

© Д. чл. В. И. РАКИН

ПРИНЦИП СИММЕТРИИ КЮРИ В ОТКРЫТОЙ СИСТЕМЕ*Институт геологии Коми НЦ УрО РАН,
167982, Сыктывкар, Первомайская, 54;
e-mail: rakin@geo.komisc.ru*

Симметричный принцип Кюри был сформулирован в рамках «равновесной» парадигмы и несет отпечаток жесткой детерминированной причинно-следственной связи. Однако для открытой термодинамической системы в предельном стационарном режиме, и особенно при условии кратковременного воздействия диссимметризирующего фактора, принцип Кюри требует уточнения. Исходное теоретико-групповое содержание принципа Кюри предполагает его обсуждение в рамках физической модели для наблюдаемого явления.

Ключевые слова: симметрия, принцип Кюри, открытая система.

V. I. RAKIN. THE CURIE PRINCIPLE OF SYMMETRY IN AN OPEN SYSTEM*Institute of Geology, Komi Science Center, Ural Branch RAS, Syktyvkar, Russia*

The symmetry Curie principle was formulated within the framework of the "equilibrium" paradigm and bears the imprint of a rigid deterministic causal relationship. However, for an open thermodynamic system in the limit stationary mode and especially subject to a short-term effect of a dissymmetry factor, the Curie principle requires clarification. The original group-theoretical content of the Curie principle implies its discussion within the confines of the physical model for an observed phenomenon.

Key words: symmetry, Curie principle, open system.

В последнем номере Записок Российского минералогического общества за 2018 год в разделе «Дискуссии» была опубликована статья Б. С. Левина «Приложение принципа Кюри в геологии» (Левин, 2018). Можно согласиться с редколлегией журнала и автором публикации, что принцип симметрии—диссимметрии Кюри в настоящее время мало обсуждается в научной геологической литературе. При естественной смене поколений исследователей и лавинообразном росте эмпирических данных, а также в связи с закономерной сменой парадигм в той или иной отрасли науки необходимо периодически возвращаться к обсуждению основных фундаментальных принципов природы. Воздерживаясь от критики некоторых спорных аспектов статьи Б. С. Левина, тем не менее, хотелось бы высказать ряд соображений о значении принципа Кюри в науке и в геологии в частности.

Может показаться излишне категоричной мысль, что в интерпретации принципа Кюри в геологии наблюдается кризис. Но есть несколько причин, которые заставляют говорить об этом.

1. Известно, что в замкнутой термодинамической (макроскопической) системе, согласно второму началу термодинамики, все процессы протекают в направлении достижения конечного равновесного состояния с максимальной энтропией. Поэтому принцип симметрии Кюри в замкнутой системе обретает однозначную детерминированную форму причинно-следственной связи симметрии физического окружения с симметрией явления: «Если определенные причины вызывают соответствующее следствие, то элементы

симметрии причин должны проявляться в вызванных ими следствиях. Если в каких-то явлениях обнаруживается определенная диссимметрия, то эта же диссимметрия должна проявляться в причинах их породивших» (П. Кюри «О симметрии в физических явлениях: симметрия электрического и магнитного полей», статья написана в 1894 году). Вслед за П. Кюри, который сформулировал в этих словах свою идею максимально прямолинейно, данный вариант толкования принципа симметрии-диссимметрии и до сегодняшнего дня обсуждается как основной. Известно, что симметричный принцип Кюри был сформулирован в эпоху господства классической равновесной термодинамики. Достаточно вспомнить, что имя Кюри носит и термодинамический принцип Гиббса—Кюри о минимуме поверхностной энергии равновесной формы кристалла, выводящийся из второго начала термодинамики.

Однако нельзя не согласиться с Д. К. Максвеллом, что истинная логика нашего мира — это подсчет вероятностей. Пьер Кюри в той же статье заметил: *«Некоторые причины диссимметрии могут не оказывать влияния на некоторые явления или, по крайней мере, могут иметь настолько слабое действие, что его нельзя обнаружить, а это практически равносильно отсутствию действия»* (Кюри, 1966). Он допускал, что в системе, где случайные процессы играют важную роль, принцип симметрии может проявить себя особенным образом. Но эта мысль осталась не раскрытой.

В открытой системе, как известно, случайные процессы могут приводить к разным явлениям, непрерывно и без конца сменяющим друг друга. Предельным принципом в открытой стационарной системе можно считать теорему И. Пригожина о минимуме производства энтропии (Пригожин, Кондепуди, 2002). В стационарном режиме открытая система может демонстрировать различные состояния, меняющиеся случайно. Вероятности этих состояний определяются физическими процессами и каждое состояние описывается своей группой симметрии.

Ярким примером открытой системы может служить гидротермальная система. Если рост кристаллов из гидротермальных растворов, которые циркулируют по трещинам в горных породах, происходит непрерывно, то формируются жильные тела, заполняющие трещины без образования гранных форм индивидов. Но если по каким-то причинам рост прерывается, то сохраняется естественная огранка кристаллов. Как правило, принцип Кюри обсуждается именно на таких природных формах кристаллов (Шафрановский, 1968), что, по сути, представляет собой подмену динамической формы на равновесную или открытой термодинамической системы на замкнутую.

Ранее было показано, что в открытой стационарной минералообразующей системе кристаллы-октаэдров любых минералов кубической симметрии, в том числе кристаллы алмаза, демонстрируют пять морфологических типов 8-гранников, идеальная симметрия которых описывается четырьмя группами — m , $mm2$, $\bar{3}m$ и $\bar{4}3m$ (Ракин и др., 2016). В рамках открытой системы наиболее важное значение приобретает интерпретация принципа Кюри применительно к стационарному процессу, для которого можно достаточно строго описать ход развития событий в терминах вероятности и при условии, что фактор диссимметрии в ходе процесса существовал лишь в течение ограниченного отрезка времени. Например, диссимметрия питания природных кристаллов алмаза согласно предельной группе $\infty/m\bar{m}$ имеет место в том случае, когда размеры кристаллов гораздо меньше средних размеров зерен порообразующих минералов. Постепенно по мере роста кристаллов алмаза фактор диссимметрии

исчезает и, таким образом, учитывая принцип Кюри в форме классического принципа суперпозиции симметрий и применяя его по отношению к каждому морфотипу отдельно, через понятие вероятности можно оценить средний размер зерен породообразующих минералов мантийных пород (Ракин и др., 2016).

2. Другой важный аспект обсуждения принципа симметрии связан с влиянием кристаллофизического взгляда на симметрию, толчок к которому дал сам Пьер Кюри, анализируя воздействие физических полей на кристалл. Полемизируя с В. А. Копциком (1975), И. И. Шафрановский отметил этот факт и обратил внимание, что следует различать принцип Неймана и принцип симметрии-диссимметрии Кюри, имеющий более широкую применимость (Юшкин и др. 1987). В некотором смысле при анализе симметрии физических свойств кристалла принцип Неймана выступает частным случаем принципа Кюри. В этой ситуации неизбежно возникает проблема выяснения, что есть причина, а что — следствие (Копчик, 1975; Шубников, 1975). Однако, разделив эти принципы, и считая, что принцип Кюри есть частный случай макроскопического принципа причинности, проблему можно снять.

3. Если вернуться к истории возникновения симметричного принципа, то уместно вспомнить, что основы математической теории групп были разработаны усилиями многих математиков уже к 80-м годам XIX века. Поэтому не удивительно, что статья Кюри, написанная в 1894 году, пропитана теоретико-групповыми представлениями и соответствующими понятиями, но не всегда изложенными в ясной форме. Гораздо позже, в 1956 году, А. В. Шубников уточнил, что элементы симметрии всегда образуют группу в математическом смысле, а элементы диссимметрии таковой не образуют (Шубников, 1975). От себя добавим — могут и не образовывать. Кроме того, принцип Кюри в авторской формулировке применим только к классическому понятию симметрии, на чем справедливо настаивал И. И. Шафрановский (Юшкин и др., 1987) и писал А. В. Шубников (1975). Вопрос о применимости принципа симметрии для цветной или криволинейной симметрии, а также для симметрии подобия остается открытым.

4. В случае сложных многофакторных процессов принцип Кюри можно применять по отношению к конкретному свойству объекта, подразумевая его связь с определенным физическим фактором, абстрагируясь от других свойств и внешних воздействий. Основанием такого подхода служит возможность построения физической модели, фундаментальные уравнения которой будут ковариантны по отношению к некоторой группе преобразований, описывающей ту или иную симметрию окружения. Исходное теоретико-групповое содержание принципа симметрии Кюри предполагает и даже обязывает построить физическую модель для наблюдаемого явления. С ее помощью будет проиллюстрирована справедливость принципа Кюри, как отражение реализованного в модели закона причинности. И наоборот, выполнение принципа Кюри в рамках физической модели будет подтверждать справедливость теоретических положений.

Список литературы

- Копчик В. А.* Принципы симметризации-диссимметризации Шубникова—Кюри для составных физических систем / Проблемы современной кристаллографии. М., 1975. С. 42—60.
Кюри П. Избранные труды. М; Л.: Наука, 1966. 399 с.

- Левин Б. С. Приложение принципа Кюри в геологии // ЗРМО. **2018**. № 6. С. 136—144.
- Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур. М.: Мир, **2002**. 461 с.
- Ракин В. И., Помазанский Б. С., Ковальчук О. Е. Структура мантийных алмазоносных пород и кристалломорфология алмаза // ЗРМО. **2016**. № 4. С. 103—117.
- Шафрановский И. И. Симметрия в природе. Л.: Недра, **1968**. 184 с.
- Шубников А. В. Избранные труды по кристаллографии. М.: Наука, **1975**. 556 с.
- Юшкин Н. П., Шафрановский И. И., Янулов К. П. Законы симметрии в минералогии. Л.: Наука, **1987**. 335 с.

References

- Koptsik V. A. Principles of Shubnikov—Curie symmetrization-dissymmetrization for composite physical systems. In: *Problems of modern crystallography*. Moscow, **1975**. P. 42—60 (*in Russian*).
- Curie P. Selected Works. Moscow; Leningrad: Nauka, **1966**. 399 p. (*in Russian*).
- Levin B. S. Application of the Curie's principle in geology. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc)*. **2018**. No. 6. P. 136—144 (*in Russian*).
- Prigogine I., Kondepudi D. Modern thermodynamics. From heat engines to dissipative structures. Chichester: John Wiley & Sons, **1998**. 508 p.
- Rakin V. I., Pomazansky B. S., Kovalchuk O. E. The structure of diamond-bearing mantle rocks and the crystalline morphology of diamond. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc)*. **2016**. No. 4. P. 103—117 (*in Russian*).
- Shafranovsky I. I. Symmetry in nature. Leningrad: Nedra, **1968**. 184 p. (*in Russian*).
- Shubnikov A. V. Selected works on crystallography. Moscow: Nauka, **1975**. 556 p. (*in Russian*).
- Yushkin N. P., Shafranovsky I. I., Yanulov K. P. The laws of symmetry in mineralogy. Leningrad: Nauka, **1987**. 335 p. (*in Russian*).

Поступила в редакцию
13 февраля 2019 г.