

Принцип Кюри и геология – вопрос о типах симметрии геологических процессов

Левин Б.

Израиль, Иерусалим, ber-levin@rambler.ru

Аннотация. Принцип Кюри указывает на тесную связь симметрий причины и ее следствия. В геологии, на всех уровнях ее иерархии, причина – это какой-то геологический процесс, как правило, труднопознаваемый, а следствие – создаваемый им геологический объект, изучаемый в полевых или камеральных условиях. Исходя из этого, принцип Кюри может послужить мощным орудием для определения генезиса геологических образований всех уровней. В статье даются конкретные алгоритмы применения этого принципа в геологии и показана их действенность на конкретных примерах. Определяется группа симметрий, контролирующая геологические процессы. Указывается необходимость дальнейшей разработки и детализации определения симметрии геопроцессов.

Ключевые слова: симметрия, принцип Кюри, принцип Шубникова-Шафрановского, геологические системы и процессы.

Curie's principle and geology – on the issue of symmetry types of geological processes

Levin B.

Israel, Jerusalem, ber-levin@rambler.ru

Abstract. Curie's principle points to the close connection of the symmetries of cause and effect. In geology, at all levels of its hierarchy the cause is some geological process, as a rule, hard to learn, while the effect is a geological object created by it and studied in field or office conditions. Proceeding from this, Curie's principle can serve as a powerful weapon for the determination of the genesis of geological formations of all levels. The article gives concrete algorithms of application of this principle in geology and shows their effectiveness by concrete examples. It determines a group of symmetries controlling geological processes and points out the need for further elaboration and detailing of determination of the symmetry of geological processes.

Keywords: symmetry, Curie's principle, Shubnikov-Shafranovskii's principle, geological systems and processes.

Введение

В своей основе принцип Кюри, утверждает сходство симметрий двух сущностей – явления-причины и его производной, т. е. следствия из этой причины. В геологической терминологии речь, соответственно, должна идти о сходстве симметрий геологического процесса и производимых им материальных образований – кристалла, породного тела, тектонической структуры и т. д. При таком прочтении принципа Кюри он представляется очень полезным для расшифровки когда-то протекавших процессов по их материальным следам, зафиксированным в земной коре. Однако, в настоящее время он практически не используется в геологии. Причина тому, очевидно, в том, что он сформулирован в целом как физический закон с не очень ясной геологической приложимостью.

В связи с этим есть необходимость перевода этого принципа на геологический язык, что и начато было статьей в Записках РМО (Левин, 2018). Следом возникает задача наработки инструментария для его использования. И первый же вопрос тогда встает – приложимо ли вообще геометрическое понятие «симметрия» к геологическим процессам? И если – да, то о каких типах симметрии может идти речь?

Далее здесь намечаются пути решения этих вопросов, но вначале – о самом принципе Кюри и его преломлении в геологической сфере (пп. 1–5).

1. Стандартная формулировка принципа Кюри и ее геологические модификации

В редакции академика А.В. Шубникова (1956) принцип Кюри звучит так: *Когда несколько различных явлений природы накладываются друг на друга, образуя одну систему, их диссимметрии складываются. В результате остаются лишь те элементы симметрии, которые являются общими для каждого явления, взятого отдельно.* Здесь под диссимметрией понимается комплекс всех теоретически возможных элементов симметрии, отсутствующих у рассматриваемого явления.

Эта формулировка изначально, у Кюри, описывала взаимоотношения определенного типа кристаллов и физических полей, да и все дальнейшие исследования этого рода не выходили за пределы минералогического уровня. Вместе с тем, исходная формулировка принципа Кюри, подчеркнутая А.В. Шубниковым из прямых высказываний Пьера Кюри в его статье (Кюри, 1966) несет в себе заряд всеохватности – она вообще не вводит никакого ограничения. Потому представляется правомерным применение принципа Кюри и на других иерархических уровнях геологии. Для этого, однако, потребуется несколько модифицировать его формулировку, никак не покушаясь на саму сущность данного принципа.

Для начала, в целях более ясного понимания сути дела просто подставим в эту формулировку геологическую терминологию (произведенные замены в формулировке подчеркнуты):

Когда несколько различных геологических процессов накладываются друг на друга, образуя одну вещественную систему (кристалл, горнопородное тело, тектонический комплекс, геологическую структуру и пр.), их диссимметрии складываются. В результате остаются лишь те элементы симметрии, которые являются общими для каждого процесса, взятого отдельно

В исходной формулировке, как и в ее переложении на геологические понятия, речь идет о суперпозиции двух или более явлений (процессов), повлиявших на одну систему, т. е. о конечном результате такой суперпозиции. Для целей геологического анализа представляется более полезным упростить эту формулировку путем сведения ее к итогу воздействия одного процесса. При таком подходе принцип Кюри будет выглядеть так:

Геологический процесс формирует вещественную систему (всю или ее части, доступные его воздействиям) в соответствии с симметрией, присущей ему самому.

Эта формулировка не противоречит исходной – согласно ей, два или более процесса с разными симметриями, воздействуя на одну систему и пытаясь навести каждый свою симметрию, вступают в конфликт друг с другом. Отсюда, их несовпадающие элементы симметрии взаимно погасятся. То есть, диссимметрии действительно сложатся, как и указывает исходная формулировка. Итак, две эти формулировки утверждают одно и то же, но вторая более обща (первая – есть ее конкретизация для случая двух и более процессов), потому далее под выражением «принцип Кюри» будет пониматься именно она ¹.

2. Принцип Шубникова-Шафрановского

В параллель принципу Кюри полезно привлечь еще следующее положение, названное ранее (Левин, 2018) принципом или положением Шубникова-Шафрановского: *Разные признаки или свойства одного вещественного объекта могут характеризоваться различной симметрией.*

Это представление принималось не всеми и не всегда, но с тех пор, как А.В. Шубников (1951) физически и строго математически доказал наличие признаков с разной симметрией во всех кристаллах кубической сингонии, а И.И. Шафрановский (1968, 1985, а также совместно с Плотниковым – 1975) развил это положение на разные классы объектов, его справедливость под сомнение уже не ставится. Речь тут, конечно, идет о нередком присутствии разносимметричных признаков в одном и том же вещественном проявлении, но отнюдь не об обязательности совместного нахождения таковых везде и повсеместно.

¹ И сам Пьер Кюри обдумывал возможность аналогичной формулировки – это просматривается по его рабочим записям, опубликованных посмертно его женой Марией Кюри-Склодовской (см. Шубников, 1956).

3. Объединение обоих принципов воедино

Оба разбираемых принципа являются доказанной истиной, или, по крайней мере, неопровергаемы. И еще важно, что сфера приложимости их обоих одна и та же – это область симметричной характеристики разных явлений. Отсюда напрашивается их суммирование, объединение в один принцип, и тогда этот совместный принцип можно сформулировать так: *Геологический процесс, создающий или преобразующий какое-то геологическое проявление, накладывает отпечаток своей симметрии на подчиняющиеся его воздействию признаки и свойства данного проявления.*

В таком определении в принцип Кюри (или, может, даже точнее уже сказать – в принцип Кюри-Шубникова-Шафрановского) уже закладывается идея, что в одном геологическом объекте могут быть признаки или свойства, как аналогичные симметричной характеристике разбираемого процесса, так и не совпадающие с ней. Последние, очевидно, унаследованы от каких-то других процессов, с другой симметрией.

4. О логической направленности определений

Приведенной формулировкой еще не заканчивается модификация принципа Кюри² для использования его в геологической практике. Дело в том, что она напрямую унаследовала от классической формулировки ее физический подход к исследованию природы – известен какой-то процесс и ставится вопрос, что произойдет в результате этого процесса, поставленного хоть на лабораторном столе, хоть в синхрофазотроне, при каких-то изменениях начальных условий. Потому все приведенные выше формулировки принципа Кюри шли в направлении от процесса к производимым им продуктам. То есть, на языке логики, процесс в них выступает как предикат (исходное, заранее известное понятие), а произведенная им сущность выставлена как субъект (нововводимое понятие, определяемое через исходное).

Но геология – не физика, и путь геологического исследования прямо противоположный – от изученных реальных геологических проявлений к представлениям о процессах, их образовавших. Потому и принцип Кюри требуется переформулировать в обратном направлении – от известных вещественных объектов (следствий) к неизвестному геопроцессу (причине).

Это нетривиальная логическая задача, не всегда с однозначным решением, и тем более важно определиться с границами применимости такой обратной(-ых) формулировки(-ок).

5. Конкретные алгоритмы для применения принципа Кюри в геологии

Если в разбираемом определении поставить во главу угла геологический объект, изученный прямым наблюдением (вещество, тело, структуру), то принцип Кюри придется разделить на две взаимодополняющие части по наличию/отсутствию разносимметричных свойств.

а) *Геологическое образование с разносимметричными признаками (свойствами) – полигенетично, т.е. подвергалось воздействию двух или более процессов.*

б) *Геологический объект, у которого все признаки (свойства) имеют одинаковую симметрию, скорее всего, является производным одного единственного геопроцесса.*

Первое из этих положений является прямым следствием из простой формулировки принципа Кюри – раз процесс может продуцировать только себе подобные производные, то разносимметричные признаки однозначно происходят от разных процессов, имеющих симметрии, близкие к тем признакам.

Со вторым положением дело сложнее – логика здесь не допускает простой перестановки предиката и субъекта, как в первом случае. Здесь может быть только вероятностный подход, который и отражен введением термина «скорее всего», т. е., не обязательно так. В самом деле, разные процессы могут подчиняться одинаковой симметрии, и тогда каждый из них, воздействуя на один

² Предложение называть этот обобщенный принцип именами всех троих ученых (или же более кратко – принцип К-Ш-Ш) остается в силе, т. к. представляется логичным и оправданным. Но здесь и далее пока будет сохраняться привычное обозначение – «принцип Кюри», для сохранения единства с названием статьи и преемственности с основополагающими трудами предшественников.

и тот же объект, продуцирует в нем свои признаки, имеющие, тем не менее, сходную симметрию в силу сходства симметрий процессов.

Вероятность таких совпадений не слишком высока, тем не менее, в обычных случаях не стоит сбрасывать ее со счетов. Однако, при широком распространении идентичных объектов с одинаково-симметричными признаками, таковая вероятность вообще падает практически до нулевых значений, ибо становится слишком невероятным совпадение разных процессов во множестве мест. И тогда этот вариант геологической интерпретации принципа Кюри может использоваться вполне уверенно.

Приведенная пара взаимодополняющих формулировок геологической интерпретации принципа Кюри предстает уже в форме конкретного инструментария для геологических исследований, т.к. предоставляет возможность по симметрии изученного объекта выявить число и симметрию воздействовавших на него процессов. Оспорить эти положения можно двумя путями – или опровергнув их базу, принципы Кюри и/или Шубникова-Шафрановского, или же отыскав логические погрешности в построениях на их основе. Первое не видится сколько-нибудь возможным, второе вряд ли достижимо.

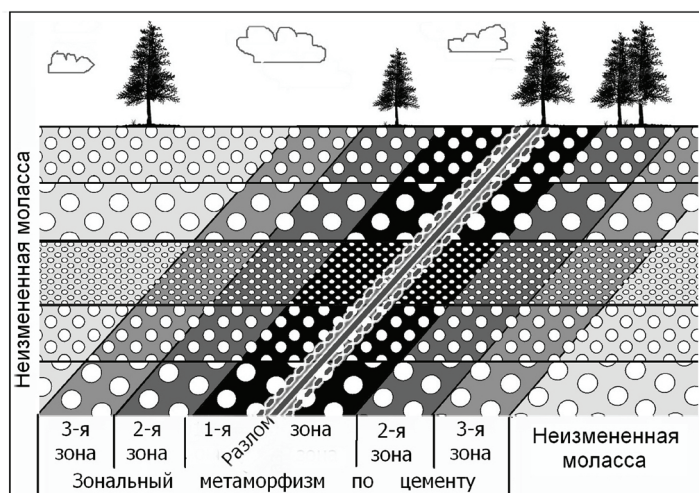


Рис. 1. Схема. Зональный метаморфизм, наложенный на молассу.

Fig. 1. Diagram. Zonal metamorphism superposed on molasses.

На рисунке 1 изображена простейшая ситуация, как пример проявления принципа Кюри: моласса из переслаивающихся алевролитов, песчаников, гравелитов и конгломератов поражена зональным метаморфизмом, преобразовавшим цемент осадочных пород, но не затронувшим устойчивые обломки и гальки кварца, гранита и т. д. Моласса имеет свою симметрию – это семи-континуум 1-го рода (Шубников, 1940; Шубников, Копчик, 2004), которая прослеживается и в метаморфизованных участках по неизменным обломкам и галькам. А зона метаморфизма подчиняется совершенно иной симметрии с плоскостью отражения, проходящей посередине центральной зоны. Итак, име-

ем на одном объекте две различные симметрии, а значит, по первому из алгоритмов – два разных процесса.

Другие примеры приложения принципа Кюри к геологии приведены ранее (Левин, 2018) и из всего их комплекса просматривается, что фундамент для его геологического использования уже достаточно надежен. Но детали в данном вопросе еще слабо проработаны и потому возникает ряд неясностей, прежде всего – по возможным типам симметрии геопроцессов и по их соотношению с симметриями вещественных производных этих процессов. Эти вопросы и разбираются ниже.³

6. Типы симметрий геологических процессов

Сначала отвлечемся несколько в сторону – физика разделяет материальный мир на два класса понятий: поле и вещество (тела). Поле – явление непрерывное, не имеющее границ, и взаимопроникающее – разные поля накладываются друг на друга в одной и той же точке пространства. А вещество, наоборот, – явление дискретное, прерывистое, с неизбежным наличием границ, отделяющих

³ Дальнейшие выкладки – это, в основном, наброски для освоения непаханной целины, и они не претендуют на завершенность и окончательность. Здесь видится громадный простор для предстоящей работы, может быть, и не одного поколения.

одно тело от другого, и обязательно раздельное – в любой конкретной точке пространства может находиться только один тип вещества и не более.

Теперь вернемся к геологии. Процесс – это понятие, которое неразрывно связано с атрибутом времени, при этом само время – понятие непрерывное, дискретности не подлежащее.⁴ А вот известные со студенческой скамьи федоровские группы симметрии отражают, наоборот, дискретные сущности, потому что они построены на кратной повторяемости некоторых тел в пространстве. Отсюда, федоровские группы оказываются плохо сочетаемы с недискретной (непрерывной) сущностью понятия «процесс», и потому для процессов надо искать какие-то другие симметричные представления. В первом приближении их можно найти в рамках *предельных точечных групп симметрии* (Шубников и др., 1940; Шубников, 1956), разработанных еще Пьером Кюри (так по Шубникову, 1946), с целью описания симметричных характеристик физических полей. Получается, что процесс по своей структурной характеристике приближается к полевым сущностям, а вот результаты

процессов проявляются в вещественных средах, где неизбежно фиксируются границы, без которых невозможно было бы определять и различать отдельные структуры.

По Кюри и Шубникову предельных точечных групп симметрии всего семь,⁵ а если в парных (энантиоморфных) группах их правые и левые модификации посчитать порознь, то получится в целом десять фигур (рис. 2). В упрощенном виде, абстрагируясь от вращающихся или закрученных осей, симметрия геопроцессов сведётся к трем ее типам – это три простые фигуры, имеющие оси бесконечного порядка: шар, цилиндр и конус.⁶ Шар характеризует изотропные процессы, в которых все направления равноправны. Цилиндр отражает симметрию с единичным выделенным направлением, в котором оба конца идентичны, т. е. в нем неразличимы верх-низ, или право-лево и т. д. Конус отличается от цилиндра ясным различием друг от друга концов этого выделенного направления, и его аналогом является стрела.

При привязке этих моделей симметрий к вещественной среде можно видеть, что шар –

Рис. 2. Предельные точечные группы симметрии. Рисунок из статьи А.В. Шубникова (1956).

Fig. 2. Limiting point groups of symmetry. A figure from A.V. Shubnikov's article (1956).

это покоящаяся среда, конус – направленный поток, а цилиндр – это колеблющийся поток, т. е. среда, совершающая возвратно-поступательное движение взад-вперед или вверх-вниз, вправо-влево и т. д. – по любым направлениям, но всегда с выдерживанием какого-то конкретного из них, определяющего направление выделенной оси этой симметрии. Примером последнего являются стоячие волны, которые могут быть и в субстанции поля, и в вещественной субстанции. Например, при стоячих волнах, фиксируемых на поверхности воды, в ее толще любая частица совершает постоянные колебания вверх-вниз.

⁴ Приложение ко времени тех или иных единиц его измерения любого масштаба – от наносекунды до миллиардолетия – процедура чисто внешняя, к структуре самого времени отношения не имеющая.

⁵ Сами группы, как уже сказано, разработаны П. Кюри, а обобщающее название им дал А.В. Шубников.

⁶ Абстрагирование от закрученных и вращательных осей приемлемо как упрощение на уровнях геологической иерархии от горнопородного и выше, поскольку на них соответствующие им структуры выявляются не часто. Заметно шире они распространены на минеральном уровне геологии (например, вращение плоскости поляризации), в живой природе, в водных, атмосферных и космических процессах. Тем не менее, и там, где они пока не выявлены, нельзя исключать их обнаружения при дальнейших, более глубоких исследованиях.

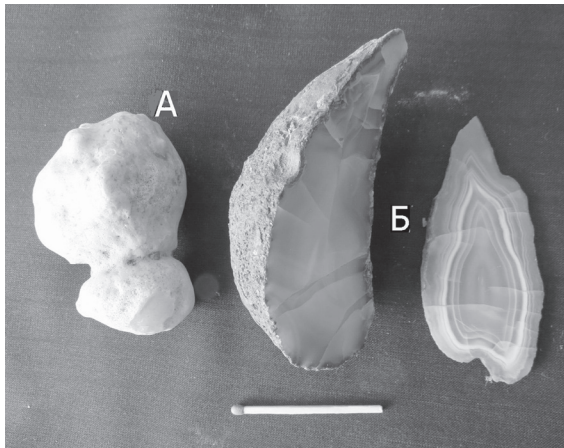


Рис. 3. Жеоды халцедона и агата из базальтов. Магаданская обл., истоки р. Ола. А – шаровидные, Б – каплевидные. Коллекция и фото автора.

Fig. 3. Geodes of chalcedony and agate from basalts. Magadan Oblast, sources of the river Ola. From author's collection. A – Ball-shaped. B – Drop-shaped.

часть. На других геологических уровнях вещественные образования могут совпадать по своей симметрии с породившими их процессами (например, шаровые конкреции, образующиеся в морской среде, или же алмазonoсные трубки, подчиняющиеся конусной симметрии прорыва на поверхность глубинного взрыва). В итоге видно, что симметрия геологических объектов всегда контролируется и ограничивается той предельной точечной группой симметрии, которая характеризует сам процесс образования последних.

Вот некоторые примеры. Достаточно быстрое, но спокойное застывание излившейся лавы происходит в практически изотропных условиях – градиент падения температуры во все стороны одинаков, т. е., этот процесс имеет шаровую симметрию. Поэтому пузыри в лаве тоже будут приближаться к шаровой форме, и при их заполнении, это отразится на форме халцедоновых, карбонатных и др. конкреций (рис. 3, А). Если же лава застывает уже в процессе стекания по склону вулкана, то пузыри в ней консервируются в каплевидной форме, потому что подчиняются векторной (конусной) симметрии потока (рис. 3, Б).

В определенной степени сходные формы наблюдаются в подушечных базальтах – пиллоу-лавах, застывших при скатывании их в водную среду. Здесь, как правило, фиксируются шарообразные или караваеобразные формы, образовавшиеся при спокойном их застывании на горизонтальном дне моря. Но вместе с тем отмечаются и каплевидные формы их отдельности, образованные, очевидно, при застывании их в движении, т. е. во время их течения по крутому склону под водой.

7. Нет ли здесь противоречия с позицией П. Кюри?

Если вчитаться в пункты черновых записей Пьера Кюри, опубликованные посмертно его женой М. Склодовской-Кюри и приведенные А.В. Шубниковым (1956, см. «Избранные труды», стр.141), то обнаружится, что вышеизложенное как будто бы противоположно формулировкам автора разбираемого принципа. Все три указанных пункта сводятся к одному – симметрия причины имплицитно заложена в симметрии следствия, т. е. что следствие обязательно будет иметь симметрию или равную, или превышающую симметрию причины. А по изложенному выше получается наоборот.

Однако, и то, и другое, действительно, две стороны одного и того же принципа, и кажущееся их различие – это, как уже отмечалось выше, различие физики и геологии в подходах к объектам исследования.

Типы же симметрий вещественных тел заметно более разнообразны, но по качественной своей характеристике подчас более ограничены. Например, процесс с симметрией цилиндра порождает тела с выделенной (как и у самого цилиндра) осью симметрии, но совсем не обязательно бесконечного порядка. Скажем, в кристаллах эта ось будет ограничена четырьмя возможными ее параметрами – двойной, тройной, четверной и шестерной, и только ими. Эти, конкретно-численные, оси имплицитно входят в понятие «ось симметрии бесконечного порядка», являясь ее составными частями (понимая под этим, конечно же, что число таких составных частей бесконечно).

Итак, процесс минералообразования имеет более высокую симметрию, чем образованные им кристаллические тела, но, очевидно, его симметрия обязательно должна включать в себя симметрию образованных кристаллов как свою составную

Пьер Кюри безусловно великий ученый, ученый-физик, исследовавший вместе с его братом Жаком пьезо- и пирозлектрические эффекты в кристаллах (Шаскольская, 1978) ⁷. Отсюда, кристаллография в его исследованиях имеет физическое направление – от заданных как данность минералов определенных сингоний (кварца, турмалина и др.), точнее от процессов, производимых над этими минералами (давление, нагревание, изгиб) к получающимся при этом явлениям, т. е. к физическим полям. Здесь воздействие на минерал есть причина, а поле есть производная этой причины, ее следствие. То есть, причина (кристаллы определенных типов) – это объект федоровских групп симметрии и, стало быть, имеет конечное число плоскостей и параметров осей. А следствия (создаваемые ими поля) подчиняются предельным группам симметрии с бесконечномерными осями и бесконечным числом плоскостей. Так что, соотношения симметрий вполне ясны и как-то оспаривать их бессмысленно.

Однако, геология – не физика, и направление исследования у нас совершенно другое. Отправной точкой у нас, как и у Кюри, являются вещественные образования – минералы и иные геологические проявления. Но дальше наши пути расходятся – нас интересует не что производят эти минералы, горные породы и т.д., а как они произошли. Еще раз: у Кюри кристаллы – причина, а поля – следствие. У нас наоборот, кристаллы, минералы и прочие вещественные геообъекты – следствие, а причина – это геопроцессы, близкие к полям по своим элементам симметрии. Разница в этом, и только в этом, а основной посыл, что причина и следствие тесно связаны сходством своих симметрий, остается неизменным. Причем, в общем случае связаны именно сходством – не аналогией, а гомологией, хотя в конкретике, возможно, не исключена и полная аналогия. В этом тоже геологические данные и позиция П.Кюри полностью совпадают.

8. Вопрос о цилиндрических каналах движущихся потоков

В сплошной каменной среде растворы движутся, очевидно, по каналам, создаваемым для них механическими нарушениями сплошности среды – по трещинам, разломам и т.д. Однако, существуют варианты, когда растворы сами создают себе каналы – или растворяя определенные породы (соли, известняки) или выделяя из себя собственные ограничения (гейзериты). В последнем случае фиксируется цилиндрическая форма каналов с очень четким круговым сечением (рис. 4).

Здесь, кажется, можно усмотреть противоречие принципу Кюри – сам поток имеет симметрию конуса, т.к. векторно направлен в одну сторону, а его ограничение совпадает с симметрией цилиндра, не имеющей вектора по своей оси. Да и в случае размывов горных пород направленными потоками их каналы хоть и не обязательно имеют четкую цилиндрическую форму (в силу различной крепости размываемых пород), но уж точно не подчиняются направленной симметрии конуса.

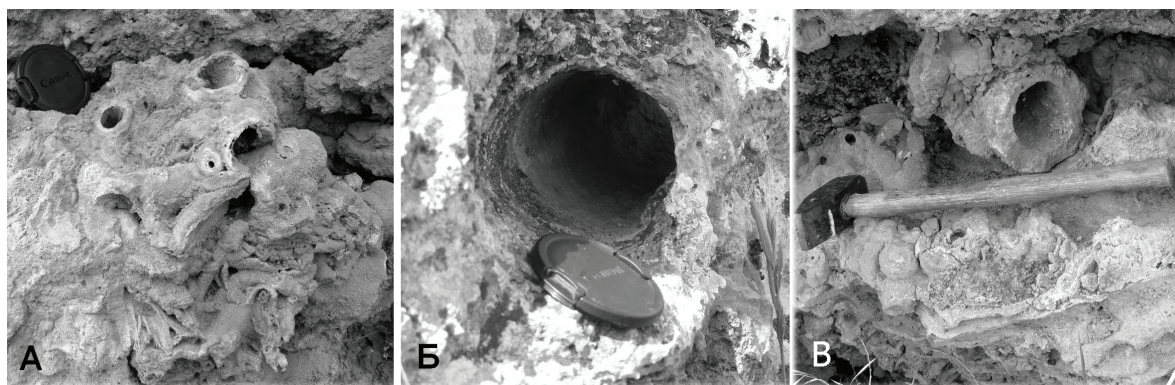


Рис. 4. Израиль, истоки р. Иордан. Цилиндрические каналы в гейзеритах. На снимках А и Б масштаб – крышка фотоаппарата Кеннон. Фото автора.

Fig. 4. Cylindrical channels in geyserites, Israel, sources of the river Jordan, author's photo. In photos A and Б scale – Canon camera cover.

⁷ Эти же сведения в несколько отрывочном виде можно найти и у А.В. Шубникова (1956), однако М.П. Шаскольская изложила их последовательно и более полно.

Простое житейское сознание подсказывает, что иначе быть и не может. Это, конечно так, но, все же, как быть с принципом Кюри – не опровергается ли он при этом? Оказывается нет, не опровергается, а, наоборот, прямо подтверждается в силу суперпозиции (наложения) двух симметрий – конусной (от потока) и шаровой, изотропной (от среды, окружающей поток). Сочетание симметрии шара с симметрией конуса и приводит именно к симметрии цилиндра – все по принципу Кюри: диссимметрии складываются, т.е. несовпадающие элементы симметрии шара и конуса взаимно погашаются. Действительно, симметрия конуса теряет свой вектор, ибо в шаровой симметрии таковых нет, а шаровая симметрия теряет все многочисленные бесконечномерные оси, кроме одной, совпадающей с таковой же у конуса. В результате и получается цилиндрическая симметрия.

9. Симметрия роста кристалла в направленном потоке

Ранее (Левин, 2018) эта ситуация была рассмотрена в плане соотношения морфологии кристалла (которая меняется под влиянием направленной симметрии потока), и кристаллической решетки, не зависящей от этого потока. Решался вопрос – как принцип Кюри может объяснить такое различие. Сделанные там выводы остаются в силе, но тут возникает еще один вопрос. Дело в том, что поток, как уже говорилось выше, относится к симметрии конуса, а у конуса нет поперечных плоскостей симметрии. Но вот у кристалла, закрепленного в соответствующем потоке, как известно, появляется плоскость симметрии, перпендикулярная течению. И опять получается вроде бы противоречие: поток имеет симметрию конуса, а кристалл растет согласно цилиндрической симметрии.

Противоречие снимается при принятии во внимание, что кристалл, обтекаемый раствором, подвергается бомбардировке наращивающими его частицами (молекулами, йонами) также и с обратной течению стороны, вследствие возникновения там завихрений – как бы определенных противотечений данного раствора. Отсюда, симметрия среды вокруг растущего кристалла, т.е., ближайшей его окрестности, соответствует симметрии не конуса, как в потоке без препятствий, а именно цилиндра. Можно напомнить, что симметрия цилиндра аппроксимируется тоже с потоком, но не однонаправленным, как у конуса, а колеблющимся взад-вперед, т.е. для этой симметрии требуется наличие противоположно направленных течений. И вот тут мы как раз имеем два встречных течения по противоположным торцам кристалла. Таким образом, кристаллообразующая среда и растущий кристалл вполне подчиняются принципу Кюри, составляя пару гомологичных симметрий.

10. Некоторые проблемные аспекты предельных точечных групп симметрии

По отношению к геопроцессам и, вообще, к природным макроявлениям система предельных точечных групп симметрии Кюри-Шубникова, видимо, нуждается в некотором расширении или конкретизации. Например, в том простом примере наложения двух симметрий, который приведен в начале статьи (см. рис. 1), расшифровка воздействий двух последовательных процессов достаточно очевидна, но вот с отнесением их к группам симметрий не так все просто. Осадкообразование происходит под воздействием гравитационного потенциала Земли, а значит, относится к группе шара. При этом возникает вопрос о взаимоотношении симметрии осадков (семиконтинуум 1-го рода) с шаровой симметрией процесса осадконакопления. По-видимому, предельная симметрия простого шара, должна включать в себя также и вариант вложенных друг в друга шаров, по типу того, как, например, предельная симметрия конуса, включает в себя разные конкретные пирамиды. Тогда с осадкообразованием все встанет на свои места: последовательные слои – это отдельные вырезанные части вложенных друг в друга шаров.

Аналогична ситуация и с зональным метаморфизмом. Аппроксимировать его симметрию можно фигурой из двух конусов, имеющих общую ось симметрии и сложенных друг с другом их основаниями, или даже наоборот – соединенных вершинами, т.е. с раструбами, направленными в разные стороны. Такие две фигуры полярны по направлению своих векторов (к центру или от центра), но в остальном симметричном плане полностью идентичны и совпадают с симметрией зонального метаморфизма. Они, так же как и последний, имеют центральную плоскость симметрии и две векторные разнонаправленные оси, лежащие на одну линию, перпендикулярную плоскости симметрии. Остается подчеркнуть, что два разнонаправленных вектора описанной двухконусной фигуры отра-

жают симметрично ориентированное изменение фаций метаморфизма. Таким образом, и здесь мы снова приходим к необходимости уточнения понятия предельных групп симметрий с целью привязки их к геологическим процессам и к их производным – реально наблюдаемым геологическим структурам.

Еще одно требующееся дополнение или уточнение просматривается при учете теории расширяющейся Вселенной – представлении, основанном на эффекте Доплера (красное смещение в спектрах разбегающихся галактик). Тут представляется существенным дополнить систему предельных точечных групп еще одной – шаром, у которого все радиусы являются векторами. Именно такая предельная группа может адекватно отобразить не только расширяющуюся Вселенную, но и любой изотропный объект, подвергающийся объемному расширению или сжатию, например, взрывающиеся или, наоборот, коллапсирующие звезды, а в области геологии – модель расширяющейся Земли. В самом деле, если есть предельные шаровые группы с радиусами двух типов – скаляры и тензоры (т.е. закрученные направления), то почему отсутствует группа шара с радиусами типа векторов? Получается не совсем логично, или, точнее, группа предельных симметрий выглядит неполной при отсутствии в ней векторного шара.

Перечисленные вещи – только предварительные наброски, это лишь указатели на необходимость серьезного и глубокого продумывания полной системы предельных групп симметрии. Но уже и сейчас принцип Кюри достаточно работоспособен и может применяться в геологических исследованиях, что видно из приведенных примеров и здесь, и в предыдущих статьях (Левин, 2018, 2021).

Заключение. Вся природа и принцип Кюри

Наконец, имеет смысл бегло обозреть общую ситуацию с проявлением принципа Кюри в геологии и не только в ней.

Есть основания считать, что принцип Кюри имеет фундаментальное значение вообще в природе, в образовании всех и всяких сущностей, что и предсказывали академик Шубников

и профессор Шафрановский, только и по сей час он недооценен наукой. Развитие его в области минералогии-кристаллографии практически прекратилось с уходом из жизни двух этих больших ученых, а на другие геологические уровни он и не выходил⁸. Тем не менее, уже сейчас можно указать определенные структуры, просто напрашивающиеся на привлечение принципа Кюри для выявления и обоснования процессов, их производящих.

Например, кольцевые структуры, очень широко распространенные на земле, в том числе и ярко проявленные в виде островных дуг – это, за исключением явных астроблем (метеоритных кратеров), очевидно, какие-то геологические образования по форме конуса, с его вершиной где-то в глубинах земли и круговым основанием на пересечении с ее поверхностью. Соответственно, процесс их образования, согласно принципу Кюри, тоже должен иметь симметрию конуса.

Далее, в природе в целом – буквально от минералов до галактик, широко распространены структуры спирального вида, и эти спиральные структуры определенно связаны с процессами, подчиняющимися соответствующим группам симметрий с вращательными осями. Например, это деревья, винтовая (спиральная) закрутка которых ярко



Рис. 5. Винтовая структура ствола дерева. Магаданская обл. Фото автора.

Fig. 5. Helical structure of a tree trunk. Magadan Oblast. Author's photo.

⁸ О симметрии в природе много примеров у И.И. Шафрановского (1968 и др.), но вне связи с принципом Кюри.

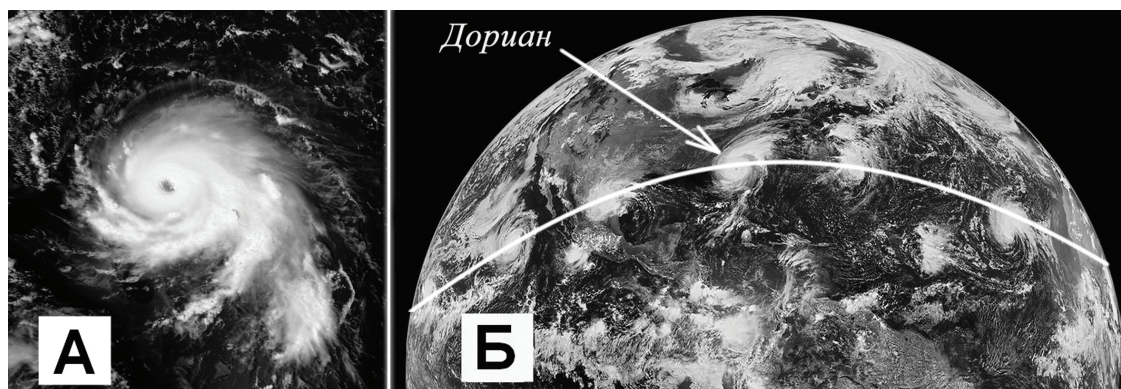


Рис. 6. Структура и связь циклонов.

А. Ураган (циклон) Дориан (2019 г.) – отчетливая спиральная структура. Снимок с Википедии, фото NASA (свободное использование). Б. Шесть циклонов составляющих единую цепь, свидетельствующую о связи со структурой земного шара. Снимок с сайта Satellite Captures Four Tropical Cyclones from Space (Sept. 5, 2019) с добавлением от автора линии дуги и указателя. Фото NOAA; NASA.

Fig. 6. Structure and bunch of cyclones.

A. Hurricane (cyclone) Dorian – clear-cut spiral structure. Photo from Wikipedia, photo NASA (free use). B. Six cyclones constituting a single chain evidencing connection with the terrestrial globe structure. Photo from website Satellite Captures Four Tropical Cyclones from Space (Sept. 5, 2019) with addition of an arc line and index by the author. Photo NOAA; NASA.

проявляется при сломе ствола (рис. 5), и вообще вполне хорошо видна по трещинам на сухостойных стволах, лишившихся коры.

В атмосфере – это смерчи и торнадо, циклоны и антициклоны (рис. 6), и еще облака спирального вида. В океанах – круговые течения, одним из результатов которых является, по-видимому, Саргассово море. В космосе – это известная форма галактик, а также наша солнечная система плюс к ней системы отдельных планет со спутниками, относящиеся к этому же вращательному типу, поскольку все вращения направлены в одну сторону.

В геологии спиральные моменты заметней всего на минеральном уровне в виде вращения плоскости поляризации в кристаллах, или как спиралевидные формы роста минералов (рис. 7). Также спиральную закрутку можно увидеть в порфиробластах граната (структура снежного кома) и на тектонических схемах, так называемых, вихревых структур.

Генезис всех этих структур и проявлений просто вызывает к проявлению через принцип Кюри.

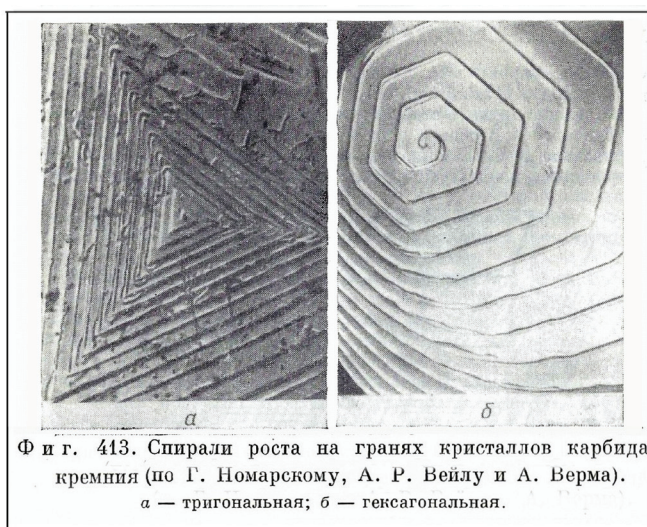


Рис. 7. Спиральный рост кристаллов. Рисунки из книги И. Костова (1965).

Fig. 7. Spiral growth of crystals/ Figures from I. Kostov's book (1965).

Литература

1. Костов И. Кристаллография. М. Мир. 1965. 528 с.
2. Кюри П. О симметрии в физических явлениях: симметрия электрического и магнитного полей // Избр. труды. М.-Л.: Наука. 1966. С. 95–113.
3. Левин Б.С. Приложения принципа Кюри в геологии // Зап. РМО. 2018. № 6. С. 136–144. DOI: 10.30695/zrmo/2018.1476.08.
4. Левин Б. Принцип Кюри – история становления и перспективы в геологии // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2021. № 18. С. 258–264. <https://doi.org/10.31241/FNS.2021.18.048>.
5. Шаскольская М.П. Очерки о свойствах кристаллов. М.: Наука. 1978. 192 с.
6. Шафрановский И.И. Лекции по кристалломорфологии. М.: Высшая школа. 1968. 174 с.
7. Шафрановский И.И. Симметрия в природе. Л.: Недра. 1985. 168 с.
8. Шафрановский И.И. Плотников Л.М. Симметрия в геологии. Л.: Недра. 1975. 144 с.
9. Шубников А.В. Симметрия (законы симметрии и их применение в науке, технике и прикладном искусстве). М.: Изд-во АН СССР. 1940. 176 с.
10. Шубников А.В. Пьезоэлектрические текстуры. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1946. 100 с.
11. Шубников А.В.* Может ли кристалл одновременно быть изотропным и анизотропным // Успехи физ. наук. 1951. № 44. Вып. 1. С. 3–6.
12. Шубников А.В.* О работах Пьера Кюри в области симметрии // Успехи физ. наук. 1956. № 59. С. 541–602.
13. Шубников А.В.*, Флинт Е.Е., Бокий Г.Б. Основы кристаллографии. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1940. 488 с.
14. Шубников А.В. Копчик В.А. Симметрия в науке и искусстве. 3-е изд., доп. М.: Институт компьютерных исследований. 2004. 567 с.

Примечание: публикации, отмеченные * повторены еще и в книге: Шубников А.В. Избранные труды по кристаллографии. М.: Наука. 1975. 548 с.