

УДК 549.0

DOI: 10.35597/2313-545X-2020-6-2-11

РАЗМЫШЛЕНИЯ О ЕДИНСТВЕ МИНЕРАЛЬНОГО МИРА

В.А. Попов*Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН,
Институт минералогии, г. Миасс, Челябинская обл., 456317 Россия; popov@mineralogy.ru*

THE UNITY OF THE MINERAL WORLD

V.A. Popov*South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS, Institute of Mineralogy,
Miass, Chelyabinsk oblast, 456317 Russia; popov@mineralogy.ru*

Весь твердотельный мир кристалличен и, следовательно, минерален. Явление кристаллизации создает кристаллы (твердые тела) и этим диссимметризует некоторое пространство, т.е. упорядочивает и организует хаотическое движение атомов и молекул. В процессе кристаллизации могут возникать не только кристаллы конкретных минералов, но и сложные минеральные диссипативные текстуры – самоорганизующиеся системы, часть из которых были названы человеком «живыми» объектами. Ранее разделенные на «живой» и «косный» миры являются единым минеральным миром. К ним можно применять единую в общих чертах методологию исследования, – онтогенический подход.

Илл. 5. Библ. 8.

Ключевые слова: кристалл, минерал, твердое тело, кристаллизация, жизнь, онтогенез.

The entire solid-state world is crystalline and therefore mineral. The phenomenon of crystallization produces crystals (solid bodies), thus dissymmetrizing certain space, i.e., it orders and organizes the chaotic movement of atoms and molecules. Crystallization leads to both the formation of mineral crystals and complex mineral dissipative textures (self-organizing systems), some of which were named «living» objects. Both «living» and «inert» worlds represent a single mineral world, the study of which should be based on a similar methods of ontogeny.

Figures. 5. References 8.

Keywords: crystal, mineral, solid body, crystallization, life, ontogenesis.

Кристаллизацию придумала природа
и с нею твердотельность обрела...
(Начало сказки для детей и взрослых)

«Кристаллографические элементы организованности,
характерные для белков, обещают нам наиболее
глубоко проникнуть в тайны управляемых
белками жизненных процессов».
Академик Н.В. Белов
(Из вступительной лекции по кристаллографии в МГУ)

Вводные соображения к восприятию твёрдотельного мира

В начале 19-го века в естествознании уже было устойчивое противопоставление органической и неорганической частей природы. И в наше время в органической химии и микробиологии при моделировании твёрдотельных объектов используются представления о больших и гигантских молекулах, чем-то отличающихся от кристаллов. Между тем, свойства и функционирование молекул и кристаллов, по-видимому, различны. Когда мы говорим о температуре плавления какого-либо полимера, то речь идет о характеристике кристаллического вещества, а не о диссоциации модельных цепей-молекул. Не пришло ли время в естествознании объединить весь твёрдотельный (минеральный) мир единым исследовательским подходом?

Тема дальнейших размышлений навевает некоторыми логическими нестыковками в понимании человеком природы в рамках разных наук естествознания. Возникли научные термины и понятия, функционирующие в пределах современных парадигм конкретных наук. Например, в физике твёрдого тела есть термин «аморфные твёрдые тела» (например, стекла), что должно означать отсутствие у них кристалличности. Разработана соответственная теория, объясняющая физические свойства этих тел. Но существует утверждение, что «*форма есть атрибут твёрдых тел*», т.е. бесформенных (аморфных) твёрдых тел не бывает! Аморфные тела могут быть только плазменные, газовые и жидкие.

Когда же у вещества появляется свойство твёрдости (механической прочности)? Рассмотрим пример воды и льда, сложенных молекулами H_2O . Вода – расплав льда. Молекулы H_2O в воде колеблются сильнее, чем во льду (у воды выше температура), но лед плавает на воде. Значит, у льда ниже плотность (больше рыхлость), чем у воды, и больше среднее расстояние между центрами молекул H_2O . У льда есть твёрдость (это минерал!), а у воды – нет. Свойство твёрдости появляется у льда вследствие кристаллизации – выстраивания атомов и атомных группировок в дальний порядок. Пока не нашли другого явления, кроме кристаллизации, которое приводило бы к появлению твёрдости у вещества. Современное изучение стекол с помощью высокоразрешающей техники показывает их обязательную кристалличность (см., например, Мохов

и др., 2014), но кристаллы в стеклах микро- и наноразмерны и не видны в оптические микроскопы. Стекла обрели твёрдость в процессе быстрой кристаллизации из расплавов и расплавов-растворов. Затвердевание и есть кристаллизация.

Неориентированные и невыстроенные в дальний порядок частицы (атомы, ионы, молекулы, группировки атомов) не могут образовать тела, имеющие твёрдость, механическую прочность. Это либо плазма, либо газ, либо жидкость (звезды, молнии, северные сияния, капли и т.п.). Далее можно высказать представление: если вещество находится в виде твёрдого тела, то оно кристаллическое! Это звучит неожиданно, но вполне проверяемо. Все «химические соединения», для которых установлены состав и кристаллическая структура, являются минералами (твёрдыми телами): у химиков – осадки в колбах, у металлургов – металлы и сплавы, у физических химиков – полимеры, у биологов – животные и растительные клетки, бактерии, вирусы и т.д. Иногда говорят об исключениях: например, ртуть называют жидким минералом, но при $-39^\circ C$ ртуть кристаллизуется, а при комнатной температуре – это расплав ртути. Никаких исключений нет. Многие органические вещества (минералы) или их эвтектические смеси (например, сливочное масло) имеют низкую температуру плавления и не воспринимаются нами в качестве минералов или минеральных парагенезисов.

С точки зрения физики вещество вселенной находится преимущественно в виде плазмы, газа, жидкости и твёрдых тел. В.И. Вернадский (1960) разделил вещество на «живое» и «косное» (неживое, минеральное). Научный мир принял такое деление как должное. Н.П. Юшкин (2006, Юшкин и др., 2007), рассуждая о коэволюции живого и минерального миров, одновременно создавал «концепцию кристаллизации жизни» и прогнозировал «синтез живого и минерального миров» (Юшкин, 1999).

Наше восприятие окружающего мира существенно определяется парадигмами разных наук естествознания на текущий момент истории. С течением времени парадигмы меняются, совершенствуются или отмирают. Исследуя разные природные объекты, мы нередко находимся в «тисках» современной парадигмы какой-либо науки. Нам кажется, что мы понимаем суть научных проблем. Хирург и кибернетик Н.М. Амосов в книге «Мысли и сердце» говорил, что «понять – означает смоделировать и привыкнуть пользоваться». Чем



Рис. 1. Жила трубчатого хризотил-асбеста в серпентините с длиной волокон до 1 см.

Образец 6 см. Фото В.А. Попова.

Fig. 1. Vein of tubular chrysotile-asbestos in serpentinite with fibers up to 1 cm long.

Sample 6 cm. Photo by V. A. Popov.

отличаются модели живого и косного миров? Или твердотельный мир в чем-то един, но представлен разнообразными системами, получившими свои названия?

Развитие научного языка, обоснование понятий и формулировка терминов обычно проходят сложную историю. Когда-то наука о камне (каменноеведение) не называлась минералогией. А в физике не было понятия «твердое тело». Может ли твердое тело быть мягким? Например, в минералогии существует «шкала твердости по Моосу» от 1 (графит, *мягкий*) до 10 (алмаз, *очень твёрдый*). Графитом можно рисовать на бумаге, но тонкий слой графита (графен) – один из самых прочных материалов. Из хризотил-асбеста можно связать мягкую ткань, но волокна его (рис. 1) очень прочны.

В этих примерах видна вся относительность определений. Для нашего рассмотрения важно определение термина «минерал». Обзор и одно из поздних определений даны академиком Н.П. Юшкиным (1977, с. 14–21). Представляется, что вполне функционально следующее определение: минералы – это твердые (т.е. кристаллические) вещества вселенной (Попов, 2015). Разные минералы различаются по составу и структуре. Все минералы всегда представлены кристаллами (зернами, волокнами, пластинками), которые кроме состава и структуры обязательно имеют форму. Органические и неорганические минералы кристаллографически одинаковы – одни и те же 230 пространственных групп и 7 сингоний (рис. 2), поэтому их разделение

очень условное и может быть использовано для решения узких проблем, например, в биологии. То, что В.И. Вернадский называл «живым миром», тоже является минеральным (твердотельным) миром, представленным самоорганизующимися минеральными системами, функционирование которых человек назвал «жизнью».

Наука исследует различные явления, «управляющие» миром. Среди них – гравитация, электричество, магнетизм, кристаллизация. Гравитацией обусловлено пространственное расположение и движение тел, но сами тела являются следствием явления кристаллизации. Динамичное поведение атомов, молекул, атомных группировок относительно друг друга характеризует свойства жидкостей и газов. При некоторых концентрациях этих частиц в определенном пространстве и определенных физико-химических условиях под действием электромагнитных сил может начаться выстраивание их в виде структур с образованием «дальнего порядка», называемого в науке кристаллизацией (иногда – затвердеванием). Рост кристаллов формально походит на сложение наноразмерных пазлов. В разных физико-химических условиях строительные частицы («пазлы») одного и того же вещества могут иметь разную форму, величину, симметрию сил связи, элементный и изотопный состав. Это приводит к разнообразию габитусных форм кристаллов минералов, разной относительной скорости роста разных граней в конкретных условиях. Явления секториальности кристаллов и сокристаллизации полиморфов указывают на то, что и в конкретных физико-химических условиях вещество может находиться одновременно в нескольких различающихся чем-либо строительных частицах (например, сокристаллизация кальцита и арагонита CaCO_3 , пирита и марказита FeS_2 , рутила, брукита и анатаза TiO_2).

Функционирование одного кристалла и системы систем кристаллов может существенно отличаться, но принцип остается один: прием телом волновых сигналов извне → переработка (*трансформация и «запись»*) сигналов в соответствии со своей конституцией → испускание своих сигналов (*ответ*). Примером может служить взаимодействие волн белого света с кристаллом изумруда: кристалл преломляет свет (изменяет скорость распространения волн), и из него исходит зеленый свет. И это – тоже функционирование. Причем функционирование постоянное, подобно «вечному двигателю». Мы его начинаем замечать, ког-

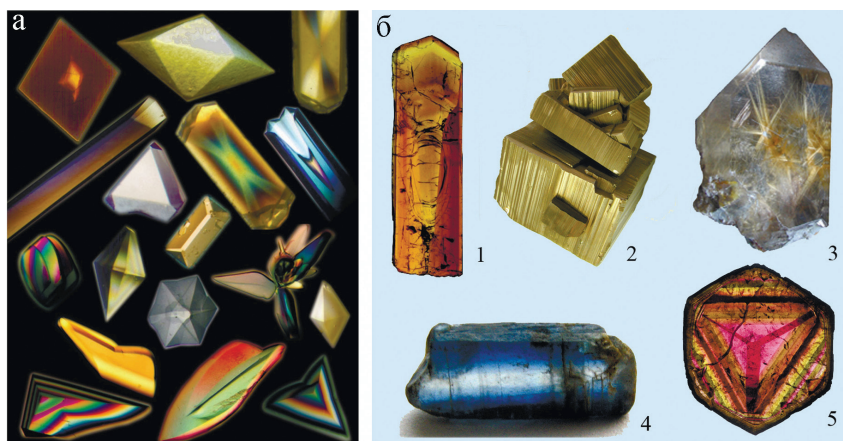


Рис. 2. Морфологическая аналогия органических (а) и неорганических (б) кристаллов минералов:

а – белки (<http://ru.wikipedia.org/wiki/Белки>); б – шерл в сечении (1), друза пирита (2), включения рутила в кварце (3), кианит (4), эльбаит в сечении (5).

Fig. 2. Morphological analogy of organic (a) and inorganic (b) mineral crystals:

а – proteins (<http://ru.wikipedia.org/wiki/Белки>); б – cross-section of shorl (1), pyrite druse (2), inclusions of rutile in quartz (3), kyanite (4), cross-section of elbaite (5).

да удивляемся возможностям связи всего мира со всем миром по телефону.

Минералогический экскурс в некоторые микробиологические проблемы

А как функционирует вирус? В чем заключается его «яд» для человека (или просто любого организма)? Если вирус – кристаллическое (минеральное) тело, то одна из его функций как у любого минерала – расти (кристаллизоваться) в пересыщенной для его минералов (нуклеиновой кислоты и белков) среде или растворяться в недосыщенной среде. В человеке (или другом организме) кристаллизационной средой для минералов клетки и вируса является плазма (жидкость), **насыщенная** компонентами минералов клетки. Минералы вируса (в кристаллизационной модели) должны иметь меньшую растворимость по сравнению с минералами клетки, и для них эта среда является **пересыщенной**, достаточной для кристаллизации минералов вируса. В процессе кристаллизации минералы вируса забирают из среды «пересыщенную» часть компонентов для своего роста, и среда становится **недосыщенной** для минералов клетки. Образно говоря, вирус «отбирает» у клетки пищу для существования. Минералы клетки начинают растворяться, что приводит к гибели клетки как функционирующей (развивающейся) системы. Величина тела вируса, по-видимому, определяется кристаллизационным пространством, в котором осуществляется диффузия ростовых частиц (компонентов).

Очевидно, что в кристаллизационной системе ядро вируса (его центральная часть) кристаллизуется раньше оболочки, т.е. в теле вируса есть кристаллизационная последовательность, которая характеризует его **онтогенез**. Другими словами, образование вируса начинается с кристаллизации ДНК или РНК. Не исключается и одновременное зарождение ДНК и некоторых белков (это можно увидеть в анатомическом устройстве ядра). На многих фотографиях вирусов из интернет-коллекций видна ритмическая анатомическая картина кристаллизации то одного минерала, то другого. В закрытом кристаллизационном пространстве (например, в клетке), куда питание проникает за счет медленной диффузии сквозь тончайшие поры в оболочке, пересыщение по отношению к растущему кристаллу ДНК должно падать, а пересыщение по отношению к кристаллам определенных белков – возрастать. Если у белков есть какая-либо близость параметров структуры к кристаллам ДНК, начнется их синтаксическая или эпитаксическая кристаллизация. При синтаксической кристаллизации в белковой оболочке вируса должны появиться скелетные (игловидные) прорастания ДНК, которые к концу кристаллизации тоже перекроются белковой оболочкой. Эти шипы-выросты на теле вируса наблюдаются почти на всех опубликованных в интернете электронно-микроскопических фотографиях. Если в движущейся среде (например, в легких при кашле) обломить эти шипы, то на сколе обнажится ДНК внутренней части отростка, и это будет зародыш нового тела вируса. Зародыш

начнет кристаллизоваться, если попадет в среду с пересыщением относительно ДНК вируса. Подобный механизм размножения кристаллов известен в неорганической минералогии, например, образование снежинок в вихревых потоках атмосферы.

С точки зрения кристаллизационной модели существования и размножения вируса микробиологические модели для размножения с проникновением в клетку и раскручиванием ДНК или РНК вируса представляются маловероятными. В доступных публикациях нет отчетливых электронно-микроскопических снимков анатомии клеток и тел вирусов с диагностическими морфологическими признаками процессов, соответствующих микробиологическим моделям. Нет хороших морфологических моделей онтогенеза клеток и вирусов. Поскольку клетки и вирусы являются сложными (кристаллическими) телами, в них обязательно необходимо найти морфологические признаки последовательного и синхронного развития всех частей тел для создания онтогенетической модели полного тела от зародыша до конечного вида. Поскольку кристаллизационная среда в разных организмах отличается, то и кристаллизация вируса протекает по-разному. Это отражается в составе минералов вируса, его форме и анатомической картине. Даже в разных частях одного организма вирусы выглядят несколько по-разному, имеют разное количество оболочек или минеральный состав шипов и оболочек. Следует предположить, что не вирус мутирует (сам «захотел» измениться), а его «заставляет» мутировать собственный онтогенез в различающихся чем-либо кристаллизационных средах разных организмов. Для неорганических макрообъектов исследователи разработали множество механизмов «мутирования» *растущих* кристаллов (изменения состава, физических свойств). Такой подход правомерен и для органических объектов.

Иногда встречаются двойниковые явления и взаимные прорастания кристаллов вируса. Есть случаи совместного одновременного роста тел нескольких вирусов-индивидов с образованием индукционной поверхности между ними. На поверхности некоторых вирусов видны шипы резко различной формы с гладкой или чешуйчатой оболочкой и явлениями расщепления и скручивания. Разные шипы-выросты имеют разную анатомию и, предположительно, разный минеральный состав. Приведенные морфологические наблюдения пока даются специалистам с большими трудностями, т.к. имеется мало ориентированных сечений тел

вирусов с полной диагностикой минерального и химического состава объектов исследования. Минеральные индивиды и агрегаты вирусов наноразмерны, но морфологические признаки явлений кристаллизации аналогичны таковым в синтаксических и эпитаксических срастаниях кварца, альбита и микроклина в гранитных пегматитах или в других полиминеральных объектах.

В неорганической части минерального мира широко распространены явления замещения одних минералов другими. Эти явления хорошо изучены морфологически. Подобные явления наблюдаются и в органической части минерального мира – это кристаллизация раковых клеток, рост вирусов и т.д. Иллюстрационным примером замещения органических тканей бактериородопсином (в изначально насыщенном для тканей растворе) может рис. 3. Этот объект значительно крупнее системы «клетка-вирус». Но принцип функционирования один: минералы клеток ткани растворяются только на контакте с бактериородопсином (белковым минералом), который своей кристаллизацией забирает из среды часть компонентов системы. Среда становится недосыщенной относительно минералов ткани, но она пересыщена по отношению к бактериородопсину, который имеет меньшую растворимость в данной среде. Заметим, что параллельно с бактериородопсином кристаллизовалось еще несколько минералов (другой цвет люминесценции) – парагенезис! Подобные наблюдения давно известны в неорганической части минерального мира. Однако микробиологи пишут, что

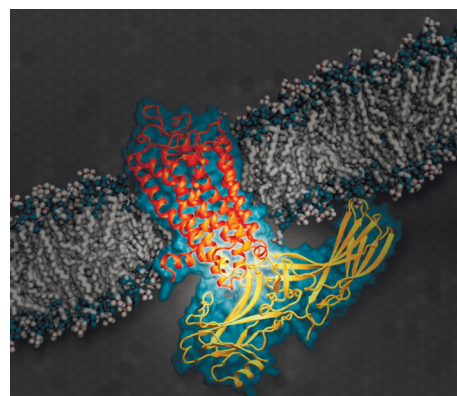


Рис. 3. Замещение органической ткани (серое) бактериородопсином (красное) по данным <http://www.albercul.livejournal.com/675233.html>.

Fig. 3. Replacement of organic tissue (gray) with bacteriorhodopsin (red) according to <http://www.albercul.livejournal.com/675233.html>.

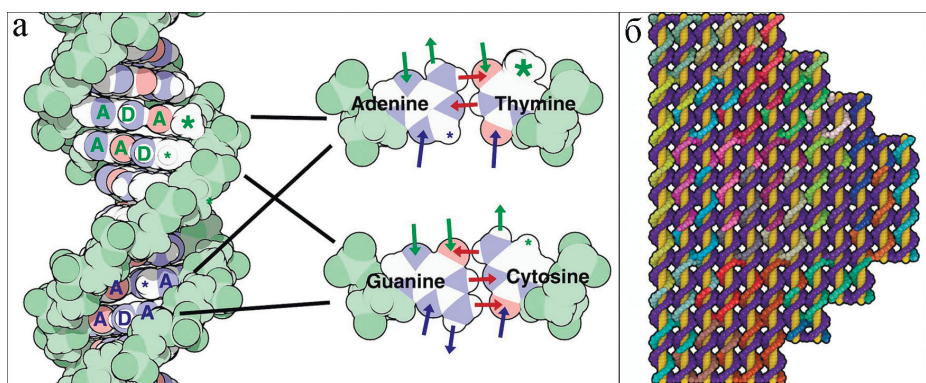


Рис. 4. Возможные модельные типы строительных частиц (а) при кристаллизации ДНК (б, модель фрагмента кристалла) по данным <http://www.fb.ru/article/255828>.

Fig. 4. Possible model types of building particles (a) during crystallization of DNA (б, model of a crystal fragment) after <http://www.fb.ru/article/255828>.

бактериородопсин «поедает» ткань, а минералогии написали бы «полиминеральное замещение». Для «поедания» надо предполагать пищеварительную систему, а для «замещения» надо моделировать химические реакции и рост–растворение кристаллов минералов. Функционирование клеток, бактерий и вирусов как твердых тел или комбинации твердых тел с жидкостью в камерах определяется преимущественно явлениями кристаллизации (роста–растворения). Чтобы остановить размножение и рост кристаллов ДНК или РНК вирусов и бактерий, надо создать вокруг них химическим путем недосыщенную среду, либо эпитаксически заблокировать их поверхность другими минералами (то, что называют «работой» иммунной системы).

ДНК и РНК часто называют высокополимерными природными соединениями или молекулами. Поскольку их наблюдают часто в ядрах клеток, а ядра клеток являются твёрдыми телами, то правильно их назвать минералами. И знаменитая двойная спираль является моделью *мотива* структуры этих минералов. Отдельно эту спираль никто не наблюдал. Приписывать молекуле хранение большой генетической информации для создания организма вряд ли эвристично. Большой объем информации записывается на твердых (кристаллических) носителях.

В быту кровь нередко считают жидкостью. На самом деле кровь является сложным коллоидным раствором: кроме ионного раствора (жидкости), насыщенного относительно большого количества органических минералов, в нем присутствует множество твердых (кристаллических) тел – лейкоцитов, эритроцитов, тромбоцитов и т.д., выполняющих различные функции в организме. С позиций рас-

творения–роста минералов в кровеносной системе этот объект как будто не рассматривался, хотя при свертывании крови медики говорят о кристаллизации растворенных в плазме белков.

Нитевидный рост неорганических минералов известен давно. Это так называемые кристаллические асбесты – хризотил-асбест, амфибол-асбест, турмалин-асбест и др. В органике полимерные материалы (полиэтилен, эпоксидные смолы, каучук, белки, нуклеиновые кислоты и т.д.) часто считают состоящими из макромолекул. Но это твердые тела, кристаллы их нитевидны и очень прочны. Нитевидная кристаллизация может быть обусловлена разными механизмами, в том числе – рост в виде трубочек (например, хризотил-асбеста). Интуитивно ясно, что осуществить нитевидную кристаллизацию очень длинными молекулами сложно: в кристаллизационной среде строительные частицы надо развернуть, подогнать по размеру. Скорей всего, строительные частицы («пазлы») субизометричны и могут выглядеть модельно как части двойной спирали ДНК (рис. 4).

О фундаментальности минералогии

Все науки, объектами исследования которых являются твердые тела, в генетических построениях могли бы использовать эвристичный минералогический подход. Это физика, химия, серия геологических наук, биология, медицина, металлургия, материаловедение, экология и другие. В этом смысле минералогия фундаментальна для наук естествознания. Не следует забывать, что большинство физических явлений открыто на минералах. Как ни странно, химики считают, что в своих

экспериментальных системах они получают просто химические соединения. Но химические «осадки» в колбах и пробирках являются кристаллическими образованиями, имеющими состав, структуру и форму. Это, конечно, минералы. И в их анатомических картинах заложено гораздо больше информации (Григорьев, 1971), чем в моделях химических соединений в виде формул-молекул.

Неорганических минералов в естественных и экспериментальных системах установлено уже более миллиона, а вместе с органическими – 25 миллионов. Искусственных минералов не бывает, как не бывает искусственной кристаллизации. Но есть естественные и искусственные (экспериментальные) кристаллизационные системы. Химики убеждены в том, что им подвластна «искусственная кристаллизация», отличная от естественной (природной) кристаллизации. Эта мысль настолько глубоко вошла в парадигму современной химии, что нередко мешает теоретическим обобщениям в области типоморфизма минералов, теории изоморфизма минералов, открытия и предсказания *новых для науки* минералов, получения синтаксических сростаний разных минералов на наноуровне и других. «Новыми» минералы могут быть только для науки нашей современной цивилизации. Для мира (космоса, вселенной) вряд ли можно найти новый минерал, поскольку мир, очевидно, бесконечен, и комбинаторика химических элементов и физических условий кристаллизации в мире необозрима.

Особое значение минералогический подход имеет для объектов биологии и микробиологии. Неорганические минералы в биологических объектах рассматриваются давно в рамках биоминералогии, а вот абсолютно преобладающие органические минералы, из которых состоят наши ткани, мышцы, волосы, ногти, составные части разных клеток, крови и т.д. не принято рассматривать с точки зрения минеральных систем. Моделирование в биологии нередко начинается с представлений о делении клеток – «живое от живого». При этом ничего не говорится об исходной клетке, у которой должен быть свой онтогенез: зарождение, рост, гибель. Нужны данные по анатомии различных по величине клеток одного сорта для создания моделей их онтогенеза. Между тем клетки не сами решают – делиться им или не делиться. Перед делением в клетке образуются минералы и минеральные системы, рост которых вызывает ее деление (разрывает ее вследствие увеличения давления жидкости при утонении пленки плазмы). Рост ми-

нералов в клетке обусловлен диффузией ионов по тончайшим каналам минеральной оболочки. Все функционирование клетки определяется взаимодействием нескольких минеральных систем в единой камере, где происходит рост–растворение минералов при небольшом, но постоянном колебании внешней температуры. Вся генетическая информация «записана» кристаллическим языком. Важно, что ДНК в ядре клетки, судя по наблюдениям, должна находиться в виде кристаллов, а не в виде двойной спирали подобно модельному мотиву из атомов-шариков.

Микробиологи используют при моделировании генезиса тел свои термины (самосборка, полимеризация, синтез), которые несколько уведут от понимания кристаллизационных процессов. Кристаллы органических веществ нередко называются биомолекулами, которые якобы синтезируются живыми организмами. Рост кристаллов (органических, неорганических) может осуществляться в живом организме при достижении пересыщения в среде клетки или крови в капиллярах и сосудах, но это не «искусство» живого организма. Различие в биологическом и минералогическом моделировании генезиса тел отчасти можно «сгладить» пересмотром формулировок понятий. Начнём с определения кристаллизации.

Кристаллизация – природный процесс выстраивания атомов, молекул, атомных группировок в виде структур с дальним порядком и образованием твердых тел. Этот процесс (явление) происходит непременно только в средах, пересыщенных строительными частицами относительно конкретных минералов как в живых, так и в косных системах. Явление кристаллизации создает из атомов и их изотопов тела определенного химического состава, которые были названы минералами, составляющими минеральный мир вселенной. Если вещество находится в виде тел, у которых обязательно появляется твердость (твердотельность, механическая прочность), значит, они кристаллические. Мы живем среди кристаллических тел, сами являясь сложными кристаллическими телами. Отсюда можно предположить, что если мы считаем себя «живыми системами», то живой мир является не отдельным миром, а частью минерального (кристаллического) мира.

Каждый организм является сложной системой систем клеток, а каждая клетка, в свою очередь, является сложной камерной системой взаимодействующих систем кристаллов преимущественно

органических минералов. В клетке, кроме минералов, есть небольшое количество жидкости (плазмы), в которой минералы могут растворяться при небольшом повышении температуры или расти при понижении температуры. Но возможно и плавление для низкотемпературных эвтектик.

Что такое жизнь, живой объект (система)? У философов все просто: жизнь – одна из форм существования материи. Что такое смерть? Прерывание функционирования организма? Из чего состоит тело, в котором прервано взаимодействие функционирующих систем? Жизнь ушла, но системы минеральных тел остались? Следовательно, у нас нет проблем с телами – они минеральны! Значит, «жизнью» человек назвал само функционирование взаимосвязанных в организме кристаллических систем. Термин «функционирование» – емкое понятие. Например, любой кристалл имеет функцию преобразования волн в сложном волновом пространстве, в котором мы находимся. Но мы обычно не называем кристалл живым, несмотря на его постоянное функционирование в волновом пространстве. Для обозначения «жизни» тела биологи выбрали следующие главные признаки: 1) способность к самовоспроизведению; 2) наличие метаболизма (обмена веществ).

Способность к самовоспроизведению системы – дискуссионный признак, поскольку встречается не только у организмов, но и у простых систем – у кристаллов минералов. Например, снежинки (скелетные кристаллы льда) в вихревом атмосферном потоке многократно сталкиваются друг с другом, у них обламываются вершинки и дорастают новыми объемами льда (воспроизводятся новые снежинки).

Наличие метаболизма также не бесспорный признак живых объектов. Механизмов обмена веществом и энергией между телами и средой, судя по механизмам химических реакций, достаточно много. У вирусов как будто нет метаболизма (по некоторым моделям), но многие относят их к микроорганизмам или к промежуточным образованиям между живыми и косными объектами. Вопрос не решается уже более 70 лет.

С точки зрения минералогии к методологическим разработкам биологов по изучению живых систем эвристично добавить методологические разработки минералогов. Так, если признать, что биологические объекты являются кристаллическими, то можно использовать минералогические представления о зарождении, росте и преобразованиях кристаллов, законах анатомии кристаллов,

разделении атомов элементов и изотопов кристаллами во время роста, синтаксии и эпитакисии минералов, растворении и регенерации кристаллов, нитевидной и трубчатой кристаллизации, множественности механизмов роста кристаллов, расщеплении и скручивании кристаллов, отклонениях от «идеальной» кристаллизации (возникновении мутаций), парагенезисах минералов, возникновении диссипативных текстур (в том числе – клеточных) при кристаллизации сложных систем (самоорганизации) и др.

В кристаллизации органических и неорганических минералов нет принципиальных различий. Для роста кристаллов обязательно состояние пересыщения строительными частицами по отношению к конкретному минералу, т.е. концентрация растворенного вещества в среде должна быть выше концентрации насыщения (растворимости минерала). Для кристаллизации любого минерала не следует вводить условие предельной величины зародыша. В пересыщенной среде кристаллизация будет продолжаться от первых же двух соединившихся строительных частиц. Для кристаллизации гена и генома в самоорганизующихся (биологических) системах не требуется искать абиогенного аналога («затравки» из неорганической части минерального мира). Все необходимое для их кристаллизации есть в органических и/или комбинаторных системах. Последовательность кристаллизации и возникновение строгих диссипативных текстур создается определенным составом и камерностью («закрытостью») кристаллизационной системы клетки. А вот для моделирования возникновения клеток разного типа совершенно необходимо иметь данные об их онтогенезе: какие минералы кристаллизуются первыми, какие минералы синхронные (парагенезис) и какие поздние, когда возникает кристаллическая оболочка, меняется ли она во времени и т.д. Эти данные сложно получить, поскольку величина кристаллов рассматриваемых объектов находится в пределах микро- и наноразмерности. Но техника развивается и надежды остаются.

Заключение

Наш экскурс в восприятие твердотельного мира закончился, но не закончились бесконечные вопросы о соотношении живого и косного. Экскурс проведен сознательно в сильно упрощенном виде с задачей обратить внимание на явления кристаллизации, в результате которых постоянно воспро-

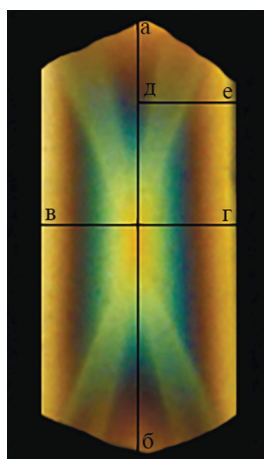


Рис. 5. Схема размещения единичного спирального мотива структуры (вдоль линий а–б, в–г, д–е или других) в разных элементах анатомии кристалла белка, физически и химически чем-либо отличающихся друг от друга.

Фото под микроскопом с введенным анализатором, фрагмент рис. 2а.

Fig. 5. Location of a single spiral pattern of structure (along the lines а–б, в–г, д–е or others) in various elements of the protein crystal anatomy, which physically and chemically differ from each other.

Photo under a microscope with analyzer, fragment of Fig. 2а.

изводится вся твердотельность мира. Современные представления микробиологов об огромном количестве генов, заключенных в молекуле ДНК, не представляются понятными и достаточными. Интуитивно ясно, что живые минеральные системы состоят преимущественно из твердых кристаллических тел, и ядра клетки тоже являются кристаллическими телами. Кристаллы ДНК могут вместить несоизмеримо больше информации по сравнению с моделью молекулы ДНК в виде знаменитой двойной спирали как мотива структуры ДНК. Любая конкретная двойная спираль, находясь в теле зонально-секториального кристалла ДНК или белка, вынуждена по составу соответствовать элементам анатомии кристаллов (рис. 5). Следовательно, ее отрезки в разных частях кристалла должны чем-то отличаться друг от друга (рис. 5, см. вдоль линий а–б, в–г, д–е). Отметим, что винтовое устройство мотива структуры любого минерала может никак не сказаться на внешней форме кристалла – его ростовые грани плоскогранны и ребра прямолинейны, если нет других причин для скручивания. Поскольку онтогенез тела (системы) развивается по принципам кристаллизации, то зародыш (затравка) в виде кристалла ДНК может определять ход кри-

сталлизации только в определенных по составу средах (яйцеклетках, семенах), в которых должна происходить самоорганизация пространства. Любая кристаллизация есть диссимметризация пространства, а диссимметрия, по словам Пьера Кюри, творит явления. Возможно, в дальнейшем минералогические онтогенетические модели освободят нас от мистических картин, созданных биологами для восприятия «живой» части минерального мира.

Таким образом, весь твердотельный мир кристаллический и, следовательно, минерален. Явление кристаллизации создает кристаллы (твердые тела) и этим диссимметризует некоторое пространство, т. е. упорядочивает и организует хаотическое движение атомов и молекул. В процессе кристаллизации могут возникать не только кристаллы конкретных минералов, но и сложные минеральные диссипативные текстуры – самоорганизующиеся системы, часть из которых были названы «живыми» объектами. Разделенные «живой» и «косный» миры являются единым минеральным миром. К ним можно применять единую в общих чертах методологию исследования, онтогенетический подход. Всем наукам естествознания, включая микробиологию и медицину, было бы эвристично объединить свои методологические разработки с минералогическим подходом.

Литература

- Вернадский В.И.** (1960) Избранные сочинения, т. V. М., АН СССР, 422 с.
- Григорьев Д.П.** (1971) О законах анатомии кристаллов. *Кристаллография*, 16(6), 1226–1229.
- Григорьев Д.П.** (1998) Рассуждения о минералогии. Сыктывкар, Геопринт, 85 с.
- Мохов А.Б., Горностаева Т.А., Карташов П.М., Асадулин Эн. Э., Богатиков О.А.** (2014) Нанокристаллы самородных молибдена, железа и титана в импактных стеклах лунного реголита. *Новые данные о минералах*, 49. 14–23.
- Попов В.А.** (2015) О сущности минерального мира и парадигмах минералогии. *Минералогия*, 1(1), 6–12.
- Юшкин Н.П.** (1999) Минералогия на пороге нового тысячелетия. *Уральский минералогический сборник № 9*. Миасс, ИМин УрО РАН, 3–21.
- Юшкин Н.П.** (1977) Теория и методы минералогии. Л., Наука. 291 с.
- Юшкин Н.П.** (2006) Наука: труд, поиск, жизнь. Екатеринбург, ИГГ УрО РАН, 463 с.
- Юшкин Н.П., Асхабов А.М., Анищенко Л.А., Безносова Т.М., Безносос П.А., Бушнев Д.А., Голубев Е.А., Каткова В.И., Камашев Д.В., Ковалёва О.В.,**

Лукин В.Ю., Лысюк Г.Н., Лютоев В.П., Ракин В.И., Соболев Д.Б., Тельнова О.П., Цыганко В.С., Шанина С.Н. (2007) Происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров. Сыктывкар, ИГ Коми НЦ РАН, 202 с.

References

- Vernadsky V. I.** (1960) [Selected works], vol. V. Moscow, AN SSSR, 422 p. (in Russian)
- Grigoriev D. P.** (1971) [Laws of crystal anatomy]. *Krystallografiya [Crystallography]*, 16(6), 1226–1229. (in Russian)
- Grigoriev D.P.** (1998) Discussions about mineralogy. Syktyvkar, Geoprint, 85 p. (in Russian)
- Mokhov A.B., Gornostaeva T.A., Kartashov P.M., Asadulin En.E., Bogatkov O.A.** (2014) [Nanocrystals of native molybdenum, iron and titanium in impact glasses of lunar regolith]. *Novye dannye o mineralakh [New data on minerals]*, 49. 14–23. (in Russian)
- Popov V.A.** (2015) [Principles of mineral world and paradigms of mineralogy]. *Mineralogiya [Mineralogy]*, 1(1), 6–12. (in Russian)
- Yushkin N.P.** (1999) [Mineralogy faces new millennium]. *Ural'sky mineralogichesky sbornik no. 9 [Ural mineralogical collection no. 9]*. Miass, Imin UrO RAN, 3–21. (in Russian)
- Yushkin N.P.** (2006) Science: work, search, life. Yekaterinburg, IGG UrO RAN, 463 p. (in Russian)
- Yushkin N.P., Askhabov A.M., Anishchenko L.A., Beznosova T.M., Beznosov P.A., Bushnev D.A., Golubev E.A., Katkova V.I., Kamashev D.V., Kovaleva O.V., Lukin V.Yu., Lysyuk G.N., Lyutoev V.P., Rakin V.I., Soboлев D.B., Telnova O.P., Tsyganko V.S., Shanina S.N.** (2007) Origin of the biosphere and coevolution of mineral and biological worlds. Syktyvkar, IG Komi NTa RAN, 202 p. (in Russian)

Статья поступила в редакцию 14 мая 2020 г.