

УДК 549.0

**ПАРАДИГМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ МИНЕРАЛОГИИ****О.К. Иванов***Уральский институт минерального сырья, г. Екатеринбург, okivanov@gmail.com***PARADIGMS AND DIRECTIONS OF MINERALOGY****O.K. Ivanov***Uralian Institute mineral deposit, Ekaterinburg, okivanov@gmail.com*

Приводятся замечания и дополнения к статье В.А. Попова «О сущности минерального мира и парадигмах минералогии» (Минералогия. 2015. № 1. С. 6–12). Минералогия – наука о кристаллах и кристаллических зернах (индивидах) вещества Солнечной системы, их составе, форме, анатомии, взаимоотношениях, парагенезисах и условиях образования. Современная парадигма минералогии: морфология, анатомия, характер поверхности и границы зерен, химический и изотопный состав кристаллов и кристаллических зерен, их парагенезисы и агрегаты отражают условия их образования. Предложен расширенный список направлений минералогии.

Библ. 22.

*Ключевые слова:* минералогия, парадигмы, направления, специфика минералогии.

Give critics the article V.A. Popov's «Principles of mineral world and paradigms of mineralogy» (Mineralogy. 2015. N. 1. P. 6–12). Contemporary paradigm mineralogy is: morphology, anatomy, character surface, chemical and isotopic composition crystal and crystalline grains, their paragenesis and aggregates reflection condition their formations. The suggestion list of the direction mineralogy. References 22.

*Key words:* mineralogy, paradigms, direction, specific mineralogy.

В феврале 2015 г. вышел первый номер нового уральского геологического журнала «МИНЕРАЛОГИЯ», где особенно интересна статья В.А. Попова «О сущности минерального мира и парадигмах минералогии» (Минералогия. 2015. № 1. С. 6–12). Это вводная направляющая статья, которая должна ориентировать авторов журнала и сотрудников Института минералогии УрО РАН. Можно только порадоваться, что в институте работает один из лидеров российской минералогии, занимающийся ее общими проблемами. Однако, некоторые высказывания и определения В.А. Попова, по моему мнению, не вполне отражают реальное состояние и тенденции развития минералогии.

**О специфике минерального мира**

В.А. Попов начинает этот раздел с философических рассуждений и высказываний, что такое минералы. Его идея, намеченная в предыдущих работах, состоит в том, что *количественные соотношения разных строительных частиц в среде определяют относительные скорости роста граней разных простых форм; эти соотношения определяют габитус кристаллов* (Попов, 1984; Попов, Попова, 1996). Пока это только предположение. Доказать его могут только экспериментаторы. Вряд ли это специфика минерального мира, скорее, особенность некоторых неравновесных условий кристаллизации. Критиковать просто идею, без при-

водимых доказательств, не вполне корректно. Но имеющиеся на сегодня данные, по крайней мере, для расплавов, свидетельствуют, что форма и размеры строительных частиц кристаллов изменяются со временем вследствие падения температуры, сопровождающейся полимеризацией и укрупнением строительных частиц кристаллов. При кристаллизации наиболее интенсивный рост кристалла идет преимущественно в энергетически выгодных направлениях с наиболее сильными связями. В определенные моменты, например, при микроблочном росте кристаллов, строительные частицы оказывают влияние на форму и габитус кристаллов (Юшкин, 1971).

Важно высказывание автора об этимологической неудачности термина «техногенный минерал». В разделе о направлениях минералогии В.А. Попов пишет, что Н.П. Юшкин в работе 1999 г. упоминал *геотехногенез*. Позже нами, исходя из тех же соображений, предложено называть технические продукты, изменившиеся под действием гипергенных процессов *техногео*генными минералами (Иванов, 2002). Имелось в виду, что технические продукты деятельности человека (*техно*), попадая в природные геологические условия (*гео*) подвергаются их воздействию, что приводит к образованию нового (*техногео*генного) вещества (минерала). Правда, тогда это предложение не нашло поддержки ни у основателя лаборатории техногенеза Б.В. Чеснокова, ни у продолжателя его дела С.С. Потапова.

Положительным моментом является поддержка В.А. Поповым высказываний, что «*Диаграммы состояния не управляют ростом кристаллов минералов*». Диаграммы не могут управлять процессом. Они могут только отражать реальный процесс. И не рост кристаллов, а образование химических соединений. И не всегда, а в некоторых случаях, точнее – для тех же условий кристаллизации, что и в естественных процессах. Поэтому, более строго можно сказать так: **экспериментальные диаграммы состояния отражают процесс кристаллизации тех или иных веществ только в случае совпадения природных и экспериментальных условий кристаллизации. Чаще всего экспериментальные условия кристаллизации, по крайней мере, для силикатных расплавов типичны для некоторых неравновесных условий.** В петрологии магматических пород давно установлено, что такие диаграммы отражают только кристаллизацию в неравновесных вулканических условиях и не

применимы к плутонитам, кристаллизовавшимся в равновесных и близравновесных условиях (Иванов, 2014).

Нельзя не согласиться с высказыванием В.А. Попова, интерпретирующего высказывание Б.Е. Боруцкого, что «*петрогенез и рудогенез (а также металлогения) есть минерагенез (минерагенез)*» (с. 10). Да, в процессе своего развития минералогия сосредоточилась на описательной и диагностической стороне и упустила творческую генетическую сторону, отдав ее более молодым и более активным специализированным ветвям геологии – кристаллогенезу, магматической, постмагматической и метаморфической петрологии, рудологии, литологии, метеоритике, науке о гипергенезе и т. д. Создается впечатление, что раздел недостаточно проработан. Специфику минералогии вполне отражают не рассмотренные В.А. Поповым вопросы, а само определение минералогии можно дать, например, в таком варианте: **«Минералогия – наука о кристаллах и кристаллических зернах (индивидах) вещества Солнечной системы, их составе, форме, анатомии, взаимоотношениях, парагенезисах и условиях образования».**

### Парадигмы минералогии

В.А. Попов разъясняет, что под парадигмой он понимает «*основную идею науки*» и выделяет шесть парадигм, которые, впрочем, раньше именовались историческими этапами развития минералогии (Поваренных, Оноприенко, 1985).

По мнению В.А. Попова, первая парадигма – примитивная, вторая – определение минералов по физическим свойствам и форме кристаллов, третья – химическая, четвертая – кристаллохимическая, пятая парадигма XX века – типоморфическая.

В.А. Попов полагает, что *теория типоморфизма должна быть пересмотрена и уточнена в соответствии с законами анатомии кристаллов.* Почему только анатомии? А где же морфология кристаллов? А где химия кристаллов? В.А. Попов ссылается на закон анатомии кристаллов Д.П. Григорьева (1971), скромно умалчивая о своем весьма значительном вкладе в эту проблему (Попов, 1984) и дальнейшем генетическом уточнении закона анатомии кристаллов (Иванов, 2012; 2014), которое В.А. Попову явно не нравится. Но ведь если мы с чем-то не согласны в науке, то есть простая возможность опровергнуть это, приведя доводы про-

тив. Мне тоже, как и некоторым другим исследователям, не понравился вывод В.А. Попова о том, что форма (облик и габитус) кристаллов коррелируется с рН (для водных растворов). Для подтверждения этого пришлось провести достаточно трудоемкую работу, чтобы показать его ошибочность. Отчего бы и ему не сделать так же?

Далее В.А. Попов предлагает шестую парадигму: *«новая парадигма XXI столетия утверждает необходимость исследования явления механизмов разделения атомов элементов и их изотопов в процессе образования кристаллов минералов (возникновение секториальности) и использования их для создания новой теории роста кристаллов, обновленной теории типоморфизма минералов, широкого применения их в науке, технике и технологиях»*. Вообще-то, это не парадигма, а одно из направлений кристаллогенеза и вряд ли минералогам надо на нем заикливаться. Это, скорее, область физики, химии изотопов и экспериментов по росту кристаллов.

Подход В.А. Попова к выделению парадигм минералогии, по мнению специалистов по формальной логике, не противоречит науке. Но тогда возникает необходимость выделять разные по иерархическому уровню парадигмы. Кроме того, смущает, что все выделяемые В.А. Поповым парадигмы есть не что иное, как привнесение в минералогии новых методов из физики, химии, кристаллографии, рентгеноструктурного анализа, изотопии. Но тогда где же собственные основные идеи минералогии? Или она, по В.А. Попову, их не имеет? Единственное светлое минералогическое пятно – онтогенез, в которой В.А. Попов почему-то видит только анатомию кристаллов. Этим он только добывает и так почти уничтоженную минералогии.

По нашему мнению, сутью каждой естественной науки являются не только объекты исследования и не только использование новых методов со стороны, но и собственные (аутигенные) идеи, парадигмы и законы, вызревшие внутри науки, которые и должны быть парадигмами первого порядка. С этих позиций можно выделить следующие, последовательно развивавшиеся, парадигмы минералогии.

**Мифологическую**, когда минералам приписывались мифические свойства и фантастические малообоснованные условия образования. Например, когда кристаллы льда считались окаменевшей водой.

**Описательную**, когда минералогия занималась только описанием, изучением и диагностикой минералов и кристаллов разными методами, обслуживая остальные вышедшие из нее науки.

**Химическую**, когда минералы рассматривались как продукт химических реакций в земной коре (Вернадский, Ферсман).

**Генетическую**, развивавшуюся на достижениях описательной минералогии и кристаллографии, а также петрологии магматических, постмагматических и метаморфических пород, рудологии, литологии и кристаллогенеза. Эта парадигма вытекает из давно развивающейся области кристаллогенеза и, так называемой, онтогенеза. Именно эта парадигма не только «назревает в будущем», но давно и активно развивается. Ее кратко можно выразить так: **морфология, анатомия, характер поверхности и границы зерен, химический и изотопный состав кристаллов и кристаллических зерен, их парагенезисы и агрегаты отражают условия их образования и могут быть использованы при их реконструкции**. Не трудно видеть, что предложенная парадигма близка по смыслу к пятой парадигме В.А. Попова и высказыванию Б.Е. Боруцкого, но еще более она близка к принципу Стенона 1669 года, гласящего: *... в самом теле находим доказательства, раскрывающие место и способ его создания*. Это парадигма науки не только минералогии и «являющейся основой современной генетикоинформационной минералогии» (Юшкин, 1988, с. 7), но и всех геологических наук.

### **О направлениях и практическом значении минералогии**

Под таким подзаголовком В.А. Попов приводит составленный Н.П. Юшкиным (1999) список направлений минералогии XXI века из 9 пунктов, отмечая, что *«Почти все эти направления находятся вне серии геологических наук»*. Далее он упоминает и два собственно геологических направления: топоминералогическое изучение регионов и поисково-оценочная минералогия, а также технологическую минералогии и синтез минералов. Из высказанных Н.П. Юшкиным направлений разработка новой «реальной» кристаллохимии минералов (визуализация кристаллической структуры на атомном и надатомном уровнях) явно не в силах самой минералогии и зависит от появления новой аппаратуры.

Вызывает интерес цитирование В.А. Поповым высказывания Н.П. Юшкина о необходимости «**геологизации минералогии**». На отход минералогии от геологии обратили внимание Г.Н. Вертушков (1985) и Ю.Б. Марин (1988), хотя Н.П. Юшкин (1988) почему-то утверждал, что «**одной из определяющих тенденций стала геологизация минералогии**». То, что это не так подтверждает ситуация в науке и во всех уральских академических институтах и геологических ВУЗах. Необходима не геологизация минералогии, а тесное сотрудничество с ней, ибо вне геологии минералогия не существует.

А.Г. Булах (1999) выделяет два главных направления минералогии: теоретическое и прикладное. В теоретическом направлении он выделяет: кристаллохимию минералов, физику минералов, учение о генезисе, биоминералогию и учение о типоморфизме, а в прикладной минералогии – диагностику минералов, поисковую минералогию, технологическую минералогию и минералогическое материаловедение. Особыми областями он считает экспериментальную минералогию, синтез минералов и геммологию.

Общий список направлений минералогии В.А. Попов не приводит, таким образом раздел оказывается логически не завершен.

По нашему мнению, главными направлениями минералогии следует считать описательную минералогию, геологическую или генетическую минералогию, теоретическую или аналитическую минералогию и прикладную минералогию (Иванов, 2007). Из-за двусмысленности некоторых терминов сейчас предлагается выделять в виде основных направлений общие вопросы минералогии, описательную минералогию, геологическую, региональную, прикладную минералогии и пограничные области минералогии.

#### **I. Общие вопросы минералогии**

Систематика минералов  
 Минералогенез  
 Кристаллогенез  
 Экспериментальная минералогия

#### **II. Описательная минералогия**

Описание минералов  
 Описание минеральных парагенезисов

#### **III. Геологическая минералогия**

Минералогия ортомагматов (петрологическая минералогия)

Минералогия постмагматитов (постмагматическая минералогия)

Минералогия метаморфитов (метаморфическая минералогия)

Минералогия литогенеза

Минералогия гипергенеза

Минералогия техногенеза

Биоминералогия

Минералогия астроблем

Минералогия планет, Луны, астероидов, комет и космической пыли

#### **IV. Региональная минералогия (топоминералогия)**

Минералогия месторождений

Минералогия регионов

Минералогия платформ и складчатых поясов

Минералогия Земли

Минералогия планет

Минералогия астероидов

Сравнительная региональная минералогия

#### **V. Прикладная минералогия**

Типоморфизм минералов

Типохимизм минералов

Поисковая минералогия

Минералогия руд

Геммология

Технологическая минералогия

Синтез минералов

#### **VI. Пограничные области минералогии**

Физико-химическая минералогия

Физика минералов

Химия минералов

Изотопия минералов

Витаминология

#### **Почему минералогические методы проигрывают геохимическим?**

В разделе о направлениях минералогии В.А. Попов приводит мнение Н.П. Юшкина (1982), что «*минералогия еще не предложила своего комплексного минералогического метода прогноза, поисков и оценки месторождений полезных ископаемых, сравнимого по теоретической обоснованности, методической обработке и эффективности с геофизическими и геохимическими методами*».

В.А. Попов с этим не согласен и ссылается на свою работу с В.И. Поповой (1992) «Методика и

результаты минералогического картирования вольфрам-оловянного месторождения Тигриное (Приморье)». Однако не ясно, что именно в этой работе находится решение проблемы. Из названия следует, что это частная работа по одному из месторождений Приморья.

Если касаться сути утверждения Н.П. Юшкина, то он совершенно прав, хотя, что касается самих месторождений, то роль минералогии и должна быть во многих областях прогноза и поисков ограниченной. Например, в случае прогноза месторождений, роль минералогии минимальна, так как главное в прогнозе – это анализ геологической ситуации, магматизма, постмагматизма, тектоники, геофизических и геохимических аномалий.

При поисках месторождений, особенно не выходящих на поверхность, роль минералогии также незначительна. Главное – геологический и петрологический анализ, поиски постмагматически измененных пород (петрография), анализ геохимических и геофизических аномалий.

Но вот при изучении и оценке месторождений роль минералогии становится главенствующей. Тут и стандартное изучение петрографического и минералогического состава руд и вмещающих пород, состава минералов и горных пород, размерностей зерен минералов, их взаимоотношений, строения и т. д. Тут же и творческое минералогическое картирование месторождений.

Надо отметить и явные недостатки минералогии. Так, геохимические пробы отбираются механически с минимальным уровнем образования исполнителя, тогда как минералогическое изучение месторождения, пока могут проводить только крупные специалисты типа Н.З. Евзиковой, Б.В. Чеснокова и самого В.А. Попова. Отсюда, нетехнологичность минералогических методов, по сравнению с геохимическими и геофизическими.

### Выводы

Статья В.А. Попова поднимает важные общие вопросы минералогии, что лишней раз показывает, что он один из немногих российских минералогов, пытающихся осмыслить положение минералогии среди других геологических наук, обосновать существование Института минералогии УрО РАН и косвенно показать возможное направление его развития. Естественно, что при этом кое-что было упущено. По нашему мнению:

Вне геологии – минералогия небольшой раздел в материаловедении или физики твердого тела. Только в геологических науках смысл ее существования и новых открытий. Понимание этого дает возможность развивать минералогии в Институте минералогии УрО РАН и журнале «Минералогия».

Большинство исследователей сходятся, что современная парадигма минералогии – использование особенностей минералов для выяснения условий их образования и условий образования слагающих их минеральных ассоциаций.

Главная задача минералогии наряду с отработкой и упрощением методов диагностики минералов, их агрегатов и минералогического картирования геологических объектов анализ условий образования (кристаллогенез и минералогенез) и открытие и уточнение закономерностей этих процессов.

Автор надеется, что предложенные дополнения будут способствовать уточнению рассмотренных общих вопросов минералогии.

### Литература

*Булах А.Г.* Общая минералогия. Спб.: Изд. СПб ун-та. 1999. 354 с.

*Вертушков Г.Н.* Геологическая минералогия // Теория и методология минералогии. Тезисы докл. Всес. совещ. Сыктывкар, 1985. С. 17.

*Григорьев Д.П.* О законах анатомии кристаллов // Кристаллография. 1971. Т. 16. Вып. 6. С. 1226–1229.

*Иванов О.К.* Реинтерпретация диаграмм кристаллизации плагиоклазов // Минералы и парагенезисы минералов месторождений Урала. Св. УНЦ АН СССР, 1983. С. 56–62.

*Иванов О.К.* Техногенез или техногеогенез и систематика техногенных процессов // Уральский геологический журнал. 2002. № 4 (29). С. 251–260.

*Иванов О.К.* О перспективах развития минералогии // Минералогия Урала–2007. V Всес. совещ. Миасс–Екатеринбург, 2007. С. 14–18.

*Иванов О.К.* Общий закон первичной анатомии кристаллов // Уральский геологический журнал. 2012. № 5 (89). С. 25–32.

*Иванов О.К.* Закон формы, анатомии и поверхности граней кристаллов // Уральский геологический журнал. 2014а. № 33 (99). С. 25–36.

*Иванов О.К.* Структурно-кинетический закон формы роста равновесных и неравновесных кристаллов // Современные проблемы теоретической,

экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения–2014). Сыктывкар: Геопринт, 2014б. С. 22–23.

*Марин Ю.Б.* Теоретический и эмпирический подходы к минералогии // Теория минералогии. Л.: Наука, 1988. С. 15–20.

*Поваренных А.С., Оноприенко В.И.* Минералы: прошлое, настоящее, будущее. Киев: Наукова думка, 1985. 159 с.

*Попов В.А.* Практическая кристалломорфология минералов. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 191 с.

*Попов В.А., Попова В.И.* Методика и результаты минералогического картирования вольфрам-оловянного месторождения Тигриное (Приморье). Екатеринбург: Наука, 1992. 92 с.

*Попов В.А., Попова В.И.* Парагенезисы форм кристаллов минералов. Миасс: ИМин УрО РАН, 1996. 103 с.

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

*Шарапов И.П.* О законах минералогии // Теория минералогии. Л.: Наука, 1988. С. 22–27.

*Юшкин Н.П.* Теория микроблочного роста кристаллов в природных гетерогенных растворах. Сыктывкар: Ин-т геологии, 1971. 52 с.

*Юшкин Н.П.* Теория и методы в минералогии. Л.: Наука, 1977. 291 с.

*Юшкин Н.П.* Топоминералогия. М.: Недра, 1982. 288 с.

*Юшкин Н.П.* Проблемы и пути развития минералогической теории // Теория минералогии. Л.: Наука, 1988. С. 4–10.

*Юшкин Н.П.* Минералогия на пороге нового тысячелетия // Уральский минералогический сборник. Миасс: ИМин УрО РАН, 1999. № 9. С. 3–21.

*Юшкин Н.П.* Современная минералогия и новые тенденции ее развития // Новые идеи и концепции в минералогии. Матер. III Междунар. семинара. Сыктывкар, 2002. С. 8–9.

*Поступила в редакцию 26 апреля 2015 г.*