

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКОЙ  
И КРИСТАЛЛОСИММЕТРИЙНОЙ СТРУКТУРЫ МИНЕРАЛЬНОГО МИРА  
ТИМАНО-СЕВЕРОУРАЛЬСКОГО РЕГИОНА**

**И.С. Астахова**

*Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, astakhova@geo.komisc.ru*

**GENERAL REGULARITY OF STRUCTURE OF THE CRYSTAL CHEMISTRY  
AND CRYSTAL SYMMETRY OF THE MINERAL  
FROM TIMAN-NORTHERN URALS REGION**

**I.S. Astakhova**

*Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar, astakhova@geo.komisc.ru*

Важнейшей характеристикой геологического объекта является минеральный состав. Кадастры минералов являются наиболее распространёнными видами обобщения минералогической информации. Основы анализа кадастров заложены исследованиями А.Е. Ферсмана, И.И. Шафрановского, Д.П. Григорьева, П.П. Пилипенко, А.С. Поваренных, В.В. Доливо-Добровольского, А.Г. Жабина, С.М. Николаева, Н.З. Евзиковой, В.С. Урусова, Н.П. Юшкина и других учёных, которые заметили постоянство количественных кристаллохимических и симметричных показателей минеральных собраний. В основе топоминералогических исследований лежит структурно-геологический принцип с выделением *минералогических провинций* (МП) (Юшкин, 1982). Их границы обычно совпадают с крупным мегаантиклинорием или мегасинклинорием и характеризуются относительно однородным геологическим строением и геолого-тектоническим развитием, осадконакоплением, магматизмом и метаморфизмом. Минералогическое районирование Тимано-Североуральского региона предложено Н.П. Юшкиным с соавторами (Юшкин и др., 1986). Такое разделение отражает особенности геолого-геохимических систем региона, которые являются продуктами развития Уральского складчатого пояса и Восточно-Европейской платформы (ВЕП).

**Канино-Тиманская МП.** Минералогические комплексы провинции характеризуют континентальный сектор земной коры, относящейся к древней платформенной Печоро-Баренцовоморской плите. Рифейские отложения Тиманской гряды отвечают накоплениям пассивных континентальных окраин. В становлении Тиманского орогена предполагается несколько моделей формирования и вопрос развития тиманид остаётся дискуссионным (Ремизов, 2006; Пучков, 2010; Душин, 2008). В период палеозоя и мезозоя Тиман находился в платформенном режиме, что привело к формированию рудно-минералогических комплексов кор выветривания, россыпей и проявлению основного вулканизма.

**Пайхойско-Южноновоземельская МП** относится к палеоконтинентальному сектору со складчато-надвиговой структурой коллизионного орогена. На доорогенном этапе Пай-Хой представлял собой пассивную палеоокраину с формированием осадочного комплекса пород и с интенсивным базальтовым магматизмом. Пододвигание пассивной окраины под Байдарацкую островную дугу ведёт к образованию складчато-надвиговой структуры (Палеопайхоский коллизионный ороген). Впоследствии ороген был эродирован, и территория развивается как платформенная структура (Тимонин и др., 2004).

**Уральские МП.** С учётом особенностей геологического развития севера Урала и его минерагении в северной части складчатого Урала выделены восемь минералогических провинций (Юшкин и др., 1986). Тимано-Североуральская часть охватывает северную часть Предуральской минералогической провинции, Лемвинскую, Полярноуральскую, Ляпинскую и Войкаро-Щучьинскую МП. В зоне Уральского орогена в результате расхождения литосферных блоков были сформированы различные геологические структуры. В соответствии с этим в Уральской аккреционно-коллизионной области происходит смена комплексов в направлении от палеоконтинентального к палеоокеаническому сектору (Куликова и др., 2001; Ремизов, 2006). Палеоконтинентальная часть Западного склона Урала представлена в разрезе Лемвинской МП, сложенной в основном терригенными образованиями. В составе Ляпинской и Полярноуральской МП присутствуют палеоокеанические и островодужные вулканогенные и вулканогенно-

осадочные комплексы, перемещённые из областей формирования последних на окраины относительно стабильных литосферных блоков. Войкаро-Щучьинская МП является сутурной зоной, сложенной офиолитами, маркирующей границу палеоконтинентального (и палеомикроконтинентального) и палеоокеанического сегментов.

В пределах выделенных провинций Тимано-Североуральского региона обнаружено различное количество минеральных видов (табл. 1).

Высокой степенью изученности отличается Полярный Урал, где в Войкаро-Щучьинской МП обнаружено 162 минерала. Кадастр данной провинции обогащён простыми веществами, халькогенными соединениями, но обеднён оксидами и кислородными солями. Палеоконтинентальный сектор Полярного Урала охарактеризован минеральными комплексами Полярноуральской МП, в которой насчитывается 351 минерал с преобладанием силикатов и халькогенных соединений, обогащён оксидами и кислородными солями. Минералогическая организация Приполярноуральского палеоконтинентального сектора характеризуется 321 минеральным видом и разновидностью Ляпинской провинции, а в западной части Полярноуральского палеоконтинентального сектора в Лемвинской провинции обнаружено 226 минералов. По кристаллохимической структуре минеральные комплексы данных провинций отличаются высоким силикатным и оксидным показателями, а также присутствием простых веществ. Аналогичный характер распределения минералов по классам установлен для Пайхойско-Южноновоземельской провинции (209 минералов). Однако преобладание сульфатных соединений указывает на широкое развитие экзогенных процессов. Кадастр Канино-Тиманской МП состоит из 249 минералов с преобладанием кислородосодержащих и недостатком сульфидных соединений, что довольно резко обособляет провинцию от уральских. В целом исследуемый регион отвечает земным показателям. Обнаруживается, что, в отличие от земной коры, Тимано-Североуральский регион гораздо более обогащён халькогенными соединениями, простыми веществами (в основном самородными металлами) и силикатами и обеднён кислородными соединениями.

Одним из параметров сравнительного анализа топоминералогических объектов является рассмотрение кадастра с позиции его кристаллосимметричной организации через последовательность сокра-

Таблица 1

**Распределение минеральных видов (% отн.) по кристаллохимическим типам и классам**

Типы и классы минералов, кристаллохимические индексы	Минералогические провинции										
	Войкаро-Щучьинская	Полярноуральская	Ляпинская	Лемвинская	Пайхойско-Южноновоземельская	Канино-Тиманская	Тимано-Североуральский регион	Урал (Кобяшев, 2006)	Земная кора (Ярошевский, 2005)	Луна (Войткевич и др., 1990)	Хондриты (Петтаев, 1988)
Простые вещества (ПВ)	15.4	5.4	5.9	4.7	4.3	4.4	6.9	6.9	2.3	15.0	18.2
Галоидные соединения (Г)	1.2	1.1	1.6	0.8	2.4	2.0	1.0	1.8	6.3	–	1.3
Халькогенные соединения (ХС)	27.8	26.2	22.1	20.4	27.3	14.9	28.6	22.4	14.9	11.8	18.3
Силикаты (Сил)	40.1	33.6	32.1	30.1	30.6	39.8	29.5	29.3	27.5	23.7	28.0
Оксиды и гидроксиды (О)	11.1	15.1	15.0	19.0	13.4	20.9	14.6	16.2	11.6	37.6	13.4
Кислородные соли (КС)	4.3	18.5	23.4	27.4	22.0	18.1	19.4	23.5	36.1	11.8	20.7
Органоминералы	–	–	–	–	–	–	–	0.2	1.0	–	–
Кп=КС+О+Сил/Г+ХС+ПВ	1.25	2.06	2.38	2.29	1.94	3.70	1.73	2.2	3.2	2.72	1.64
А= ХС+ПВ	43.2	32.7	29.6	30.3	34.0	21.3	36.6	31.0	23.5	26.9	37.8
В=Сил+КС	55.5	52.1	55.5	69.5	66.0	57.9	48.9	52.8	63.6	35.5	48.8
В/А	1.34	1.59	1.88	2.31	1.95	2.72	1.34	1.70	2.71	1.32	1.29

щения встречаемости сингоний (Юшкин и др., 1982; Юшкин, 1985; Шафрановский И., Шафрановский Г., 1990). Для Тимано-Североуральского региона сокращение числа минеральных видов происходит в ряду Мон<sub>29,8</sub> – Ромб<sub>21,8</sub> – Куб<sub>16,2</sub> – Триг<sub>11,8</sub> – Тетр<sub>8,5</sub> – Гек<sub>6,8</sub> – Трик<sub>3,5</sub>, т. е. идёт возрастание доли моноклинных минералов и сокращение доли кубических. Данный ряд отвечает среднелитосферному типу и позволяет отнести регион к рудным «низкосимметричным» провинциям. Распределение минералов по симметрии коррелируется с их кристаллохимическим составом (Юшкин, 1985; Силаев, 2008а). Для исследуемого минерального кадастра соблюдается кристаллохимический закон Грота-Фёдорова. С усложнением химического состава (от простых веществ до кислородных солей) снижается симметрия минералов (от высших до низших сингоний). Для отдельных МП исследуемого региона на уровне сингоний можно выделить два типа генеральной последовательности: моноклинно-кубическая (Войкаро-Щучьинская и Полярноуральская МП) и кубо-моноклинная (Лемвинская, Пайхойско-Южноновоземельская, Канино-Тиманская, Ляпинская МП). Для первого типа характерно преобладание кубических минералов, а для второго типа увеличивается роль минералов моноклинной сингонии. Такое смещение в сторону кубических минералов можно объяснить относительным обогащением МП металлами, халькогенными соединениями и оксидами.

Данные о распределении минералов в земной коре свидетельствуют о существовании чётко выраженных геохимической гетерогенности и градиентности геологических структур Тимано-Североуральского региона, связанных с процессами коровой дифференциации вещества в результате осадконакопления, метаморфизма и гранитообразования с мантийной (мантийно-коровой) дифференциацией. Количественными характеристиками геохимической дифференциации вещества являются статистические параметры, рассчитанные по измеренным свойствам вещества, такие как вариации кристаллохимической и симметричной структуры минеральных кадастров. Кристаллохимическим критерием дифференциации вещества является отношение встречаемости (силикаты + кислородные соли) / (халькогенные соединения + простые вещества) (индекс В/А), а в качестве критерия кристаллосимметричной дифференциации используют отношение низко- и высокосимметричных минералов (индекс Н/В). В соответствии с этим тренды, характеризующие геохимическую дифференциацию вещества Тимано-Североуральского региона, следующие.

*Тренд кристаллохимической дифференциации (индекс В/А):*

Хондриты (1.29) → Луна (1.32) → Тимано-Североуральский регион (1.34) → Войкаро-Щучьинская МП (1.34) → Полярноуральская МП (1.59) → Урал (1.70) → Ляпинская МП (1.88) → Пайхойско-Южноновоземельская МП (1.95) → Лемвинская МП (2.31) → Земная кора (2.71) → Канино-Тиманская МП (2.72).

*Тренд кристаллосимметричной дифференциации (индекс Н/В):*

Хондриты (0.68) → Войкаро-Щучьинская МП (0,89) → Луна (1.29) → Полярноуральская МП (1.54) → Лемвинская (1.80) → Ляпинская МП (1.90) → Пайхойско-Южноновоземельская МП (1.98) → Канино-Тиманская МП (2.12) → Тимано-Североуральский регион (2.05) → Земная кора (2.58).

Сегменты исследуемой территории с различными геодинамическими режимами характеризуются разнообразным минерально-видовым набором и кристаллосимметричной структурой. Палеоостроводужные минеральные комплексы отличаются преобладанием минералов класса халькогенных соединений и простых веществ над кислородосодержащими минералами, вследствие чего данные комплексы характеризуются обогащением высокосимметричными минералами. Орогенно-островодужные минеральные комплексы Урала и Пай-Хоя характеризуются увеличением роли кислородных соединений и снижением суммарного объёма высокосимметричных минералов. Данный тип распределения минералов установлен в целом для региона. Минеральные системы палеоконтинентальные (Лемвинская МП) и континентальные (Канино-Тиманская МП) отличаются преобладанием кислородосодержащих минералов (оксидов, силикатов, карбонатов, сульфатов и др.) со сменой преобладающей структуры в сторону низкосимметричных минералов.

Таким образом, установлена общая закономерность в изменении кристаллохимических и кристаллосимметричных рядов. Изменение происходит от примитивного вещества Луны, метеоритов, а также Войкаро-Щучьинской МП, обогащённых простыми веществами и халькогенными соединениями, до пре-

обладания силикатов и кислородных солей в составе земной коры, Урала и минералогических провинций Западноуральской структурной зоны, Пай-Хоя и Тимана. Сохраняется закономерность и в кристаллосимметричной структуре, где происходит снижение количества минералов кубической сингонии в метеоритах и Войкаро-Щучьинской МП до низкосимметричного облика земной коры и Уральских провинций. В целом, прослеживается тенденция изменения показателей неоднородности, кристаллохимической и кристаллосимметричной структуры в ряду (по возрастанию): палеоокеанические → орогенно-палеоконтинентальные → палеоконтинентальные → континентальные. Определены особенности минеральной организации Тимано-Североуральского региона, выявлены закономерности распространения минеральных видов по геологическим мегаструктурам севера Уральского складчатого пояса и Восточно-Европейской платформы. Полученные количественные оценки кристаллохимической и кристаллосимметричной организации Тимано-Североуральского региона показывают, что обобщённые параметры минеральных ассоциаций коррелируют с геологической историей развития региона.

### Литература

- Душин В.А., Фауст А.В.* Рифейский гранитный магматизм и металлогения Маньхембловского блока // Региональная геология и металлогения. 2008. № 35. С. 25–33.
- Куликова К.В., Кузнецов Н.Б., Дорохов Н.С.* Формационная типизация и палеогеодинамическая позиция позднедокембрийских и ранне-среднепалеозойских комплексов севера Урала // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Матер. конфер. Томск, 2001. С. 151–160.
- Пучков В.Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: Дизайн Полиграф Сервис, 2010. 280 с.
- Ремизов Д.Н.* Петролого-геодинамическая модель Тимано-Североуральского региона // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2006. №3. С. 14–21.
- Силаев В.И.* Начальные теоремы из области общей филогении минералов // Мир минералов, кристаллов и наноструктур. Сыктывкар, 2008. С. 19–36.
- Тимонин Н.И., Юдин В. В., Беляев А.А.* Палеогеодинамика Пай-Хоя. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 226 с.
- Шафрановский И.И., Шафрановский Г.И.* Методы и перспективы симметричной статистики минералов // Зап. ВМО. 1990. № 2. С. 63–74.
- Юшкин Н.П.* Топоминералогия. М.: Недра, 1982. 258 с.
- Юшкин Н.П., Шафроновский И.И., Янулов К.П.* Законы симметрии в минералогии. Л.: Наука, 1982. 335 с.
- Юшкин Н.П.* Кристаллосимметричная структура минеральных систем и ее генетико-информационное значение // Минералы и минералообразование. Тр. Ин-та геол. Коми ФАН СССР. Сыктывкар, 1985. Вып. 50. № 13. С. 3–20.
- Юшкин Н.П., Иванов О.К., Попов В.А.* Введение в топоминералогия Урала. М.: Наука, 1986. 296 с.