

УДК 549.0

**НЕКОТОРЫЕ СООБРАЖЕНИЯ К КОНЦЕПЦИИ
КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЖИЗНИ****В. А . Попов***Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, popov@mineralogy.ru***SOME CONSIDERATIONS ON THE CONCEPT
OF LIFE CRYSTALLIZATION****V.A. Popov***Institute of Mineralogy UB RAS, Miass, popov@mineralogy.ru*

Для завершённости «концепции кристаллизации жизни», выдвинутой Н.П. Юшкиным, представляется важным уточнить некоторые дефиниции. Так, предлагаются новые формулировки понятий «кристаллизация», «жизнь», «минерал», «клетка» и другие. Условием существования жизни во Вселенной является природное явление кристаллизации, вызывающее образование самоорганизующихся систем. Существование явления кристаллизации подобно существованию таких явлений как гравитация, магнетизм, электричество. Н.П. Юшкин фактически призвал науку обратить внимание на механизм функционирования биологических систем. В исследовании таких систем, в их моделировании необходимо привлекать методологические разработки в области минералогии, а именно – представлений о росте-растворении минералов и минеральных агрегатов. Он предполагал, что в XXI веке в научных представлениях произойдёт «синтез живого и минерального миров».

Илл. 4. Библи. 5.

Ключевые слова: минерал, кристаллизация, жизнь, клетка.

To finish the elaboration of the concept of life crystallization suggested by Academician N.P. Yushkin, it is important to specify some definitions. We propose new formulations of the following terms: crystallization, life, mineral, cell and others. The natural crystallization, which causes the formation of self-organized systems, is a condition of life existence in the Universe. The existence of crystallization event is similar to the existence of the events such as gravitation, magnetism, electricity. N.P. Yushkin appealed to the scientific community to pay attention to the mechanism of functioning biological systems. Study and modeling of such systems should attract mineralogical methods, in particular, ideas on growth and dissolution of minerals and their aggregates. He suggested that the 21st century will provide a synthesis of alive and mineral worlds in scientific concepts.

Figures 4. References 5.

Key words: mineral, crystallization, life, cell.

*«Человек – это, по сути,
минералообразующая система»
(А.А. Кораго, 1992, с. 230).*

В 1996 году академик Николай Павлович Юшкин окончательно сформулировал и выдвинул «концепцию кристаллизации жизни» (Юшкин, 2006; Юшкин и др., 2007). В дальнейшем он её развивал как систему взглядов на явления в природе. Естественно, для формирования такой концепции была необходима та энциклопедичность, которой обладал Н.П. Юшкин. В развитие этой концепции можно высказать некоторые соображения, не выходя за её пределы. Это позволяет нам практически без новых литературных ссылок рассмотреть некоторые основы концепции. И, конечно, чтобы следовать за автором концепции, нам необходимо представлять, что такое *кристаллизация*, что такое *минерал*, что такое *жизнь* и многие другие использованные им термины. Однако с понятиями и терминами в любой науке есть сложности. Академик А.А. Баев еще в середине 90-х годов XX века отмечал, что развитие современной биологии и соответствующей терминологии сделало её малодоступной для неспециалистов. По его мнению, несмотря на гигантские научные успехи, мистика и суеверия не только продолжают существовать в современном обществе, но даже прогрессируют.

О понятиях и терминах. Начнём с анализа понятий, заложенных в самых ходовых терминах. Что такое «кристаллизация»? В большинстве энциклопедий кристаллизацией называют переход вещества из газообразного, жидкого или твёрдого аморфного состояния в кристаллическое. В разных определениях можно найти различия, требующие пояснений, как и в представленном варианте. Так, надо дать определение терминам «твёрдое аморфное и кристаллическое состояние». Опять же в энциклопедиях находим: «*Кристаллическое состояние вещества* характеризуется наличием дальнего порядка в расположении частиц (атомов, атомных группировок, молекул)». Возможно, удобно использовать для понятия «кристаллизация» такое определение: кристаллизация – природный процесс выстраивания атомов и молекул (атомных группировок) в виде структур с дальним порядком (Попов, 2015). Этот процесс (явление) происходит непременно только в пересыщенных строительных частицами средах. Явление кристаллизации создаёт из атомов и молекул кристаллические тела определённого химического состава, которые

были названы минералами, составляющими минеральный мир Вселенной. Два столетия назад при становлении науки химии органические вещества (минералы! – рис. 1) были отделены от неорганических в классификационных целях, но это формальное разделение оказалось временно «судьбоносным» для естествознания.

Термин «твёрдое аморфное вещество» у специалистов может вызвать вопросы. Например, к твёрдым аморфным веществам давно относят разнообразные стёкла. Но, чем больше их изучают, чем более современные приборы применяют, тем яснее становится убеждение, что стёкла представляют собой нанокристаллические агрегаты. Неориентированные и невыстроенные в дальний порядок частицы (атомы, ионы, молекулы, группировки) не могут образовать тела, имеющие твёрдость, прочность и другие «макросвойства». Это либо газ, либо жидкость. Например, невыстроенные в дальний порядок молекулы H_2O образуют жидкость (воду), имеющую бóльшую плотность, чем кристаллы льда из этих же молекул. Лёд имеет твёрдость, а вода – нет. Далее можно уверенно использовать представление: если вещество находится в виде тел, у которых обязательно проявляется твёрдость (твёрдотельность, прочность), значит они кристаллические. Это звучит неожиданно, но вполне проверяемо. Получается, что мы живём среди кристаллических тел, сами являясь кристаллическими телами! Отсюда мы можем осторожно предположить, что если мы считаем себя «живыми системами», то живой мир является не отдельным миром, а частью минерального (кристаллического) мира. Пока это только предложение к обсуждению. Надо на эту проблему посмотреть с другой стороны, со стороны клеточного строения всего живого.

Исследователи, сравнивающие минеральный (косный) мир с миром живым, часто используют в классификационных целях представления об индивидах и видах. В минеральном мире индивидом считается кристалл, а в живом мире – одно животное или растение. Сопоставление столь различно устроенных кристаллических систем представляет большие трудности, поскольку каждый организм является сложной системой клеток, а каждая *клетка*, в свою очередь, *является сложной камерной системой систем взаимодействующих кристал-*

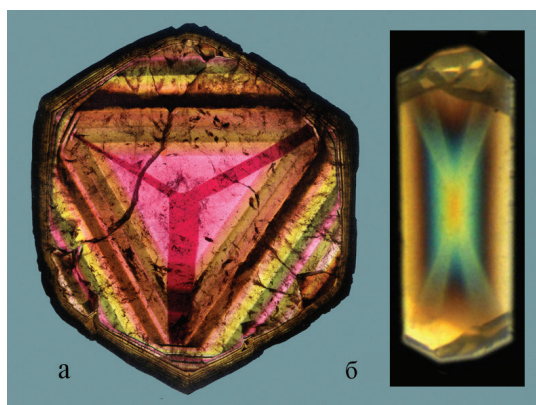


Рис. 1. Анатомическая картина кристаллов турмалина (а) и белка (б), показывающая аналогию в зонально-секториальном устройстве неорганических и органических минералов.

Fig. 1. Anatomical picture of crystals of tourmaline (а) and protein (б), showing the similarity in the zonal-sectorial device of inorganic and organic minerals.

лов преимущественно органических минералов.

Кажется, попутно мы ввели новое определение клетки. Приняв это определение, мы видим (рис. 2), что кристалл и клетка – равноуровневые системы. Кристалл – система атомов и (или) молекул, клетка – система систем кристаллов минералов. Последнее требует пояснений.

Развитие науки химии (а вслед и биохимии) не блещет минералогическим подходом. Есть некое дистанцирование химии от минералогии, утверждение большей фундаментальности. Однако объектом исследования химии вначале (неосознанно?) являлись минералы, а не атомы элементов, которыми, как утверждает физика, занимается физика. Окружающий нас косный (телесный, каменный) мир часто называется минеральным, но не атомным, не химическим (Вернадский, 1960). Химический анализ с самого начала был построен на взвешивании осадка, получившегося при смешивании растворов. Осадком всегда являлись минералы, давшие информацию для размышлений об атомах. Не было бы минералов, не было бы ни физики, ни химии, ни нас с вами.

История становления термина *минерал*, как и любого другого термина, напоминает драму идей. В последнее время многие исследователи сошлись в одном: минералы – это кристаллическое вещество Вселенной, её «минеральный мир». Любое химическое соединение (органическое, неорганическое), представленное твёрдым телом, является минералом. Все минералы образуются путём



Рис. 2. Одна из схем строения животной клетки (http://uchise.ru/risunki_kletka.html). Все названные сбоку составляющие клетки являются минеральными (кристаллическими) взаимодействующими системами.

Fig. 2. One of the schemes of the structure of an animal cell (http://uchise.ru/risunki_kletka.html). All of these side components of the cell are mineral (crystalline) interactive systems.

кристаллизации – процесса выстраивания атомов и молекул в виде структур с дальним порядком. **Процесс кристаллизации минералов во всей Вселенной осуществляется только в средах, находящихся в состоянии пересыщения строительными частицами относительно растворимости конкретных минералов в данных средах.** Этот постулат очень важен для правильной постановки экспериментов, поскольку многие биологи склонны считать, что в «живых системах» минералы могут расти в недосыщенных средах. Они применяют термины «полимеризация», «биосинтез» или «самосборка», из определения которых следует, что процесс синтеза природных органических соединений производится самими живыми организмами. Совсем наоборот, живые организмы потому и существуют, что есть кристаллизация! Если считать, что «синтез» это «кристаллизация», то никакие живые организмы осуществлять собственно кристаллизацию не могут. Как явления нет ни биосинтеза минералов, ни создания искусственных минералов. Процесс кристаллизации может происходить, в том числе, в биологических или искусственных системах, но называть его биосинтезом как каким-то особым явлением, по-видимому, не следует. Биосинтез и искусственный синтез можно приписать только по местонахождению естественного процесса кристаллизации. При состояниях недосыщения в системах относительно любых минералов происходит их обязательное растворение (или сублимация).

Что такое жизнь? Представим себе, что термины «жизнь» и «живой» появились в человеческом языке в связи с интуитивной классификацией всех тел, что окружают нас. Человек разделил объекты на движущиеся (изменяющиеся) и неподвижные (неизменные). Часть изменяющихся (движущихся) объектов получили статус «живых», а их функционирование позиционируется с понятием *жизнь*. Познакомиться с разными представлениями о жизни можно концентрированно по книгам А. Брема «Жизнь животных», К. Тимирязева «Жизнь растений», Г. Вульфа «Жизнь кристаллов» и А. Жабина «Жизнь минералов». В.И. Вернадский (1960) ввёл термин *живое вещество* и выделил область существования живого вещества – биосферу. Живой мир у В.И. Вернадского, как у большинства исследователей, противопоставляется минеральному (косному) миру. Однако словосочетания «жизнь кристаллов» и «жизнь минералов» как будто не соответствуют этому противопоставлению. А если говорить об органических кристаллах (минералах), например, белков (см. рис. 1), то и противопоставления нет.

В связи со сложностью «живых» кибернетических систем многие вопросы их генезиса не раскрыты до сих пор. Постепенно у человека сформировалось представление о непознаваемости сущности жизни, о божественности её начала. Однако, если *жизнью назвать собственно функционирование сложных кристаллических кибернетических систем*, тогда она является нормальным природным явлением, которое обязательно осуществляется в подходящих по условиям частях Вселенной. В этом смысле формулировка Н.П. Юшкина о «кристаллизации жизни» вполне приемлема и представляется выдающимся достижением человеческой мысли. Из этой формулировки следует, что жизнь во Вселенной была, есть и будет всегда, поскольку она непременно кристаллизуется (точнее – кристаллизуются живые тела) в подходящих физико-химических системах.

Человек при исследовании природы невольно занимается классификацией изучаемых объектов, даже если он не ставит специальных классификационных задач. Все изучаемые объекты являются системами или подсистемами, или элементами систем. Существует некоторое множество классификаций систем. Среди систем выделяют кибернетические природные системы или системы с обратной связью, способные воспринимать, запоминать и обрабатывать сигналы (информацию). Среди

примеров называют компьютеры, человеческий мозг, клетку. Часть кибернетических систем принадлежит так называемому «живому миру». Этой частью систем занимается наука биология (микробиология, биохимия и другие). Камерные (клеточные) кибернетические системы в природе (во Вселенной, в Космосе) возникают и разрушаются самопроизвольно в соответствующих химических и физических условиях вследствие кристаллизации минералов. Все эти системы телесны, т. е. представляют собой тела, сложенные кристаллами (и весьма прочными «жидкими» кристаллами). Если это так, то «живой мир» – это часть «минерального мира», представленная кибернетическими системами. Для возникновения кибернетических минеральных систем не нужна никакая «живая сила», никакая «божественная сила», никакая дополнительная энергия в виде радиоактивного излучения или электрического разряда. Кибернетические «живые» системы возникают как следствие кристаллизации сложных химических сред (коацервата, «бульона», хаоса из атомов и атомных группировок). Эти среды самодостаточны относительно формирования (кристаллизации) кибернетических систем в определённых интервалах физико-химических условий.

Сопоставление минералогических и биологических объектов. Биологические системы, по сути, кристаллически и сложны. Кристалл не сопоставим с клеткой по уровню сложности, клетка является системой систем взаимодействующих кристаллов (или парагенезисов). По-видимому, функционирование клетки можно сопоставлять с функционированием кристаллизующейся сложной жидкости эвтектического состава в камере (рис. 3 и 4). Изменение параметров среды вокруг клетки или камеры вызывает изменение растворимости минералов в клетке или камере, и кристаллизационная система перестраивается. Например, в клетке (а клетка – полиминеральная система) при небольшом понижении температуры может возникнуть в протоплазме пересыщение относительно вируса. В пересыщенной среде вирус обязательно зарождается и растёт, забирая из плазмы свои компоненты (точнее – пересыщенную часть их) и изменяя состав плазмы. Изменённая плазма может оказаться недосыщенной относительно органелл и (или) хромосом, и они начнут растворяться. Если процесс зайдёт далеко, клетка погибнет. Если выделяющееся при кристаллизации вирусов тепло не отводить и добавить внешнего тепла, то температура орга-



Рис. 3. Диссипативная ритмично-полосчатая текстура гранитов штока Хуппи на Северном Сихотэ-Алине. Калишпат окрашен в жёлтый цвет кобальтинитритом натрия. Образец 13 см.

Fig. 3. Dissipative rhythmically-banded texture granites of the stock Huppi in Northern Sikhote-Alin. Orthoclase yellow painted cobaltinitrite sodium. Sample 13 cm.

низма повысится и относительно кристаллов-вирусов в плазме может возникнуть недосыщение, что приведёт к их растворению, т. е. гибели. Недосыщение относительно кристаллов-вирусов в клетке можно вызвать и химическим путём с помощью изменения состава среды вокруг клетки (например, плазмы крови).

Аналогичная картина возникает с кристаллизующейся, например, гранитной магмой в камере. В эвтектической по составу магме при потере тепла может происходить одновременная кристаллизация кварца, двух полевых шпатов, биотита и нескольких аксессуарных минералов. Если отвода тепла не будет, то частично выросшие кристаллы этих минералов перестанут расти и могут находиться в насыщенной относительно их жидкости (магме) сколь угодно долго. Но если что-либо изменить в физико-химических параметрах системы, жидкость может оказаться недосыщенной относительно одних минералов и пересыщенной относительно других минералов. Система начнёт перестраиваться в соответствии с растворимостью всех минералов в изменяющихся условиях. Это и есть «обратная связь» камерной системы со средой. Таким образом, рост-растворение кристаллов минералов изменяет (регулирует) состав среды в камере. Это изменение является сигналом, вызывающим определённую реакцию системы.

На клетку или на камерную магматическую систему можно влиять снаружи, изменяя условия кри-

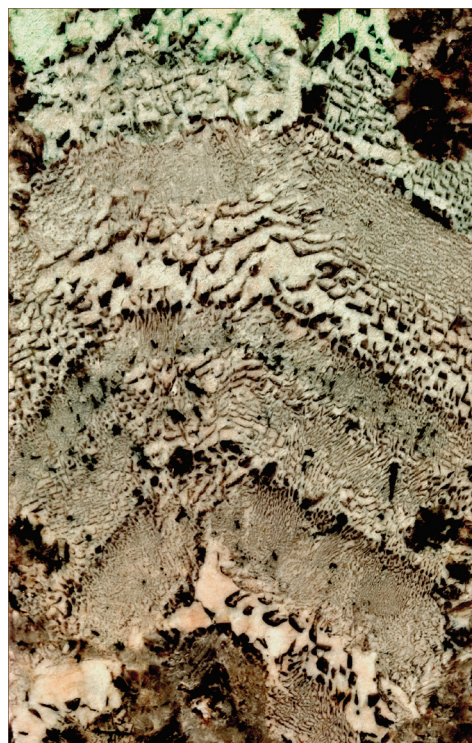


Рис. 4. Ритмичная зональность в графических сростаниях индивида калишпата с кварцем. Ильменские горы, копь 59. Ширина образца 10 см.

Fig. 4. Rhythmic stripes in graphic intergrowths of an individual of orthoclase with quartz. The Ilmen mountains, the groove 59. Sample width 10 cm.

сталлизации системы. РТ-условия легко менять и в эксперименте. А химический состав клетки можно изменить путём диффузии через мембранные оболочки, отверстия которых имеют определённый размер. Это позволяет разделять компоненты среды, т. е. регулировать состав плазмы.

Дальнейшее рассмотрение концепции Н.П. Юшкиным строится на представлениях о коэволюции минерального и живого миров. В самой постановке проблемы чувствуется ещё влияние устойчивого представления о различии этих миров. Но если использовано словосочетание «кристаллизация жизни», то оно предполагает кристалличность (минеральность) живых систем. Следовательно, это не разные миры. Лишь часть минеральных систем мы (люди) отнесли к живым (назвали живыми). Поэтому надо говорить не о коэволюции разных миров, а об изменениях (эволюции) в минеральном мире конкретных частей Вселенной (звёздных систем, планет и т. д.).

Что такое живая клетка с точки зрения минералогии? При взгляде издали — это тело, т. е. не

жидкость и не газ. Тело имеет прочностные характеристики, из чего следует его кристалличность. (В инструкциях по экспериментам с кристаллами ДНК предупреждается об их хрупкости и необходимости работать осторожно!). При рассмотрении анатомической картины клетки (см. рис. 2) мы убеждаемся, что тело её сложное, и состоит из множества других кристаллических тел – оболочек, ядер, ядрышек, хромосом, вирусов, органелл и других. Все эти тела «омываются» жидкостью (цитоплазмой, гиалоплазмой?), в которой они могут зарождаться, расти (кристаллизоваться), растворяться. Это означает, что жидкость должна содержать строительные частицы (атомы, группировки атомов) для кристаллов белков, нуклеиновых кислот и других, из которых состоят минеральные тела клетки. Определённый состав и состояние насыщения жидкости в клетке поддерживаются благодаря её камерности (существованию мембранной оболочки) и буферному взаимодействию кристаллов минералов (росту-растворению при любом изменении условий). **Деление (размножение) клетки обязательно определяется ростом кристаллов минералов**, что возможно через поступление дополнительного питания извне сквозь оболочку. Естественно, питание может обеспечить среда определённого состава, содержащая необходимые концентрации компонентов. Большинство минералов клетки представлены нитевидными кристаллами и «жидкими кристаллами» белков, нуклеиновых кислот и других минералов. Двойная спираль как мотив структуры ДНК была смоделирована по данным рентгенограммы от **кристалла** ДНК.

Онтогенический минералогический подход в исследовании биологических объектов. Достижения микробиологов, генетиков, биохимиков в изучении клеток, геномов, организмов настолько грандиозны, что со стороны кажутся исчерпывающими и достаточными для развития генной инженерии, для победы над многими болезнями, для безбедного существования человека. Однако сами специалисты в названных областях считают, что сделаны только первые шаги в понимании сущности жизни, её проявлений. С точки зрения минералогии к методологическим разработкам биологов по изучению живых систем эвристично добавить методологические разработки минералогов. Так, если биологические объекты являются кристаллическими, то можно использовать минералогические представления о зарождении, росте и преобразованиях кристаллов, о законах анатомии

кристаллов, о разделении атомов элементов и изотопов кристаллами во время роста, о синтаксии и эпитаксии минералов, о растворении и регенерации кристаллов, о нитевидной и трубчатой кристаллизации, о множественности механизмов роста кристаллов, о расщеплении и скручивании кристаллов, о парагенезисах минералов, о возникновении диссипативных текстур при кристаллизации сложных систем (самоорганизации!) и многое другое. Если говорить о существовании самоорганизации в кристаллизационных неорганических системах, то **формирование живого организма можно рассматривать как самоорганизацию при кристаллизации сложных органических жидкостей**. Это означает, что в закрытой (камерной) системе каждый акт кристаллизации порождает строго определённое изменение состава и структуры среды, приводящее к строго определённому последующему акту кристаллизации в соответственном определённом участке камеры (например, яйцеклетки). Вообще самоорганизующихся систем, связанных с явлениями гравитации, магнетизма, электричества, излучения, кристаллизации в мире бесконечное множество. Эти системы постоянно организуются и разрушаются. Кристаллизационные самоорганизующиеся системы хороши тем, что они наблюдаемы нами как тела. Но с ними же связаны и ненаблюдаемые нами волновые структуры, которые мы условно называем скрытой информацией – концентрационной, радиоволновой, люминесцентной, электромагнитной и другими видами. Эти волновые структуры, по-видимому, участвуют в том, что мы называем генной информацией.

Возвращаясь к концепции Н.П. Юшкина о «кристаллизации жизни», можно констатировать, что жизнь во Вселенной кристаллизуется постоянно, поскольку рост клетки, образование организма – это и есть кристаллизация в определённых типах природных систем.

Если считать, что человек может познавать природу, то все его открытия – это лишь следование за существующим в природе. Приём, запоминание (запись) и обработка информационных сигналов (то, что человек позднее назвал мышлением), по-видимому, существуют в природе в разных видах. Человек создал этому аналог в виде компьютеров. Важно понимать, что **информация «записывается» (отображается) на твёрдой матрице, состоящей из кристаллов и систем кристаллов как в живой природе, так и в компьютерах**.

Образование новых клеток посредством деления предшествующих наблюдалось непосредственно в опытах. Механизм деления довольно детально разработан в биологии и почти понятен. Однако типов клеток в сложных организмах довольно много. Не все они появляются сразу. Есть в онтогенезе организма некоторая последовательность. Вряд ли из клетки одного типа можно получить клетку другого типа путём простого деления. Следовательно, есть механизмы зарождения клеток, отличные от обычного (?) деления. Эти механизмы должны подключаться к действию в определённое время развития (онтогенеза) организма (системы). Организменный онтогенез как развитие самоорганизующейся кристаллизационной системы, возможно, ещё недостаточно разработан в биологии. Нет наблюдений о зарождении клетки и постепенном её разрастании подобно кристаллу (точнее – парагенезису минералов), как будто история (онтогенез) сразу начинается с деления (или оплодотворения) уже существующей клетки (живое от живого).

Считается, что информация об онтогенезе организма заложена в системе генов (геноме). Конечно, информацию как программу развития организма «заложить» специально никто не может. Но если назвать информацией строгое расположение генов (нуклеотидов – телесных фрагментов кристаллической решётки ДНК) вдоль оси двойной спирали, а это имеет значение для функционирования всей кристаллизационной системы, то мистическая генная информация превращается в реальное строение самоорганизующихся систем. В таких системах каждый последующий акт кристаллизации строго обусловлен предшествующими актами с возникновением диссипативных текстур (см. рис. 3 и 4).

Размышления и сомнения Н.П. Юшкина видны из следующей цитаты: *«Непонятен процесс формирования генетического аппарата. Случайный синтез гена путём самосборки молекул невозможен: ген должен иметь своих небологических предшественников»* (Юшкин и др., 2007, с. 8). Заметно, что вслед за многими естествоиспытателями Н.П. Юшкин, с одной стороны, разделяет минералогические и биологические объекты, а с другой – рассуждает с точки зрения априорного знания что такое ген. Представляется логичным отнести биологические объекты к сложным системам, состоящим преимущественно из кристаллов органических минералов (парагенезисов), т. е. принадлежащих минеральному миру. А генами (геномами) удобно называть тела с реальными структурами

(фрагментами структур и элементами анатомии) самоорганизующихся систем, влияющих на последовательность кристаллизации минералов и устройство самих систем. Для происхождения генов не нужны абиогенные предшественники. Они возникают как следствие кристаллизации самоорганизующихся систем. В этом смысле природа создаёт постоянно множество генов (в телесном воплощении!). Если любой из образовавшихся генов попадает в благоприятную (соответственную) ростовую среду, он может организовать определённую кристаллизационную живую систему.

Заключение

Концепция кристаллизации жизни, сформированная в окончательном виде Н.П. Юшкиным, представляется полезной (эвристичной) для развития науки. Возможно, наши дополнительные соображения будут полезны для самой концепции. Эти соображения заключаются в следующем.

1. Органические и неорганические минералы, экспериментально полученные химические вещества, выплавленные металлы, пластмассы, волосы, кости, ткани животных и любые другие тела являются составляющими единого минерального мира Вселенной. Все эти тела образуются путём кристаллизации – природного явления выстраивания атомов и группировок атомов в виде структур с дальним порядком, происходящего только в пересыщенных (относительно растворимости минералов) системах.

2. Термином жизнь удобно называть функционирование самоорганизующихся кибернетических кристаллических систем.

3. Клетка как исходный элемент биологических систем сама является системой систем кристаллов преимущественно органических минералов. Очевидно, её функционирование не следует напрямую сопоставлять (искать гомологии) с функционированием кристаллов минералов. Это разноуровневые системы.

4. Научные представления о явлении кристаллизации с образованием самоорганизующихся минеральных систем в биологических объектах являются более эвристичными по сравнению с представлениями о самосборке макромолекул или биомолекул. Искусственно «управлять» самоорганизующимися минеральными системами можно с точки зрения теорий «роста-растворения» кристаллов минералов. Эти представления могут быть

полезны в биологии и медицине при разработке теории мутаций и экспериментах по созданию лекарств.

5. Теорию онтогенеза организма в биологии можно развить в связи с представлениями о существовании самоорганизующихся кристаллизационных (минеральных) систем.

6. Условием существования жизни во Вселенной является природное явление кристаллизации, вызывающее образование самоорганизующихся систем. Существование явления кристаллизации подобно существованию таких явлений как гравитация, магнетизм, электричество. Кристаллизация (образование минералов) не может быть искусственной, но может происходить среди прочих в искусственных, биологических, техногенных и других системах.

Н.П. Юшкин назвал свою концепцию «кристаллизацией жизни», и фактически призвал науку обратить внимание на механизм функционирования биологических систем. В исследовании таких систем, в их моделировании необходимо привлекать методологические разработки в области минералогии, а именно – представлений о росте-растворении минералов и минеральных агрегатов. Он предполагал, что в XXI веке в научных представлениях произойдёт «синтез живого и минерального миров».

Литература

Вернадский В.И. Избранные сочинения. Т. V. М.: Изд-во АН СССР, 1960.

Кораго А.А. Введение в биоминералогия. СПб.: Недра, 1992. 280 с.

Попов В.А. О сущности минерального мира и парадигмах минералогии // Минералогия. № 1. 2015. С. 6–12.

Юшкин Н.П. Наука: труд, поиск, жизнь. Екатеринбург: УрО РАН, Институт геологии, 2006. 463 с.

Юшкин Н.П., Асхабов А.М., Анищенко Л.А., Безносова Т.М., Безносоев П.А., Бушнев Д.А., Голубев Е.А., Каткова В.И., Камашев Д.В., Ковалёва О.В., Лукин В.Ю., Лысюк Г.Н., Лютоево В.П., Ракин В.И., Соболев Д.Б., Тельнова О.П., Цыганко В.С., Шанина С.Н. Происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ РАН, 2007. 202 с.

Поступила в редакцию 17 марта 2015 г.