

ДИСКУССИИ, БИБЛИОГРАФИЯ, ОБЗОРЫ

DOI <https://doi.org/10.30695/zrmo/2019.1483.09>

© П. чл. Ю. Л. ВОЙТЕХОВСКИЙ

ЕЩЕ РАЗ О ПРИНЦИПЕ ДИССИМЕТРИИ П. КЮРИ

*Санкт-Петербургский горный университет,
199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, 2;
e-mail: voytekhovskiy_yul@pers.spmi.ru*

Статья посвящена рассмотрению новых интерпретаций принципа диссимметрии Кюри в книге В. П. Афанасьева (2018) и статье Б. С. Левина (2018). Показано, что корректное понимание категорий симметрии, диссимметрии и принципа Кюри в целом не нуждается в расчленении восприятия природы на логический и онтологический уровни. Обращено внимание на то, что принцип Кюри относится к суперпозициям однородных явлений. Суперпозиции разнородных явлений следует разделять на однородные части с помощью методов относительной или абсолютной геохронологии. Предложены направления дальнейших исследований принципа Кюри.

Ключевые слова: симметрия, диссимметрия Пастера, диссимметрия Кюри, принцип Кюри, предельные группы симметрии.

Yu. L. VOYTEKHOVSKY. ONCE AGAIN ABOUT THE CURIE DISSYMMETRY PRINCIPLE

Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russia

The article is devoted to the consideration of new interpretations of the Curie dissymmetry principle in the book by V. P. Afanasyev (2018) and the article by B. S. Levin (2018). It is shown that correct understanding of the symmetry and dissymmetry categories, and the Curie principle as a whole does not need the nature perception to be divided into the logical and ontological levels. It is noticed that Curie's principle relates to superpositions of homogeneous phenomena. Superpositions of heterogeneous phenomena should be preliminary divided into homogeneous parts using the methods of relative or absolute geochronology. Directions for further research on the Curie principle are suggested.

Key words: symmetry, Pasteur's dissymmetry, Curie's dissymmetry, Curie's principle, limit symmetry groups.

Введение. В конце 2018 г. вышли в свет две работы (Афанасьев, 2018; Левин, 2018), в разной мере затрагивающие принцип диссимметрии П. Кюри (Curie, 1894, 1908; Кюри, 1966). Далее мы называем его именно так, поскольку в формулировках самого П. Кюри акцент сделан на роли диссимметрии. Его теоретическое содержание (Шубников, 1946, 1951a, 1951b, 1956, 1961, 1966, 1972) и приложения к геологическим и биологическим системам разного уровня сложности (Шафрановский, 1954, 1956, 1957, 1959, 1964, 1966, 1968a, 1968b, 1971a, 1971b, 1972, 1974a, 1974b, 1975; Шафрановский и др., 1972; Шафрановский, Плотноков, 1975) — некогда популярная тема в отече-

ственной и зарубежной литературе (Sander, 1930, 1948, 1950; Paterson, Weiss, 1961; Turner, Weiss, 1963; Kirchmayer, 1965, 1966, 1968; Amstutz, 1966). В ее обсуждении имел место долгий перерыв. В относительно недавних статьях (Войтеховский, 2005; Войтеховский, Степенщиков, 2005; Voytekhovskiy, Stepenshchikov, 2004; Voytekhovskiy, 2005) принцип Кюри использован для объяснения искаженных кристаллов альмандинов Кольского п-ова. Тем более интересно появление сразу двух работ, одна из которых тяготеет к минералогии, другая — к геологии.

Заметим, что сам П. Кюри был не вполне доволен формулировкой принципа диссимметрии в основополагающей статье (Curie, 1894, 1908). Об этом свидетельствует М. Кюри (1924). А. В. Шубников (1956) отмечает: «Для работ П. Кюри по симметрии, как, впрочем, и для всех его работ, характерна чрезвычайная краткость их изложения. <...> Если указанная сжатость изложения несколько не затрудняет чтения большинства работ П. Кюри, этого нельзя сказать об его исследованиях по симметрии. Возможно, что именно это обстоятельство было причиной того, что они не были достаточно поняты и оценены физиками» (с. 591). И далее: «Идеи П. Кюри в области учения о симметрии нельзя считать до конца оформленными. Это сделают будущие поколения» (с. 602). И. И. Шафрановский (1964, 1966) обратился к изучению русского перевода статей П. Кюри с целью возможного «уточнения универсального принципа симметрии» и подтвердил, что трудности понимания связаны не с якобы недостаточной точностью перевода.

Все это, очевидно, создает предпосылки дискуссии. Чтобы не добавлять к ней лишних поводов, подчеркнем, что далее «диссимметрия» понимается именно по П. Кюри, а не по Л. Пастеру (Pasteur, 1853, 1861; Пастер, 1937, 1960), определившему ее (в современной терминологии) как отсутствие у конечных фигур элементов симметрии 2-го рода или, в другой формулировке, как наличие у конечных фигур лишь поворотных осей. Теоретическое обсуждение пастеровского понимания «диссимметрии» тоже не закончено. А его приложения к природным объектам и средам не исчерпываются констатацией преобладающей правизны или левизны у биологических объектов и их паритета в мире минералов, но простираются до анализа структуры вакуума (Шубников, 1961).

О терминологии добавим следующее. «В широких научных кругах диссимметрию — идет ли речь о диссимметрии Л. Пастера или о диссимметрии П. Кюри — часто смешивают с асимметрией, т. е. полным отсутствием симметрии. Асимметрия, очевидно, является лишь частным случаем диссимметрии (за исключением тривиального случая, когда фигура изначально асимметрична и не может быть более диссимметризована. — Ю. В.). Диссимметрию смешивают иногда и с антисимметрией — противоположной симметрией, описываемой специальными группами четырехмерной симметрии» (Шубников, 1956, с. 598).

Наконец, 20 декабря 2018 г. в заседании Санкт-Петербургского отделения РМО, посвященном 50-летию выхода в свет книги И. И. Шафрановского «Симметрия в природе», состоялся доклад Б. С. Левина «Приложения принципа Кюри в геологии». В ходе последовавшей дискуссии выяснилось, что имеет хождение термин «диссимметрия», то есть «двойная симметрия». Насколько нам известно, он никем не определялся по существу, не имеет отношения к билатеральной симметрии (m) или любой другой точечной группе симметрии порядка 2 и должен быть устранен из употребления как недоразумение, вносящее путаницу.

Принцип Кюри в работах А. В. Шубникова. П. Кюри сформулировал несколько согласованных положений, выражающих принцип диссимметрии в совокупности. Все они рассмотрены А. В. Шубниковым (1956). *«Характеристическая для того или иного явления симметрия есть максимальная симметрия среды, совместимая с существованием явления. Явление может существовать в среде, которая обладает либо характеристической симметрией, либо одной из ее подгрупп. Иначе говоря, некоторые элементы симметрии среды могут сосуществовать с явлением, но они не являются обязательными. Обязательным является лишь отсутствие некоторых элементов симметрии. Это она — диссимметрия — творит явления»* (с. 596).

А. В. Шубников поясняет это положение эффектным — в прямом и переносном смыслах — примером. Пирозффект возможен лишь в средах с характеристической симметрией *от* или одной из ее собственных подгрупп: $1, 2, 3, \dots; m, 2m, 3m \dots$. Общее свойство таких сред — отсутствие элементов симметрии, неизбежно устранивших бы пирозффект. Это центр симметрии (инверсии), поперечная к имеющейся оси плоскость симметрии, бесконечное множество косых и поперечных к имеющейся оси простых и зеркальных (или инверсионных, что не то же самое, но в данном контексте адекватно) осей симметрии. Совокупность всех потенциально возможных, но отсутствующих в среде элементов симметрии и есть ее диссимметрия, «творящая явление», в данном случае — пирозффект.

Казалось бы, пример исчерпывает формулировку. Но встречаются разные употребления слов «объект, поле, явление». А. В. Шубников их различает: *«Свойством симметрии могут обладать не только кристаллы и другие вещественные объекты, но и физические поля, а также и физические явления»* (с. 596). Терминологическая путаница возникает уже из-за того, что, следуя этимологии, можно считать объектами (т. е. объективно существующими) физические поля и явления (свойства, эффекты), а явлениями (т. е. тем, что явление наблюдателю) — (видимые) объекты и (измеримые) физические поля. Нестрогое разделение понятий, их понимание из контекста — причина разночтений, порождающих дискуссии.

«Когда несколько различных явлений природы накладываются друг на друга, образуя одну систему, диссимметрии их складываются. В результате остаются лишь те элементы симметрии, которые являются общими для каждого явления, взятого отдельно» (с. 598). Это положение известно как принцип суперпозиции симметрий. Оно «является далеко не тривиальным распространением на физические явления тривиальной для геометрических фигур истины, заключающейся в том, что при соединении двух (или многих) не равных друг другу симметричных составляющих фигур в одну составную, в последней остаются лишь те элементы симметрии, которые являются общими для всех составляющих фигур при заданном способе их размещения в пространстве» (там же).

«В научных кругах большей известностью, нежели только что рассмотренный принцип суперпозиции симметрий, пользуются (без должного их понимания) три принципа симметрии П. Кюри, коими устанавливается связь между симметрией причины и следствия. Эту известность они получили, как нам кажется, благодаря тому, что в опубликованных М. Кюри воспоминаниях о муже они выделены курсивом и занумерованы как наиболее важные. Сам П. Кюри <...> курсивом их не выделяет и не нумерует. Вот эти принципы:

1. Когда определенные причины порождают известные следствия, элементы симметрии причины должны содержаться в порожденных следствиях.

2. Когда известные следствия обнаруживают известную диссимметрию, эта последняя должна содержаться и в причинах, породивших эти следствия.

3. Положения, обратные двум предыдущим, неправильны, по крайней мере, на практике, т. е. следствия могут быть симметричнее вызывающих их причин.

Трудность понимания этих принципов заключается в неясности, что в конкретных случаях следует понимать под „причиной“ и „следствием“ и что следует разуметь под их „симметрией“ и „диссимметрией“» (с. 599—600).

На наш взгляд, трудность понимания п. 1—3 этим не исчерпывается. Так, заключительная часть п. 3 явно следует из п. 1. При этом следствия будут симметричнее причин тогда и только тогда, когда элементы симметрии причин образуют собственную подгруппу в группе, образованной элементами симметрии следствий. Остается неясной оговорка «по крайней мере, на практике». Как будто на практике возможна ситуация, не предусмотренная корректной теорией. Далее, п. 2 логически не зависит от п. 1. Но вот вопрос: образуют ли в совокупности элементы симметрии и элементы диссимметрии (сами группу не образующие) причин ту же предельную группу симметрии Кюри (и всегда ли группу ∞/∞ покоящейся сферы?), что и элементы симметрии и элементы диссимметрии следствий? Вопрос требует специального рассмотрения путем перебора вариантов с учетом иерархии (схемы вложения) семи предельных групп симметрии Кюри.

Как бы то ни было, А. В. Шубников делает вывод, что «при применении принципов П. Кюри можно и должно за симметрию свойств и явлений принимать симметрию тех величин $\langle \dots \rangle$ или тех фигур, коими они $\langle \dots \rangle$ описываются» (с. 600—601), а «все три принципа П. Кюри, связывающие симметрию причины и симметрию следствия, в конечном счете, могут быть действительно сведены к им же сформулированному принципу суперпозиции симметрий» (с. 602).

Принцип Кюри в книге В. П. Афанасьева. В книге В. П. Афанасьева (2018) изложена натурфилософская позиция, в основе которой — логический и онтологический подходы к познанию природы, дополняющие друг друга. «Вслед за Лейбницем я разделил понимание симметрии на онтологический и логический уровни, что позволило дать ясную формулировку симметрии» (с. 7). Рассмотрение всей работы увело бы нас в сторону. Далее нас будет интересовать специальная глава «Принцип симметрии Кюри». Но прежде укажем на россыпь предварающих ее несообразностей.

«Выяснилось, что отсутствует единое внятное определение симметрии, а как без него обсуждать симметрию?» (с. 7). «На мой взгляд, неудачи в попытках дать общее определение симметрии обусловлены невозможностью этой общей формулировки» (с. 60). Но чем плохо следующее определение: «Две фигуры называются взаимно равными, если для каждой точки одной фигуры имеется соответственная точка другой фигуры, причем расстояние между любыми двумя точками одной фигуры равно расстоянию между двумя соответственными точками другой. Формулировка принадлежит немецкому геометру А. Ф. Мёбиусу (1790—1868)» (Попов, Шафрановский, 1964). Сегодня то же выражается короче: симметрия — отображение фигуры в себя или другую фигуру, сохраняющее метрику. Это определение лаконично и достаточно для построения геометрической кристаллографии. Что касается «единности», то многие математические понятия определяются разными, но эквивалентными способами.

«Интерпретаторы принципа симметрии свели вместе понятие диссимметрии в смысле Пастера и в смысле Кюри, что, на мой взгляд, недопустимо, поскольку под одним термином у них понимаются совершенно разные вещи» (с. 7). Что действительно недопустимо, так это не читать по рассматриваемой проблеме А. В. Шубникова, который обсудил понятие диссимметрии в обоих смыслах. Невероятно, но в завершающем книгу списке литературы нет ни одной его работы. И. И. Шафрановский тоже никогда не путал диссимметрию по Пастеру и по Кюри. Тогда против каких интерпретаторов направлена критика?

«Возникает <...> необходимость метрики. <...> Метрика — порождение человеческого сознания, имеет универсальный характер, ею человек измеряет и объекты, и среду (пространство), определяет иные характеристики объектов и среды. Через систему мер человек характеризует мир» (с. 10). *«Пространство — от-до, ближе-дальше, мера расстояния, точка отсчета»* (с. 16). Очевидно, автор не различает строго определяемые в математике категории метрики (расстояния) и меры, основополагающие в суждениях о пространстве. Множество с метрикой есть метрическое пространство, множество с мерой — пространство измеримое. Метрики могут задаваться через меры, но могут и без них. На всяком множестве можно задать метрику — в этом можно видеть ее универсальность как базовой структуры мышления о протяженности пространства. Но на одном множестве можно задать различные метрики — в этом их относительность, функциональность.

«Геометрия выросла из практических потребностей человека, из необходимости измерения объектов, измерений на местности. Но, постепенно абстрагировавшись <...>, геометрия получила самостоятельную жизнь. В результате от созерцания тех или иных выделенных объектов можно легко перейти к абстрактным образам евклидовой геометрии, в том числе связанным с бесконечностью. То же математика в целом» (с. 12). Автор очень поверхностно представляет историю геометрии и математики в целом. Осмысление бесконечности (потенциальной, а тем более актуальной) происходило весьма трудно и долго. Создание Г. Кантором теории бесконечных множеств пошатнуло фундамент математики. А применительно к нашей теме, так ли легко было П. Кюри перечислить предельные группы симметрии, характеризующие все (но все ли?) известные состояния физического пространства?

«Зеркальная симметрия представляет собой закономерность, охватывающую обе энантиоморфные модификации, и вне этих модификаций и их взаимоотношений не существует» (с. 31). Никким образом! Зеркальная симметрия подразумевает энантиоморфные разновидности фигур, имеющих лишь элементы симметрии 1-го рода. Но она существует и для фигур, имеющих хотя бы одну плоскость в своей точечной группе симметрии.

«В онтологическом подходе симметрия рассматривается как сохранение реального объекта при трансляции во времени. <...> Причем это не обязательно чисто геометрическая симметрия» (с. 60). Заметим, что до сих пор речь шла именно о геометрической симметрии в ее классическом варианте (без привлечения криволинейной симметрии, топологических инвариантов и т. д.). И если объект не имеет других признаков симметрии кроме сохранения во времени, то его следует считать скорее асимметричным. Что мы приобретем, если «в онтологическом подходе» признаем симметричным примитивный триклинный минерал лишь потому, что он стабилен в конечном поле $P-T-X$ параметров?

«А. В. Гадолин в 1867 г. вывел 32 точечные группы симметрии, в которых винтовые оси фигурируют в качестве полноправного элемента симметрии» (с. 72). Но всякая винтовая ось содержит трансляцию, не оставляющую на месте ни одной точки пространства и потому невозможную в точечной группе симметрии конечной фигуры. На самом деле А. В. Гадолин использовал в своем выводе и фактически ввел в кристаллографию инверсионные оси симметрии (позднее в изложении предмета на первый план вышли зеркально-поворотные оси, сегодня — снова инверсионные), хотя и не дал им этого названия. Путать винтовые и инверсионные оси симметрии недопустимо даже в научно-популярном (тем более в научно-популярном) издании.

В наиболее интересной нам главе «Принцип симметрии Кюри» мы остановимся лишь на самых важных моментах. «*„Симметрия порождающей среды как бы накладывается на симметрию тела, образующегося в этой среде. Получившаяся в результате форма тела сохраняет только те элементы собственной симметрии, которые совпадают с наложенными на него элементами симметрии среды“* (Шафрановский, 1985). С этим положением нельзя не согласиться, но лишь отчасти, так как игнорируется активная роль объекта» (с. 68—69). С этим нельзя согласиться, так как И. И. Шафрановский вовсе не игнорирует «активную роль объекта». Фраза «элементы собственной симметрии» указывает именно на (физически обоснованную) претензию объекта обладать собственной симметрией. «В разных местах статьи (имеется в виду статья П. Кюри — Ю. В.) проводится мысль, что диссимметрия — это отсутствие элементов симметрии» (с. 70). Отнюдь! П. Кюри говорит об отсутствии в среде лишь тех элементов симметрии, которые помешали бы состояться явлению. При этом в среде сохраняются те элементы симметрии, в совокупности образующие подгруппу группы его характеристической симметрии, которые явлению не мешают. Лишь в предельном случае эта подгруппа тривиальна, то есть элементы симметрии отсутствуют.

«И не понятно, каким образом отсутствие элементов симметрии у объекта или процесса является причиной некоторого явления» (там же). Вновь обратимся к этимологии. Явление — не умозрительная идея, а то, что явлено «в онтологическом подходе», то есть реально. Здесь уместно вспомнить учение Д. П. Григорьева об онтогении (т. е. индивидуальном развитии) минералов. Оно целиком посвящено явлениям, то есть несовершенствам, по которым только и возможны реконструкции «биографий» минеральных индивидов. Именно в этом смысле реальные объекты и процессы, характеризуемые в категориях симметрии, становятся для нас явлениями лишь тогда, когда в них отсутствуют некоторые (допустимые в идеале) элементы симметрии. «В онтологическом подходе» идеал явлен быть не может.

«Количественно описать геометрическую симметрию через элементы симметрии невозможно, она или есть, или ее нет» (с. 74—75). Очень даже возможно! Для этого служат порядки групп автоморфизмов, позволяющие говорить о меньшей или большей геометрической симметрии в числовом выражении.

«Касаясь исчезнувших элементов симметрии, И. И. Шафрановский вслед за П. Кюри называет их „диссимметрией“ $\langle \dots \rangle$, „которая создает явление“, т. е. диссимметрия по определению динамична, тогда как симметрия статична, и необходимо понять суть диссимметрии и ее взаимоотношение с симметрией» (с. 68—69). «Диссимметрия присуща не отдельно взятым объекту и среде, она помещена между ними $\langle \dots \rangle$, и только в таком понимании

диссимметрия может творить явление» (с. 75). Именно в этом — признании динамического характера диссимметрии и локализации ее между объектом и средой — заключаются главные тезисы В. П. Афанасьева.

Хотя мы приблизились к концу обсуждения, приходится возвращаться к началам. Диссимметрия по Кюри — это всегда множество отсутствующих элементов симметрии. Вместе с присутствующими элементами симметрии (формально образующими группу) они образуют одну из семи (с учетом энантиоморфизма — десяти) предельных групп симметрии Кюри, характеризующих среды (физические пространства). В этой взаимной дополнительности и состоит взаимоотношение симметрии с диссимметрией. Ничего более! Симметрия и диссимметрия должны иметь один статус, чтобы их можно было объединять или противопоставлять. Динамичность последней может быть понята как геометрическая (впрочем, в той же мере как алгебраическая, теоретико-групповая) характеристика, но не как причина физического действия (импульса, силы).

В. П. Афанасьев прав в том, что о диссимметрии мы говорим лишь тогда, когда есть оппозиция двух сущностей, которые П. Кюри и А. В. Шубников называют причиной и следствием. Это может быть явление (пьезоэффект) в среде (кристалле турмалина) или физический объект (растущий / растворяющийся кристалл) в среде (потоке раствора). Но заметим, что лишь во втором случае есть пространственный зазор (он же контакт) двух сущностей, куда мы могли бы поместить диссимметрию, понятую как их физическое взаимодействие. В первом случае этот зазор имеет метафорический смысл. В итоге предлагаемая интерпретация диссимметрии не вписывается в ее классическое геометрическое понимание и ничего не добавляет к физическому взаимодействию в его онтологическом рассмотрении.

Принцип Кюри в статье Б. С. Левина. Б. С. Левин (2018) рассматривает не только принцип Кюри, но и принцип Шубникова—Шафрановского, понимая под таковым *«возможности сосуществования в системе разносимметричных признаков»* (с. 136). Но в такой формулировке принципа еще нет, недостает хотя бы вербальной формулы, связывающей две части суждения каким-либо логическим квантором. Далее два принципа объединены им в принцип Кюри—Шубникова—Шафрановского: *«Симметрия процесса, влияющего на какие-то отдельные признаки (свойства, качества) системы, отражается в симметричной характеристике этих признаков, формируя их по своему образу и подобию. Для нескольких процессов: при разной симметрии процессов, влияющих на одну систему, каждый из них может формировать по своей симметрии какую-то часть (признаки) всей системы. В силу различия симметрий отдельных признаков общая симметрия всей системы при этом понижается (диссимметрии складываются)»* (с. 143).

В объединенном принципе выделяются прямой и обратный аспекты. *«Прямой аспект: признаки системы, различающиеся симметриями, сформированы разными процессами с аналогичными симметричными характеристиками. Он напрямую приложим к разным геологическим ситуациям. Обратный аспект не столь однозначен: признаки системы с одинаковыми симметриями, вероятнее всего, созданы единым процессом со сходной симметричной характеристикой»* (с. 136). Употребление слов «по своему образу и подобию», «аналогичными», «сходной» — шаг назад по сравнению с классической формулировкой принципа Кюри, в которой отношения (а именно — вложения друг в друга) элементов симметрии (и элементов диссимметрии) причины и следствия указаны строго.

Приведенные формулировки в значительной мере базируются на модельном примере. «Соберем модель грани- и объемоцентрированной кубической решетки. В углах кубических ячеек закрепим железные шарики, в центрах граней — пластмассовые, в центрах ячеек — резиновые. Подвергнем модель действию трех разнонаправленных потоков, совпадающих, для простоты, с осями декартовой системы координат. Пусть по оси абсцисс пройдет подкисленный водный поток. Железные шарики покроются ржавчиной, остальные не отреагируют. Ржавчина в силу ее контролируемости потоком с симметрией конуса превратит шарики в эллипсоиды. Симметрия «железной» части системы понизится от кубической до тетрагональной с одной осью. Затем по оси ординат пустим поток горячего воздуха. Железным и резиновым шарикам ничего не будет, а пластмассовые оплавятся и впишутся в симметрию потока, понизив свою собственную симметрию до тетрагональной с осью, перпендикулярной «железной» оси. Наконец, организуем вдоль оси аппликат поток воздуха, насыщенного песком и пылью. На него отреагируют только резиновые узлы решетки, поглощающие твердые частицы торцевой стороной, тогда как пластмассовые и железные останутся неизменными. Получим еще одну тетрагональную систему, перпендикулярную двум предыдущим. В итоге общая симметрия всей модели понизится от кубической до асимметричной (примитивной) — три разнонаправленные тетрагональные подсистемы модели аннулируют друг друга.

Теперь обратим ситуацию: исследователь обнаруживает описанную систему в конечном состоянии. Ее симметрия — примитивная. Как таковая она ничего не говорит ему о своей истории. Но если проанализировать раздельно три составные части системы, выявив для каждой симметрию, то можно прийти к выводу о трех одновременных формообразующих потоках. Именно к такой догадке и может подтолкнуть исследователя принцип Кюри <...>, устанавливающий связь между симметриями причины и следствия, иначе говоря, между симметриями процессов (воздействующих потоков) и их материальных производных (изменений в узлах решетки)» (с. 136—137).

«Модель подсказывает более глубокий подход к принципу Кюри — вычленение разных свойств объекта. Таким образом, полезная суть принципа Кюри заключена не столько в его общей формулировке, сколько в указанных деталях, ранее не привлекавших к себе внимание» (с. 137). «Принцип Кюри следует дополнить положением о возможном наличии в системе признаков с различными симметриями» (с. 138).

Нам представляется, что автор модели запутал сам себя. Применительно к принципу Кюри важно знать, однородны ли последовательные воздействия на систему. В модели они разнородны — и с точки зрения разумного наблюдателя нет нужды искусственно создавать их суперпозицию ради последующего разложения на очевидные составные части. Да и сам автор замечает: «В не очень сложных геологических ситуациях геологи всегда видели изменения, последовательно накладывающиеся друг на друга» (с. 138). Иначе говоря, в модели явно различимы три самостоятельные ситуации, каждая из которых интерпретируема согласно принципу Кюри. Суть дела гораздо интереснее при наложении однородных, «прозрачных» друг для друга воздействий. Именно тогда система достигает компромисса, отвечающего пересечению групп симметрий, характеризующих каждое из воздействий.

Поясним сказанное, усложнив модель Б. С. Левина. Пусть каждый из потоков обладает дополнительным свойством — назовем его «цветом» — равно сообщаемым железным, пластмассовым и резиновым шарикам. Если потоки ортогональны трем базовым плоскостям кубической решетки, то к прежнему результату (трем тетрагональным подсистемам) добавится «цветная» с симметрией $3m$. Должен ли наблюдатель теперь решить, что на систему повлияли четыре процесса? Очевидно, такой вывод был бы ошибочным. Пример показывает, что восстановление причин по следствиям при суперпозиции коррелированных (частично однородных) воздействий — нетривиальная задача. Но и здесь стоит подчеркнуть, что геологические процессы всегда некоммутативны (неперестановочны). Именно на этом основано чтение геологической летописи. Начиная с Н. Стенона, геология во всех разделах разработала для этого немалый арсенал методов, вначале — относительной, затем — абсолютной геохронологии.

Заключение. Отдадим должное В. П. Афанасьеву и Б. С. Левину — они пытались переосмыслить, уточнить, расширить и сделать более понятным принцип Кюри. По нашему мнению, на этот раз он устоял. Как теоретическую концепцию с высокой степенью абстракции и широким охватом явлений, его можно рассматривать изолированно, но применять на практике следует в совокупности с другими подходами. И все же, что кроется за словами А. В. Шубникова (1956, с. 602): «Идеи П. Кюри в области учения о симметрии нельзя считать до конца оформленными. Это сделают будущие поколения»?

Одно из направлений исследований сформулировано выше. Образуют ли в совокупности элементы симметрии и элементы диссимметрии причин ту же предельную группу симметрии Кюри (и всегда ли группу $\infty/\infty m$ покоящейся сферы?), что и элементы симметрии и элементы диссимметрии следствий? Перебор вариантов с учетом иерархии предельных групп симметрии Кюри и поиск их природных прототипов — возможный способ решения.

По ходу изложения был задан вопрос: все ли состояния физического пространства предусмотрел П. Кюри в перечне предельных групп симметрии? Простейшей из них, вкладываемой во все другие, является группа ∞ вращающегося конуса. Но она не обладает той степенью примитивности, какой обладает подгруппа I любой алгебраической группы. Вспомним о живом веществе, как его представлял В. И. Вернадский (1987). Его суть — непрерывное изменение в каждой точке, согласованное в неоднородной системе живого организма более сложно, чем для однородных физических полей. Как среда, оно не характеризуется ни одной из предельных групп симметрии Кюри. По-видимому, только живое вещество, не допускающее самосовмещения даже в мгновенном мысленном акте, может отвечать примитивной группе I . Это вполне подтверждается крайней искаженностью биоминеральных индивидов и агрегатов. При этом, не обладая осью ∞ , примитивная группа I не является в строгом смысле предельной группой Кюри.

Принцип Кюри сформулирован в рамках классической симметрии. Возможны ли его расширения за счет групп гомологии (Михеев, 1961), антисимметрии (Шубников, 1951а, 1951б, 1966; Копчик, 1966), цветной (Белов, Тархова, 1956; Дубов и др., 1985), криволинейной симметрии (Наливкин, 1925, 1951; Падуров, 1926; Дубов, 1971) и еще более общих преобразований, сохраняющих топологические инварианты? На этом пути, следуя логике П. Кюри, нужно всякий раз определять смысл перехода к предельным группам и находить их полный перечень, оставаясь в рамках реальности.

Список литературы

- Афанасьев В. П.* Человек и природа. Новосибирск: Изд-во СО РАН, **2018**. 93 с.
- Белов Н. В., Тархова Т. Н.* Группы цветной симметрии // Кристаллография. **1956**. Т. 1. № 1. С. 4—17.
- Вернадский В. И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, **1987**. 340 с.
- Войтеховский Ю. Л.* Принцип Кюри и гранаты г. Макзапахк // Доклады РАН. **2005**. Т. 400. № 3. С. 355—358.
- Войтеховский Ю. Л., Степеничиков Д. Г.* Реальные ромбододекаэдры: теория и приложения к гранатам г. Макзапахк, Зап. Кейвы, Кольский полуостров // ЗРМО. **2005**. № 1. С. 97—103.
- Дубов П. Л.* Криволинейная симметрия. Автореф. дис. ... к. г.-м. н. Л.: Изд-во ЛГИ, **1971**. 11 с.
- Дубов П. Л., Франк-Каменецкий В. А., Шафрановский И. И.* Обобщенная симметрия. Л.: Изд-во ЛГУ, **1985**. 76 с.
- Копчик В. А.* Шубниковские группы. М.: Изд-во МГУ, **1966**. 723 с.
- Кюри М.* Пьер Кюри. Л.: Научн. хим.-тех. изд-во, **1924**. 78 с.
- Кюри П.* О симметрии в физических явлениях: симметрия электрического и магнитного полей // Избр. труды. М.-Л.: Наука, **1966**. С. 95—113.
- Левин Б. С.* Приложения принципа Кюри в геологии // ЗРМО. **2018**. № 6. С. 136—144.
- Михеев В. И.* Гомология кристаллов. Л.: Гостоптехиздат, **1961**. 208 с.
- Наливкин Д. В.* Элементы симметрии органического мира // Изв. Биол. НИИ при Пермском ун-те. **1925**. Т. 3. Вып. 8. С. 291—297.
- Наливкин Д. В.* Криволинейная симметрия // Кристаллография. Тр. Фёдоровской научной сессии 1949 г. М.: Metallurgizdat, **1951**. С. 15—23.
- Падунов Н. Н.* О криволинейной симметрии // ЗРМО. **1926**. № 2. С. 314—334.
- Пастер Л.* Исследования о брожениях. М.-Л.: Сельхозгиз, **1937**. 488 с.
- Пастер Л.* Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, **1960**. Т. 1. 1012 с. Т. 2. 836 с.
- Попов Г. М., Шафрановский И. И.* Кристаллография. М.: Высшая школа, 1964. 370 с.
- Шафрановский И. И.* Внешняя симметрия реальных кристаллов и симметрия питающей среды // ЗВМО. **1954**. № 3. С. 198—211.
- Шафрановский И. И.* Группы симметрии в структурной петрологии // ЗВМО. **1956**. № 4. С. 491—497.
- Шафрановский И. И.* Пьер Кюри — кристаллограф // Тр. ИИЕТ АН СССР. **1957**. Т. 19. С. 84—94.
- Шафрановский И. И.* Ложные формы кристаллов и их минерагенетическое значение // ЗВМО. **1959**. № 1. С. 13—20.
- Шафрановский И. И.* К вопросу об уточнении универсального принципа симметрии Кюри // ЗВМО. **1964**. № 4. С. 460—463.
- Шафрановский И. И.* Несколько слов по поводу русского перевода трудов П. Кюри // ЗВМО. **1966**. № 6. С. 758—760.
- Шафрановский И. И.* Лекции по кристалломорфологии. М.: Высшая школа, **1968a**. 174 с.
- Шафрановский И. И.* Симметрия в природе. Л.: Недра, **1968b**. 184 с.
- Шафрановский И. И.* Моделирование внешней диссимметрии кристаллической формы // Кристаллография. **1971a**. № 6. С. 1097—1100.
- Шафрановский И. И.* Принцип Кюри и динамическая симметрия // Симметрия в природе Тез. докл. совещ. 25—29 мая 1971 г. Л.: Обл. правл. науч.-тех. горн. об-ва, **1971b**. С. 7—11.
- Шафрановский И. И.* Кристаллические формы как индикаторы особенностей минерало-образующей среды // Типоморфизм минералов и его практическое значение. М.: Недра, **1972**. С. 64—67.
- Шафрановский И. И.* Динамическая симметрия в кристаллографии, минералогии, петрографии в органическом мире // Зап. ЛГИ. **1974a**. Т. 67. № 2. С. 174—184.
- Шафрановский И. И.* Универсальный принцип симметрии-диссимметрии в минералогической кристаллографии // Минералогенезис. Изв. Геол. ин-та. Сер. геохим., минерал. и петрогр. Т. 23. София, **1974b**. С. 63—68.
- Шафрановский И. И.* Форма минералов — индикатор симметрии внешней среды // Тр. ИГ Кар. ФАН СССР. Вып. 27. **1975**. С. 4—9.
- Шафрановский И. И., Корень Р. В., Глазов А. И.* Определение ориентировки природного кристалла относительно элементов симметрии питающей среды // ЗВМО. **1972**. № 3. С. 372—374.
- Шафрановский И. И., Плотников Л. М.* Симметрия в геологии. Л.: Недра, **1975**. 144 с.
- Шубников А. В.* Диссимметрия // Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. М.; Л.: Изд-во АН СССР, **1946**. С. 128—163.

Шубников А. В. Симметрия и антисимметрия конечных фигур. М.: Изд-во АН СССР, **1951a**. 172 с.

Шубников А. В. Перспективы развития учения о симметрии // Тр. Фёдоровской научной сессии 1949 г. М.: Metallurgizdat, **1951b**. С. 33—47.

Шубников А. В. О работах Пьера Кюри в области симметрии // УФН. **1956**. Т. 59. Вып. 4. С. 591—602.

Шубников А. В. Проблема диссимметрии материальных объектов. М.: Изд-во АН СССР, **1961**. 56 с.

Шубников А. В. Антисимметрия. Докл. на 7-ой Генеральной ассамблее Международного союза кристаллографов. М.: Наука, **1966**. 28 с.

Шубников А. В. У истоков кристаллографии. М.: Наука, **1972**. 52 с.

References

Afanasiev V. P. Human and nature. Novosibirsk: SB RAS, **2018**. 93 p. (*in Russian*).

Amstutz G. C. La symétrie comme critère génétique en géochimie et en gîtologie. *Schweiz. mineral. und petrogr. Mitt.* **1966**. Bd 46. N 2. S. 329—335.

Belov N. V., Tarkhova T. N. Color symmetry groups. *Crystallography*. **1956**. Vol. 1. N 1. P. 4—17 (*in Russian*).

Curie M. Pierre Curie. Leningrad: Sci. Chem.-Tech. Press, **1924**. 78 p. (*in Russian*)

Curie P. Sur la symétrie dans les phénomènes physiques, symétrie d'un champ électrique et d'un champ magnétique. *J. de Physique*. **1894**. Vol. 3. N 3. P. 393—416.

Curie P. Sur la symétrie dans les phénomènes physiques, symétrie d'un champ électrique et d'un champ magnétique. *Oeuvres de P. Curie*. Paris. **1908**. P. 118—141.

Curie P. On symmetry in physical phenomena: symmetry of electric and magnetic fields. In: *Selected works*. Moscow; Leningrad: Nauka, **1966**. P. 95—113 (*in Russian*).

Dubov P. L. Curvilinear symmetry. PhD Diss. Syn. Leningrad: Mining Institute, **1971**. 11 p. (*in Russian*).

Dubov P. L., Frank-Kamenetsky V. A., Shafranovsky I. I. Generalized symmetry: study guide. Leningrad: Mining Institute, **1985**. 76 p. (*in Russian*).

Kirchmayer M. Das Symmetrie-Konzept von Curie 1884 in der Makrogefügekunde. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* **1965**. Bd 122. N 3. S. 343—350.

Kirchmayer M. Die Beschreibung tektonischer Stockwerke mit Hilfe des Symmetrie-Konzept. *Geol. Föreningens i Stockholm Förhandlingar*. Stockholm, **1966**. Bd. 88. S. 75—89.

Kirchmayer M. Beispiele zum Curie'schen Symmetrie-Konzept, entnommen aus der Kluft und Schlechtentektonik des Ruhrgebietes und aus der Sedimentologie. Sonderdruck aus den Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft Essen. H. 6. Essen: Schreyer & Co, **1968**. 15 S.

Koptsik V. A. Shubnikov's groups. Moscow: Moscow State University, **1966**. 723 p. (*in Russian*).

Levin B. S. Applications of the Curie principle in geology. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **2018**. N 6. P. 136—144 (*in Russian*).

Mikheev V. I. Crystal homology. Leningrad: Gostoptekhizdat, **1961**. 208 p. (*in Russian*).

Nalivkin D. V. Symmetry elements of the organic world. *Proc. Biol. Res. Inst. at Perm University*. **1925**. Vol. 3. N 8. P. 291—297 (*in Russian*).

Nalivkin D. V. Curvilinear symmetry. In: *Crystallography. Proc. Fedorov's Sci. Session 1949*. Moscow: Metallurgizdat, **1951**. P. 15—23 (*in Russian*).

Padurov N. N. On the curvilinear symmetry. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1926**. N 2. P. 314—334 (*in Russian*).

Pasteur L. Nouvelles recherches sur les relations qui peuvent exister entre la forme cristalline, la composition chimique et le phénomène rotatoire moléculaire. *Ann. chimie et de phys.* **1853**. Vol. 38. N 3. S. 437.

Pasteur L. Recherches sur la dissymétrie moléculaire des produits organiques naturels. Paris, **1861**.

Pasteur L. Fermentation studies. Moscow; Leningrad: Selkhozgiz, **1937**. 488 p. (*in Russian*).

Pasteur L. Selected works. Moscow: Acad. Sci. USSR, **1960**. V. 1. 1012 p. V. 2. 836 p. (*in Russian*).

Paterson M. S., Weiss L. E. Symmetry concepts in the structural analysis of deformed rocks. *Geol. Soc. Amer. Bull.* **1961**. Vol. 72. P. 841—882.

Popov G. M., Shafranovsky I. I. Crystallography. Moscow: Vyshaya shkola, **1964**. 370 p. (*in Russian*).

Sander B. Gefügekunde der Gesteine. Wien: Springer, **1930**. 352 S.

Sander B. Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. Wien: Springer. Bd 1. **1948**. 215 S. Bd 2. **1950**. 409 S.

- Shafranovsky I. I. External symmetry of real crystals and symmetry of the supply medium. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1954**. N 3. P. 198—211 (in Russian).
- Shafranovsky I. I. Symmetry groups in structural petrology. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1956**. N 4. P. 491—497 (in Russian).
- Shafranovsky I. I. Pierre Curie — crystallographer. *Proc. IHST Acad. Sci. USSR*. **1957**. Vol. 19. P. 84—94 (in Russian).
- Shafranovsky I. I. False forms of crystals and their mineragenetic value. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1959**. N 1. P. 13—20 (in Russian).
- Shafranovsky I. I. To the question of clarifying the universal Curie principle of symmetry. *Zapiski VMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1964**. N 4. P. 460—463 (in Russian).
- Shafranovsky I. I. A few words about the Russian translation of the works of P. Curie. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1966**. N 6. P. 758—760 (in Russian).
- Shafranovsky I. I. Lectures on crystal morphology. Moscow: Vyshaya shkola, **1968a**. 174 p. (in Russian).
- Shafranovsky I. I. Symmetry in the nature. Leningrad: Nedra, **1968b**. 184 p. (in Russian).
- Shafranovsky I. I. Modeling external dissymmetry of the crystalline form. *Crystallography*. **1971a**. N 6. P. 1097—1100 (in Russian).
- Shafranovsky I. I. Curie principle and dynamic symmetry. In: *Symmetry in the nature. Abstr. Vol. Conf. 25—29 of May, 1971*. Leningrad: Reg. Board of Sci.-Tech. Mining Soc., **1971b**. P. 7—11 (in Russian).
- Shafranovsky I. I. Crystal forms as indicators of the peculiarities of the mineral-forming environment. In: *Typomorphism of minerals and its practical significance*. Moscow: Nedra, **1972**. P. 64—67 (in Russian).
- Shafranovsky I. I. Dynamic symmetry in crystallography, mineralogy, petrography and organic world. *Zapiski LGI (Proc. Leningrad Mining Inst.)*. **1974a**. Vol. 67. N 2. P. 174—184 (in Russian).
- Shafranovsky I. I. The universal principle of symmetry-dissymmetry in mineralogical crystallography. In: *Mineralogenesis. Proc. Geol. Inst. Ser. Geochem., Mineral. and Petrogr.* Vol. 23. Sofia, **1974b**. P. 63—68 (in Russian).
- Shafranovsky I. I. The form of minerals — an indicator of the environment symmetry. In: *Proc. Geol. Inst. Karelian Branch Acad. Sci. USSR*. Vol. 27. **1975**. P. 4—9 (in Russian).
- Shafranovsky I. I., Koren R. V., Glazov A. I. Determination of the orientation of the natural crystal relative to the symmetry elements of the supply medium. In: *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1972**. N 3. P. 372—374 (in Russian).
- Shafranovsky I. I., Plotnikov L. M. Symmetry in geology. Leningrad.: Nedra, **1975**. 144 p. (in Russian).
- Shubnikov A. V. Dissymmetry. In: *Questions of mineralogy, geochemistry and petrography*. Moscow; Leningrad: Acad. Sci. USSR, **1946**. P. 128—163 (in Russian).
- Shubnikov A. V. Symmetry and antisymmetry of finite figures. Moscow: Acad. Sci. USSR. **1951a**. 172 p. (in Russian).
- Shubnikov A. V. Prospects for the development of the theory of symmetry. In: *Proc. Fedorov's Sci. Session 1949*. Moscow.: Metallurgizdat, **1951b**. P. 33—47 (in Russian).
- Shubnikov A. V. On the Pierre Curie works in the field of symmetry. *Physics-Uspekhi. (Adv. Phys. Sci.)* **1956**. Vol. 59. N 4. P. 591—602 (in Russian).
- Shubnikov A. V. The problem of dissymmetry of material objects. Moscow: Acad. Sci. USSR. **1961**. 56 p. (in Russian).
- Shubnikov A. V. Antisymmetry. Report at the 7th General Assembly of the International Union of Crystallography. Moscow: Nauka, **1966**. 28 p. (in Russian).
- Shubnikov A. V. At the origins of crystallography. Moscow: Nauka, **1972**. 52 p. (in Russian).
- Turner F. J., Weiss L. E. Structural analysis of metamorphic tectonites. New York: McGraw-Hill, **1963**. 545 p.
- Vernadsky V. I. Chemical structure of the Earth's biosphere and its environment. Moscow: Nauka, **1987**. 340 p. (in Russian).
- Voytekhovskiy Y. L. The Curie principle and garnets from Mt. Makzapakhk. *Doklady Earth Sci.* **2005**. Vol. 400. N 1. P. 22—24.
- Voytekhovskiy Y. L., Stepenshchikov D. G. On the real crystal rhombododecahedra. *Acta Cryst.* **2004**. A60. P. 582—584.
- Voytekhovskiy Y. L., Stepenshchikov D. G. Real rhombododecahedra: theory and applications to the garnets from the Mt. Makzapakhk, West Keyvy, the Kola Peninsula. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **2005**. N 1. P. 97—103 (in Russian).

Поступила в редакцию
15 февраля 2019 г.