекулы. А если мы начнем исследовать природные слоистые минералы, то обязательно найдем в них аминокислоты, пусть и в малых концентрациях.

Возникает вопрос — они зародились там или накопились в процессе геохимической эволюции Земли? Аминокислоты структурно подобны минералам, в которых находят органические молекулы. Вполне вероятно, что синтез аминокислот шел внутри структуры и на поверхности глинистых минералов. Есть и экспериментальные подтверждения такого синтеза. Таким образом, «глиняный» ген мог стать основой происхождения жизни. Однако структурное соответствие и совместимость некоторых минералов и макромолекулярных биосистем не может однозначно свидетельствовать в пользу биостартовой роли минералов. Это скорее является критерием отбора минералов, органически совместимых с живыми тканями и способных встраиваться в живые системы, образуя органоминеральные конструкции.

Спиралевидные кристаллы фиброкерита — наиболее подходящие предбиологические системы. Все остальное развилось именно на этой базе



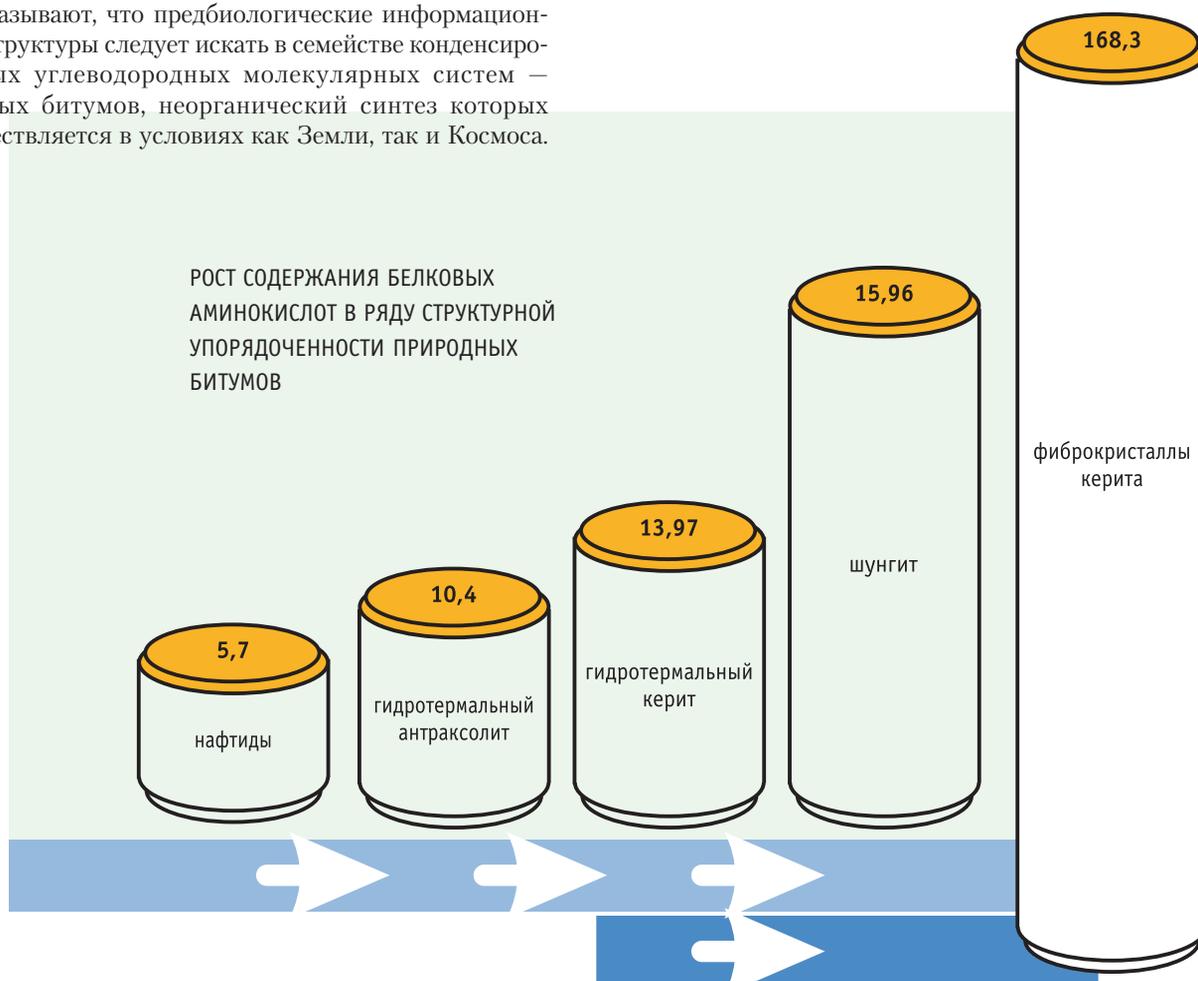
Во всяком случае, современная наука самым серьезным образом проверяет гипотезу зарождения жизни в глинистых минералах. В процессе эволюции структурное сродство минералов и биомолекул могло привести к формированию защитных образований типа раковин и хитиновых покровов, внутренних опорных структур типа скелетов. И всё это разнообразие — из первичной глины. Так, может быть, древние мифы — это способ передачи нам знания о процессах, проходивших миллиарды лет назад? Тем или иным способом, но процессы формирования структуры первых биомолекул должны определять всю нашу жизнь, и отголоски этих процессов могут проглядывать всюду — от геологических пород до структуры генома человека.

### Радиация руководит сборкой РНК

Еще одна версия зарождения жизни из неорганики базируется на существовании целого мира углеводов. Причем твердых углеводов неорганического происхождения, обладающих структурой ионных кристаллов. Этот класс древнейших веществ мало изучен в качестве биогенных структур. Исследования природных углеводов неорганического происхождения подсказывают, что предбиологические информационные структуры следует искать в семействе конденсированных углеводородных молекулярных систем — твердых битумов, неорганический синтез которых осуществляется в условиях как Земли, так и Космоса.

Среди них встречаются довольно разнообразные структурированные и текстурированные образования, в том числе молекулярные и надмолекулярные структуры.

В качестве примеров можно назвать шунгит из Карелии с упорядоченно распределенными фуллеренами, глобулами и коническими и сферическими формами, сложными волокнами, шунгит из бассейна Лены с конусами и сферами, керит из пегматитов Вольни с волокнами, сферами и спиральями. Структурная иерархичность, как известно, типична для белков и в целом для всех органических структур. И вот что необыкновенно интересно — структура и свойства фиброкерита очень близки к конституции живых организмов. Химический состав, например, почти точно соответствует составу белка. Способность многих минералов играть роль мембран, обильное выделение углеводородных



газов при нагревании, сложная морфология, наличие внутренних активных поверхностей — список подобия структурных мотивов кристаллов и белков можно ещё продолжить. Несравнимо более сложная по сравнению с ионными неорганическими кристаллами «жизнь» волокнистых кристаллов керита стимулирует развитие разнообразных обменных процессов. В процессе кристаллизации легко осуществляется необходимый для функционирования биосистем хиральный отбор — деление на левые и правые спирали.

**С** появлением точных методов исследования структуры битумов обнаружилось, что в них существует структурная упорядоченность, причем упорядоченность на высоком, надмолекулярном уровне! Чем сложнее молекулы, тем сложнее надмолекулярная структура. У керита она очень похожа на структуру простейших биологических систем. Некоторые исследователи даже считают, что подобные структуры являются остатками древних организмов. Но это весьма спорно, ведь ученые до сих пор не сошлись в вопросе о времени зарождения жизни — разброс во мнениях идет на миллиард лет.

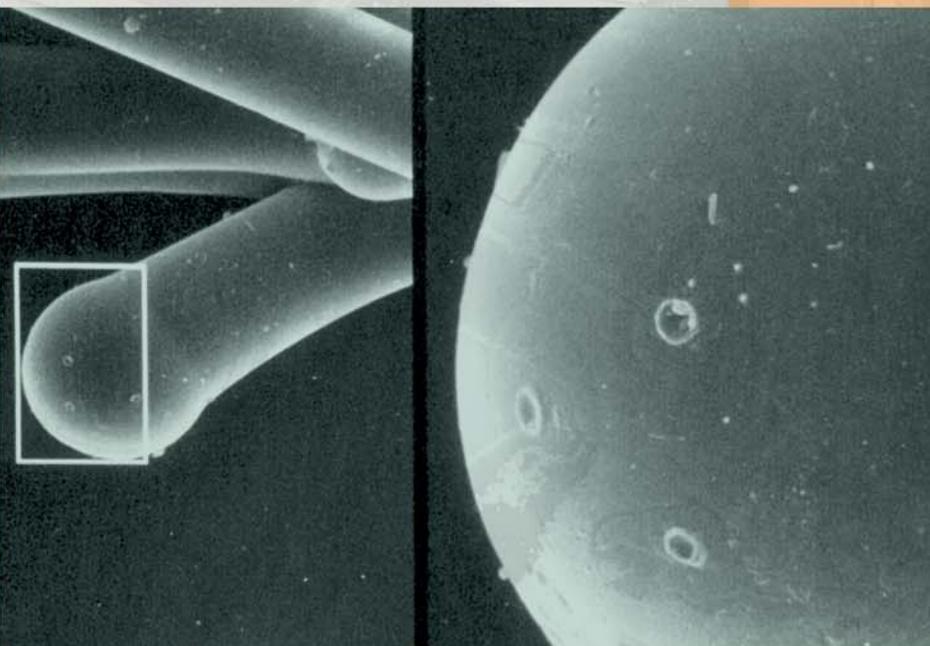
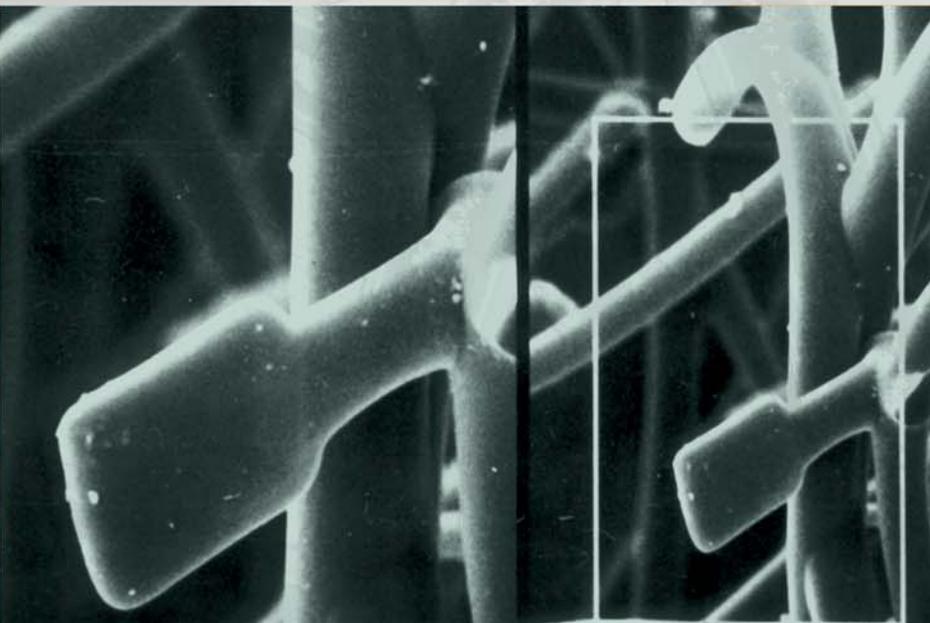
Сейчас мы изучаем неорганические структуры, которые могли стать стартовыми для биогенеза. Это углеводороды, близкие по своему составу к белкам, это структурно родственные аминокислотам минералы. Нет пока ясности в том, что было толчком, давшим импульс эволюции. На эту роль вполне годится радиация. Углеводородные молекулярные кристаллы, подобные фиброкериту, — наиболее подходящие предбиологические системы. На базе фиброкеритового спирального кристалла с внутренними каналами можно смоделировать автономную ячейку, где происходит сборка РНК (или ДНК)

**Шок  
может  
сослужить  
и добрую  
службу**

**Ген вряд ли был  
агрессивным  
«захватчиком».**

**Все выросло само  
собой...**

А это волокнистые кристаллы керита с Волини. Где-то в этой точке, похоже, и стартовал биогенез



и синтез белка. Это первичная частичка жизни, протоорганизм — структурно-генетический предок всех форм жизни. Энергетическое обеспечение абиогенного синтеза органики осуществляется распадом радиоактивных элементов. «Запуск» в жизнь предбиологических систем, их оживление обеспечивается не постоянно действующими факторами, а периодическими явлениями, шокowymi воздействиями, экстремальными условиями. Теми же всплесками радиационного фона и резким колебанием температуры.

### Началом является структура!

Исследования битумов показали, что аминокислоты в них присутствуют всегда. Но — вот замечательное совпадение! — чем выше порядок структуры углеводов, тем выше содержание в них аминокислот. При радиационном облучении битумов содержание аминокислот в них увеличивается — то есть идет радиосинтез аминокислот. Причем наиболее интенсивно синтезируются те аминокислоты, которые считаются первыми «кирпичиками» протожизни. Неорганический синтез аминокислот, жирных кислот и других «биомолекул», таким образом, является одним из функциональных элементов существования фиброкристаллов керита и еще более сближает его с простейшими живыми организмами. Другими словами, наиболее вероятен не «захват» минерального структурного «протогена» органическим геном, а самостоятельная кристаллизация углеводородного протоорганизма со своей генной системой, со своим фенотипом. Предложенная модель протоорганизма, базирующаяся на кристаллизации и дальнейшем развитии реальных высокоорганизованных структур, несравнимо более рациональна, чем широко известная модель Опарина—Холдейна.

Конечно, создать условия, пережитые за миллиарды лет геохимической эволюции, мы в ла

бораторных условиях не можем. Мы пока лишь приближаемся к пониманию того, какими были эти условия. Скорее всего, единым базисом для образования неорганических биогенных и затем биологических систем служила кристаллизация, образование всё более сложной структуры вещества. Некоторые исследователи полагают, что и РНК, и ДНК являются предбиологическими структурами.

**Н**о тут самое главное — началом является структура! И возможно, первые протоорганизмы возникли из углеводородных кристаллов, сочетавших структуру, подобную гену, и компоненты белка. А углеводов на Земле во времена зарождения жизни было много, о чем свидетельствуют геологические данные. Вполне возможно, что развитие биосистем шло сразу по нескольким направлениям, дополнявшим друг друга. Вероятно, по такой схеме биологические системы образуются всегда, непрерывно. Но мы — в силу своего врожденного биоцентризма — не видим этого процесса за мощной волной современной биологической жизни, хотя вот эти-то базовые предбиологические процессы наверняка и образуют основу биосферы.

Как известно, в естествознании существуют два концептуальных течения в разработке проблемы абиогенеза (неорганического происхождения жизни): *генобиоз*, постулирующий первичность молекулярной системы со свойствами первичного генетического кода, и *голобиоз*, или *целлбиоз*, настаивающий на первичности структур типа клеточных, наделенных способностью к элементарному обмену веществ при участии ферментного механизма.

На основе исследования биоморфных углеводородных структур мы считаем наиболее реалистичным *организмобиоз*, т. е. структурно-функциональное развитие упорядоченных молекулярных углеводородных систем (протоорганизмов) в биологические организмы. Предложенная кристаллизационная концепция происхождения жизни заставляет усомниться в абсолютности монофилии, то есть одноактного зарождения жизни на Земле. Единая эволюционная тенденция, скорее всего, складывается из нескольких, если не множества, генетических линий. В процессе развития жизни в этих линиях происходила, а может быть, и сейчас происходит, интервенция новых генетических форм. Они или поглощались уже существующими формами жизни, или отторгались, уничтожались. Вероятно, такими интервентами были некоторые вирусы.

Суммируя сказанное, повторим нашу основную мысль — многие биогенные и биологические процессы определяются базовыми для всей природы процессами

кристаллизации, образования упорядоченной структуры. Образование биологических структур явилось переходом вещества на качественно новый уровень порядка. И этот переход только начинает изучаться. В настоящее время исследователи в России и во всем мире тщательно изучают и анализируют аналогии минералов и биосистем, сходство структур живых существ и их кристаллических предков. Концепция углеводородной кристаллизации жизни может стать одним из перспективных междисциплинарных направлений.

### Живое из неживого

Но всё-таки — где же неувидимая грань между живым и неживым? Вот растущий углеводородный кристалл, это минеральная жизнь. Это процесс извлечения вещества и энергии системой из окружающей среды. А что необходимо, чтобы началась «живая», биологическая жизнь? Система должна становиться всё более автономной, для чего она и создает подходящую структуру. Принципиальной разницы между процессами кристаллизации и полимеризации, лежащей в основе функционирования живых существ, практически нет.

Мы рассмотрели интереснейшие структуры, которые могли бы дать пищу для размышления и геологам, и систематикам, и биохимикам. Интуиция подсказывает, что формообразование как процесс даже в самых сложных системах управляется общими для геологии и биологии законами. Есть общие факторы формообразования, структурные факторы, и для всех наук это верно. Существуют только два мира, образованные относительно автономными системами. Это мир биологических организмов и мир кристаллов-индивидов. Все остальные системы зависят от внешних форм — и Земля, и планеты, и звёзды.

Это тоже волюнский фиброкерит. Не правда ли, очень оригинальная конструкция для колыбели? Но именно такая структура могла стать в незапамятные времена колыбелью для жизни

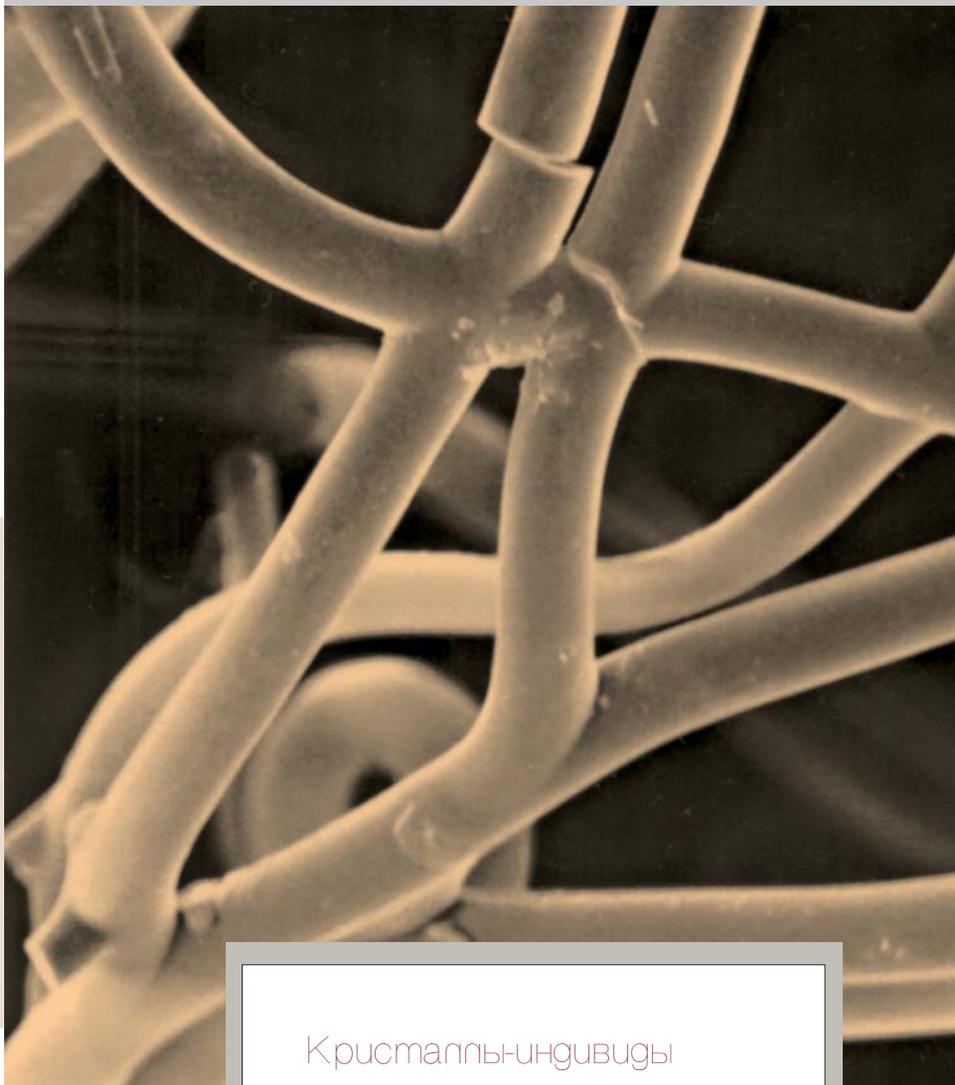


Зарождение жизни  
можно сравнить  
с гениальным  
спектаклем. Но он  
не был одноактным

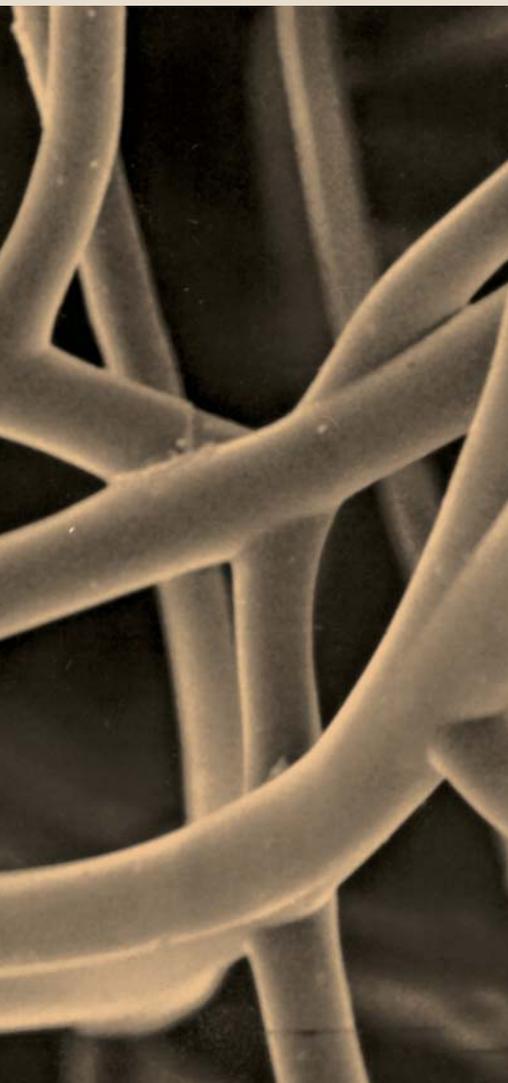
**И** если зарождение жизни из глины, с её недостаточно упорядоченной структурой, все же маловероятно, то минералы могли послужить катализаторами для возникновения всё более сложных углеводородов, передать первым биомолекулам часть своей структуры. Передать в смысле информационном, генетическом. Ген, прежде всего, является носителем информации. Мы можем проследить передачу информации о структуре в ходе эволюции вещества от простых кристаллических систем к биологическим.

В отечественной науке это направление биогенеза представлено еще работами А. И. Опарина и В. И. Вернадского. Обязательно вспомним и талантливого кристаллографа А. Н. Карножицкого. На заседании Минералогического общества в 1894 году он сказал: «Жизнь есть совокупность химических и физических реакций и могла получить зарождение в момент выделения кристаллического слоя из раствора под действием условий, определяющих органическую жизнь, — подвижности химического состава, определенных температуры и давления». Сейчас, находясь на ином уровне научного знания, мы снова возвращаемся к этой мысли, но придаем ей качественно новую огранку.

Все те же волокнистые кристаллы фиброкерита. Слышите ли мотив колыбельной? Баю-баюшки-баю...



Кристаллы-индивиды  
создали свое независимое  
государство. Принцип  
автономии сближает его  
с миром биологических  
организмов



Валентин ВЛАСОВ

# Все начиналось с РНК

Молекулярная биология — наука совсем молодая, ей и всего-то пятьдесят лет от роду. Но, как у всякой уважающей себя науки, у нее есть своя «классика» — законы, определяющие как бы ее фундамент, то самое начало, из которого все и вырастает. Более того, есть даже «центральная догма». В двух словах — генетическая информация, закодированная в ДНК, передается в жестком направлении: ДНК—РНК—белок. По этой классической картинке получается, что РНК — необходимый, но достаточно скромный промежуточный переносчик информации.

Исследования последних двадцати лет радикально поменяли наши взгляды на роль и функции этого близкого «родственника» ДНК. У РНК обнаружилось ферментные свойства, структурные, транспортные — не молекула, а просто-таки мастер на все руки!

Неудивительно, что плодом этих открытий стала принципиально новая идея о том, что современной жизни предшествовал совершенно самодостаточный мир РНК. И это был мир со всеми атрибутами живого: со способностью копировать и передавать информацию в поколениях, со своей эволюцией.

Как это обычно бывает, новое знание, расширяя горизонт, породило и массу новых вопросов. Каковы были механизмы «эволюции» в мире РНК? Зачем, откуда и как появились ДНК и белки? Как РНК «обучились» синтезу белка? Как произошел переход от «мира РНК» к современному миру? На некоторые из этих вопросов пока трудно ответить даже в жанре гипотезы. Тем не менее в последние годы ученый мир познакомился с рядом концептуальных схем, имеющих очень хорошие шансы стать научной истиной — доказанной и подтвержденной.

Об увлекательных поисках, которые ведутся в этом направлении, нашим читателям расскажет **академик Валентин Власов.**

