



Академия наук СССР
Коми филиал

НАУЧНЫЕ ДОКЛАДЫ

Н.П.Юшкин, А.П.Хомяков,
Н.З.Евзикова

ПРИНЦИП НАСЛЕДОВАНИЯ В МИНЕРАЛОГЕНЕЗИСЕ

Сыктывкар 1984

Академия наук СССР
Коми филиал

Серия препринтов "Научные доклады"
Выпуск 93

Н.П.Юшкин, А.П.Хомяков, Н.З.Евзикова

ПРИНЦИП НАСЛЕДОВАНИЯ
В МИНЕРАЛОГЕНЕЗИСЕ

Доклад на заседании Президиума
Коми филиала АН СССР
9 февраля 1984 г.

Сыктывкар 1984

ПРИНЦИП НАСЛЕДОВАНИЯ В МИНЕРАЛОГЕНЕЗИСЕ. Юшкин Н.П., Хомяков А.П., Евзикова Н.З. Серия препринтов "Научные доклады" Коми филиала АН СССР, 1984, вып. 93, 32 с.

Рассматривается явление наследования в минералогенезисе, определяется его роль в эволюции минерального мира, анализируются родственные связи между минералами, дается их классификация, обсуждаются особенности передачи наследственной информации в минералообразующих процессах.

PRINCIPLES OF INHERITANCE IN MINERALOGENESIS. Yushkin N.P., Khomyakov A.P., Evzikova N.Z. Series of pre-prints "Scientific reports", Komi branch of the USSR Academy of Sciences, 1984, Issue 93, pp. 32.

A phenomenon of inheritance in mineralogenesis is studied and its role in the minerals evolution is defined. Relations between minerals are analyzed, their classification is given, peculiarities of the transition of the hereditary information in mineral formation processes are discussed.

Редакционная коллегия

М.П.Рощевский (отв. редактор), Е.П.Калинин (отв. секретарь),
И.В.Забоева, Ю.И.Калимов, В.П.Подоплелов, Н.Н.Рочев, М.В.Фишман

ВВЕДЕНИЕ

В развитии минерального мира, как, впрочем, и любой другой естественной системы, органически объединяются две противоположные тенденции: а) появление и накопление принципиально нового в составе и структуре объектов в результате действия внешних эволюционных факторов; б) сохранение и использование в новых структурных постройках старого, первичного в результате действия внутренних механизмов наследственности. Первая, эволюционная тенденция находит соответствующее отражение в современных минералогических построениях [56, 58], роль же второй, наследственной тенденции недооценивается или вообще игнорируется, что наносит серьезный ущерб минералогической теории, особенно ее прогностическому аппарату. Не существует даже самой общей научной концепции наследования в минералогенезисе, и мы не раз обращали внимание на этот досадный пробел [52, 53, 56, 58].

В этой работе делается попытка сформулировать общие положения учения о минералогенетическом наследовании на основе анализа современных данных о природном и модельном (экспериментальном) минералообразовании и на основе результатов собственных минералогических исследований, проводившихся авторами на самых разнообразных объектах. Некоторые из положений уже обсуждались в литературе [21, 46].

Разрабатываемая здесь проблема обсуждалась нами с широким кругом минералогов и особенно с А.М.Асхабовым, В.В.Букановым, А.Г.Булахом, А.В.Волошиным, А.И.Гинзбургом, Д.П.Григорьевым, И.В.Давиденко, Ю.М.Дымковым, А.Г.Жабиным, Б.П.Зидаровой, В.Н.Квасничей, И.Н.Костовым, С.К.Кузнецовым, И.Л.Лапидесом, М.Н.Малеевым, Д.А.Минеевым, В.А. и В.И.Поповыми, Д.В.Рундквистом, В.И.Силаевым, Б.В.Чесноковым, И.И.Шафрановским, К.П.Януловым. Многие идеи являются итогом этих плодотворных дискуссий. Мы выражаем всем коллегам нашу искреннюю признательность.

НАСЛЕДОВАНИЕ В МИНЕРАЛОГЕНЕЗИСЕ. СУЩНОСТЬ ЯВЛЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЙ

Явление передачи определенных качеств от минералов-"предков" к минералам-"потомкам" или от ранних минеральных ассоциаций и комплексов к поздним, чем-то похожее на явление наследственности в органическом мире, давно обращало на себя внимание кристаллогенетиков и минералогов [6, 12, 28, 31, 35, 41, 48, 59], которые для его характеристики вводили в теоретический аппарат кристаллографии и минералогии различные термины: наследование, унаследование, преемственность, заимствование и т.п. В англоязычной литературе чаще всего употребляются термины heredity, inheritance.

В цепи последовательной смены поколений минералов каждое последующее поколение наследует определенные признаки минералов предыдущего поколения — в этом заключается смысл принципа наследования в минералогенезисе.

Анализ обширных данных из области кристаллогенезиса и генетической минералогии со всей очевидностью убеждает, что наследственность — это универсальное свойство кристаллических (в том числе минеральных) систем, и явление наследования характерно в той или иной степени для всех минералогенетических процессов. По универсальности, эволюционному смыслу и значению это явление сопоставимо с фундаментальными явлениями зарождения, роста и изменения кристаллических индивидов, составляющими сущность онтогении кристаллов [16, 17, 24]. Можно, следовательно, с полным основанием определить принцип наследования в минералогенезисе как один из важнейших законов науки о минералах [49].

Наследование в минеральном мире проявляется на всех структурных уровнях — от отдельного минерального индивида, даже от отдельных конституционных или анатомических элементов, до минеральных агрегатов, парагенезисов, ассоциаций, комплексов.

Особенно полно явление наследования реализуется на уровне минеральных индивидов — кристаллов и зерен; на примере кристаллогенезиса наиболее убедительно устанавливается и универсальность, всеобщность этого явления.

Рост кристалла, в каких бы условиях он не проходил (в геологической среде, в лабораторном кристаллизаторе или в технологическом реакторе) — это не изолированное кристаллогенетическое явление, а одно из звеньев сложной цепи последовательных физико-химических событий, в которой кристаллическое состояние вещества создавалось и разрушалось неоднократно, и одно за другим сменялись поколения кристаллов. Кристаллизующийся расплав, на-

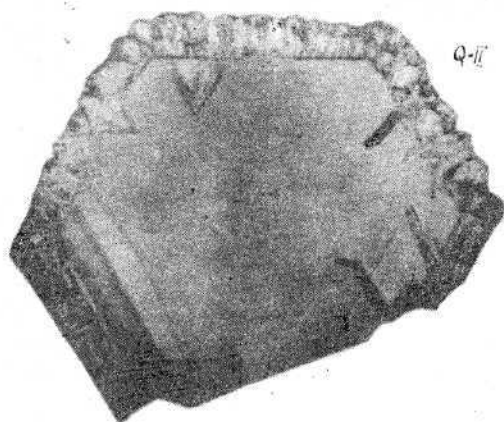


Рис. 1. Поперечный разрез кристалла кварца призматического облика, Приполярный Урал. Слоистое (нижние грани) и друзовое (верхние грани) нарастание кварца второй генерации (Q-II) на кварц первой генерации (Q-I).

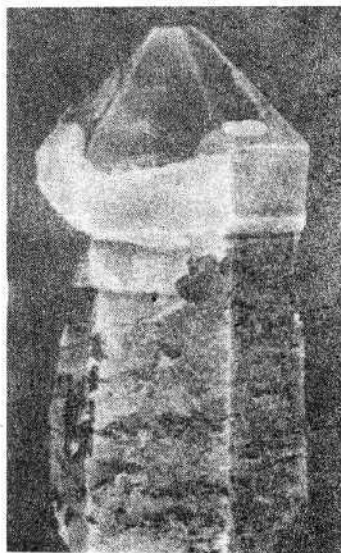


Рис. 2. Скипетровидный кристалл кварца, Приполярный Урал.

пример, и магматический и искусственный, — это более ранние расплавленные кристаллы; насыщенный раствор, питающий растущий кристалл и в природе, и в эксперименте, образуется обычно в результате растворения кристаллических фаз; твердофазная кристаллизация — это прямой процесс перехода одних кристаллических структур в другие. Это, естественно, не исключает возможности образования кристаллов из вещества, никогда не бывшего кристаллическим, но такая возможность реализуется главным образом в космических системах и, может быть, в недоступных наблюдению глубинных частях Земли.

Рост кристалла в геологических же и технологических условиях в общем виде можно рассматривать как один из этапов мегапроцесса перекристаллизации, при которой период промежуточного некристаллического состояния вещества может варьировать от бесконечно большого до бесконечно малого, различия исходных и конечных кристаллических фаз могут быть весьма существенными, вплоть до образования качественно новых кристаллических структур, или весьма незначительными. Кроме того, в некоторых кристаллогенетических процессах уже готовые кристаллы принимают непосредственное участие как активные компоненты кристаллоге-

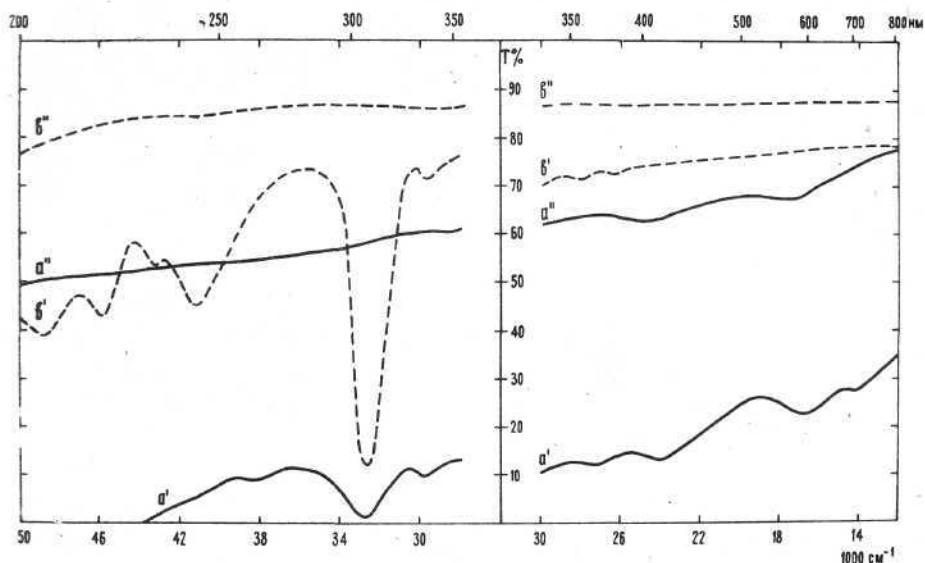


Рис. 3. Зависимость свойств искусственных кристаллов флюорита от исходной шихты: а', б' — спектры пропускания природного редкоземельного флюорита и полученных из него искусственных монокристаллов; а'', б'' — то же беспримесного флюорита.

нетических систем. Сюда относятся кристаллические зародыши и затравки в кристаллизаторах или на стенках минерализационных полостей, кристаллические подложки и т.п. Следовательно, растущий кристалл можно всегда рассматривать как новообразованный по отношению к ранее существовавшим или продолжающим существовать каким-то исходным кристаллам, к его кристаллическим "предкам" (рис, 1,2).

В таких условиях новообразованный кристалл несомненно заимствует, воспринимает какие-то конституционные и качественные особенности исходных кристаллов, причем полнота преемственности зависит от степени родства кристаллических "предков" и "потомков", т.е. от длительности и сложности тех явлений, которые разделяют их существование во времени и физическом пространстве. Роль этого явления в кристаллогенезисе иногда настолько велика, что оно в значительной степени определяет природу важнейших полезных качеств кристаллов. Например, оптические свойства кристаллов CaF_2 , выращенных стокбарггеровским методом (рис, 3), самым непосредственным образом зависят от состава и свойств исходной флюоритовой шихты [57].

Наиболее отчетливо наследование проявляется в процессе роста каждого отдельного минерального индивида, который воспринимает определенные черты кристаллического зародыша и того первичного кристаллического вещества, за счет которого сформирована вещественная компонента минералообразующей среды. Кроме того, каждый новый нарастающий кристаллический слой индивида вследствие матрично-редупликационного механизма роста воспринимает определенные структурные особенности предыдущего слоя. От слоя к слою может передаваться, например, пакет дислокаций, зародившихся в какой-то определенный момент роста кристалла (рис. 4). В целом конституция (состав, кристаллическая структура, физика, морфология) любого i -того слоя роста (зоны)

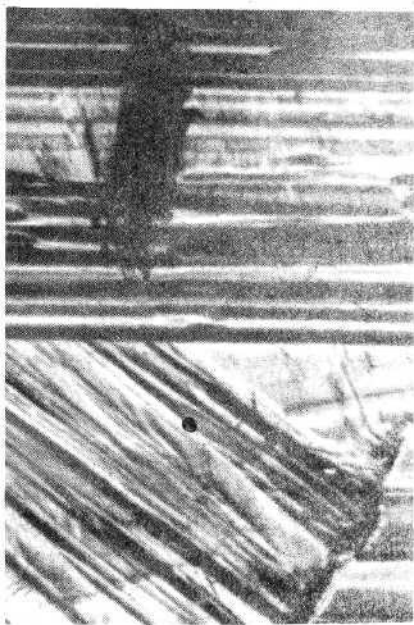


Рис. 4. Наследование пакета линейных дефектов из пирамиды регенерации $\ll \frac{R, r}{l} \gg$ новыми слоями

роста в пирамиде роста $\langle R \rangle$. Рентгенограмма, рефлекс (0003).

минерального индивида (Sk_i) является следствием совокупной реализации генетической (структурной, вещественной и энергетической) информации, определяющейся состоянием параметров минералообразующей среды в i -тый момент времени (Jm_i), и наследственной информации (Jh), слагающейся из информации о прошлом кристаллическом состоянии минералообразующего вещества, сохранившейся в среде (Jh_s), информации, заложенной в кристаллическом зародыше (Jh_n), и информации, передаваемой предшествующим кристаллическим слоем-подложкой (Jh_f), т.е.

$$Sk_i = Jm_i + \Sigma Jh.$$

Очевидно, что Jm_i создает то новое, что определяет эволюцию минерального вещества, а Jh характеризует преемственность старого при формировании нового. Влияние наследственной компоненты Jh может быть очень значительным. Часто минеральный индивид продолжает расти только за счет действия ростовых центров самого индивида в тех условиях, когда параметры среды становятся не-

благоприятными для роста. Именно действием наследственных факторов определяется существование метастабильной области в состоянии системы "минерал-среда", наследственные факторы лежат в основе широко проявляющегося в минералогенетических процессах закона инерции [51, 60].

Яркий пример явления наследования в минералогии представляют собой многообразные псевдоморфозы — минеральные индивиды и агрегаты, сохраняющие форму, а иногда и структуру более ранних минералов [16, 26, 61]. О них мы в дальнейшем будем говорить неоднократно.

Наследование и изменение конституции проявляется при метасоматических (реакционных) замещениях минералов. Учебным примером конституционно-родственных отношений по крайней мере в пяти минеральных поколениях является классическая "вилка Боуэна". Изменения любого признака минералов как в лейкократовом, так и в меланократовом рядах "вилки Боуэна" вполне закономерны [4, 14, 32]. Аналогичные ряды наследования конституции известны для рудных минералов: сульфидов меди и железа [15, 22], арсенидов кобальта и никеля [13], фосфатов железа и марганца [11], титано-ниобо-цирконосиликатов [44], ниобо-танталатов [8, 9].

Однако и при менее тесных, чем непосредственное метасоматическое замещение, контактах двух разных минералов можно обнаружить их конституционное родство. Оно выражается в явлениях синтаксии и эпитахии, а также образовании кристаллографически упорядоченных структур распада твердых растворов и мирмекитов.

Наследование на уровне минеральных агрегатов, парагенезисов и более сложных минеральных систем проявляется не так отчетливо, как на уровне минеральных индивидов, но и здесь можно привести немало впечатляющих примеров, особенно из области изучения руд, так как в учении о рудных месторождениях концепция наследственности, унаследования, преемственности давно занимает одно из ведущих положений [36]. Во всех хорошо изученных рудоносных регионах можно проследить эволюцию рудообразования на длительных отрезках геологического времени и всегда можно выделить ряд элементов как рудных, так и не рудных, которые не исчезают из эволюционного ряда, переходя из одного минерального состояния в другое, из предшествующей ассоциации в последующую. В формировании эволюционных рядов минеральных формаций, в том числе и рудных, большая роль принадлежит реакционным механизмам, и поэтому наследственные факторы в значительной степени определяют облик этих рядов [54, 55].

Очевидно, что явление минералогенетического наследования должно стать полноправным объектом минералогических исследований, а принцип наследования войти как один из важнейших элементов в минералогическую теорию. Прежде чем перейти к анализу этого принципа и изучению возможностей использования его в решении теоретических и практических проблем минералогии, уточним, что мы понимаем под свойством наследственности и явлением наследования в минералогенезисе.

Нам представляются наиболее целесообразными и строгими следующие определения исходных понятий.

Наследственность — свойство новообразованных минеральных индивидов быть в чем-то похожими на генетически связанные с ними предшествующие минералы, т.е. свойство минералов-"потомков" быть похожими на минералов-"предков".

Наследование — приобретение новообразованным минеральным индивидом некоторых специфических качеств, характерных для более ранних кристаллов, находящихся с новообразованными в прямых или косвенных генетических связях независимо от механизмов действия этих связей и от способов передачи наследственной информации.

В этих формулировках есть некоторая неопределенность, связанная с введением такого трудно конкретизируемого критерия, как генетические связи, генетическое родство, тем более что учитываются не только прямые генетические связи, но и косвенные. Но она неизбежна, так как понятия о наследственности и наследовании являются понятиями широкими, охватывающими все многообразие функционирования кристаллогенетической наследственной информации во времени и в пространстве.

РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ В МИНЕРАЛЬНОМ МИРЕ

В минералогенезисе в отличие от биогенезиса соотношение новообразованных минеральных индивидов с предшествующими поколениями минералов осуществляется не как отношение родителей и потомства, поскольку в основе минералогенезиса лежат существенно новые механизмы, не сводящиеся к обычному размножению. Предшествующие минералы, минералы-"предки", являясь компонентами минералогенетической среды или участвуя в ее формировании, представляют собой не только источники генетической информации (под которой понимается способ, структура организации вещества и энергии), но и тот исходный материал, то вещество, из которого создаются новообразованные индивиды в со-

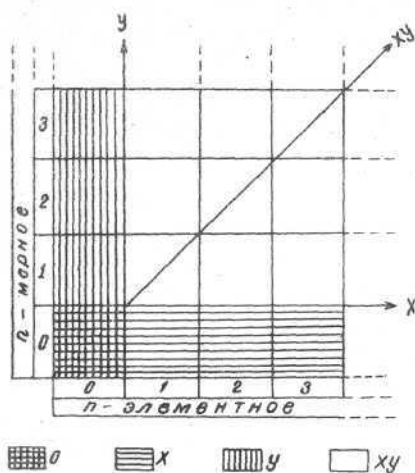


Рис. 5. Схема родственных взаимоотношений между минералами. Условные обозначения родства разных видов: 0 — нулевого, X — химического, Y — структурного, XY — конституционного. Стрелки указывают направление усиления родства.

ответствии с кодом развития, задаваемым общим состоянием минералогенетической среды [51]. Общая система родственных отношений в мире минералов поэтому не может быть представлена, как в биологии, простой схемой смены поколений предков и потомков (хотя общие элементы и определенные аналогии несомненно существуют и на них мы будем обращать внимание),

С позиций минералогенетического наследования предшествующие индивиды по отношению к новообразованным можно классифицировать по двум признакам (Хомяков, Юшкин, 1981): 1) по конституционному подобию (родству), 2) по относительному времени существования (по пространственно-временному отношению).

По первому (конституционному) признаку выделяются:

1а — конституционно аналогичные индивиды, т.е. кристаллы или зерна одного и того же вещества и одного и того же структурного типа, кристаллы одного и того же минерального вида, например, кристаллы кальцита или кварца, или флюорита и т.д.;

1б — конституционно подобные индивиды, т.е. кристаллы или изохимические, или изоструктурные, или изоморфные, или обладающие какими-то другими существенными чертами конституционного подобия; например, кальцит $\text{Ca}[\text{CO}_3]$ триг. и арагонит $\text{Ca}[\text{CO}_3]$ ромб.; α -S ромб. и γ -S монокл., S куб. и S гекс.; кристаллы структурного типа галита — NaCl , KCl , PbCl , LiF , LiBr , LiCl , AgBr , AgCl , MgO , CaO , MgS , PbS и т.д., CaTiO_3 и KMgF_2 , CaF_2 и VF_3 и т.п.;

1в — конституционно-чужеродные индивиды, т.е. кристаллы, не имеющие ярко выраженных существенных черт сходства ни в структурной организации, ни в химическом составе: например, PbS (галенит), SiO_2 (кварц), $\text{Ca}[\text{SO}_4]$ (ангидрит) и т.д.

Конституционное родство складывается из родства химического и структурного (Евзикова, 1983). Химическое родство (х) подразумевает присутствие в составе минералов общих химических элементов и растет пропорционально числу этих общих элементов [1].

2, 3 и т.д.). Структурное родство (у) заключается в общности геометрических мотивов расположения атомов и увеличивается с увеличением числа направлений, где эта общность геометрических мотивов наблюдается. В первом приближении структурное родство может быть трехмерным, двухмерным и одномерным (3, 2, 1}. Конституционным родством (ху) обладают минералы, сложенные хотя бы в какой-то своей части общими элементами и обладающие хотя бы в одном из направлений общностью геометрического мотива в расположении атомов. Конституционное родство может быть как угодно близким или дальним, вырождаясь в пределе в чисто химическое или чисто структурное родство (рис. 5). Например, х = 4 у гроссуляра-гейландита; у = 3 у пирита-уранинита; ху = 12 у бадделеита-пирохлора.

В том или ином конституционном родстве находятся, по-видимому, большинство представителей минерального царства, в том числе и минералы группы 1в, коль скоро они составлены немногочисленными элементами больших кларков и построены по принципу плотнейшей упаковки [37, 38]. Может быть, сам принцип плотнейшей упаковки есть результат упорного наследования в течение всей истории Земли однажды заданной, но несколько искаженной при передаче конституции ныне уже не существующего праминерала. Н.П.Чирвинский предполагал для этого праминерала тип химической формулы A_2X_3 и средней граммотомный объем около 7 см^3 [47].

Можно ли получить ответ на вопрос: какой из минералов, скажем, тетрагональный борнит или ромбический эвкайрит — конституционно более, близок кубическому золоту? Мерой сравнения может быть структурная плотность [19, 20]. Для характеристики структурной плотности (вернее структурной рыхлости) минералов предложена константа со, выражающая средний граммотомный объем

$\omega = \frac{n}{V}$, где n — общее число атомов, принимающих участие в

создании структурного типа минерала, V — молекулярный объем. Константа ω учитывает усредненные расстояния между структурными частицами и имеет то преимущество перед ионными радиусами, что для нее безразлична форма и координация атомов. Принципы и примеры конституционного родства на основе этого показателя даны в работе Н.З.Евзиковой [21],

Конституционная близость, или близость по со, благоприятствует соосаждению минералов, образованию ими закономерных сростков, созданию тонких механических смесей. Приведем для примера хотя бы следующие классические пары (в скобках — значения ω): магнетит (6,36) — ильменит (6,42), пирротин (9,37) — пент



Рис. 6. Регенерированный кристалл кварца, Приполярный Урал. Анатомическое строение выявлено гамма-облучением.

ландит (9,02), борнит (9,89) — халькозин (9,19), халькопирит (10,71) — сфалерит (11,93), антимонит (14,68) — буланжерит (15,10), галенит (PbS) — козалиит (16,08). При эмпирически установленной возможности колебаний значений w в минеральном мире от 3 до 21 близость этих значений у минералов, находящихся в тесном парагенезисе, означает унаследованную конституцию: либо один из них предок, а другой — потомок.

По второму (пространственно-временному) признаку выделяются:

2а — минеральные индивиды, сосуществующие с растущими и не изменяющиеся в процессе роста; к ним относятся различного рода кристаллы-подложки, кристаллы-затравки, регенерируемые кристаллы и т.п. (рис. 6);

2б — минеральные индивиды, сосуществующие с растущими и изменяющиеся или уничтожающиеся в результате роста новообразованных индивидов, т.е. замещающиеся индивиды, кристаллы, меняющие структуру в результате энергетических воздействий, распадающиеся твердые растворы и т.п. (рис. 7);



Рис. 7. Неполная псевдоморфоза. Вюртцит-2Н, замещающийся смитсонитом и другими вторичными минералами. Новая Земля Увелич. 30.

2в — существовавшие ранее индивиды, полностью исчезнувшие к моменту зарождения новообразованного кристалла (рис. 8): расплавленные, растворенные, разложившиеся и т.п., материал которых вошел в состав вещественных компонентов кристаллогенетической среды или от которых унаследована форма (псевдоморфозы выполнения).

Генетические ("родственные") связи новообразованных минералов с предшествующими, в результате функционирования которых осуществляется передача той или иной наследственной информации, определяются теми кристаллогенетическими механизмами, кото-

рые лежат в основе природных процессов минералообразования или способов выращивания искусственных аналогов минералов. Они довольно разнообразны и сложны, но по самым общим особенностям генетических соотношений поколений минеральных индивидов эти связи можно подразделить на четыре главных типа:

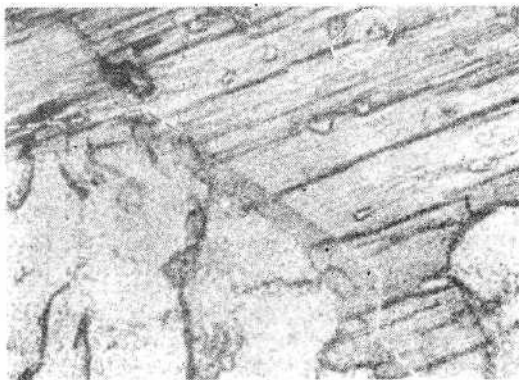


Рис. 8. Теневая псевдоморфоза. Кайма в амфиболе около замещаемого им зерна граната, Средний Урал. Увелич. 120. Из материалов Б.В.Чеснокова и В.И.Якшина.

А — нарастание новообразованного индивида на предшествующий (сюда относятся все случаи

ориентированного и неориентированного нарастания, зарастания любого кристаллического субстрата);

Б — замещение новообразованным индивидом (индивидами) предшествующего кристалла (все случаи псевдоморфизма, метасоматизма, перекристаллизации, грануляции);

В — превращение исходного индивида в новообразованный индивид (индивиды) в результате энергетического воздействия (изменение конституционного состояния в результате РТ-обработки, отжига, переходы типа "порядок = беспорядок", распад твердых растворов, полиморфные и политипные превращения и т.п.);

Г — переход из одного кристаллического состояния в другое через относительно долгоживущие некристаллические состояния — раствор, расплав, пар и др. (кристаллизация из растворов, расплавов, паров, газов, образовавшихся в результате разрушения ранее существовавших кристаллических структур).

Действие каждого из этих четырех механизмов может осуществляться в двух направлениях:

I — с сохранением конституционного вида предшествующих и новообразованных индивидов (например, $\text{CaF}_2 \rightarrow \text{CaF}_2$ или $\text{Ba[SO}_4] \rightarrow \text{Ba[SO}_4]$);

II — с конституционной трансформацией кристаллов, т.е. с переходом всего исходного кристаллического вещества или части вещества из одного кристаллического вида в другой (например, $\text{PbSnS}_2 \rightarrow \text{PbS} + \text{SnO}_2$, $\text{FeTiO}_3 \rightarrow \text{TiO}_2$, $\text{FeS}_2 \rightarrow \text{FeS}$, $\text{FeS}_2 \rightarrow \text{CuFeS}_2$ и т.п.).

НАСЛЕДСТВЕННАЯ ИНФОРМАЦИЯ

В табл. 1 нами сделана попытка свести к разобранной выше системе генетических соотношений все известные способы минералообразования и отразить те наследственные качества, которые передаются новообразованным индивидам в результате действия различных типов "родственных" связей.

Таблица 1

Типы генетических ("родственных") связей
предшествующих и новообразованных минеральных индивидов
и характер наследуемой информации

Характер "родственных" связей поколений минеральных индивидов (кристаллов)	Минералогенетический процесс	Наследуемые качества
--	------------------------------	----------------------

1а ПРЕДШЕСТВУЮЩИМИ ЯВЛЯЮТСЯ КОНСТИТУЦИОННО АНАЛОГИЧНЫЕ ИНДИВИДЫ (КРИСТАЛЛЫ)

1а. 2а Сосуществующие с растущими и не изменяющиеся в процессе роста

Кр 1' → Кр 1''	Нарастание нового моно- слоя на предыдущий в про- цессе роста одного и того же кристалла	Почти полное наследование структурного кода, согласно которому происходит кри- сталлическая организация вновь нарастающего вещества
Кр 1 ⇨ Кр II	Нарастание новой кристал- лической генерации на бо- лее раннюю, зарождение на поверхности более раннего кристалла, рост на кристал- лической затравке, подлож- ке	То же самое, но полнота на- следования зависит от степени анalogии Кр 1 и Кр II. Наибо- лее полно наследуется струк- тура активных центров роста
Кр 1 ←⇨ Кр II	Регенерация частично разру- шенного (деформированно- го механически или хими- чески) кристалла, рост на затравке или подложке с искусственно созданными поверхностями	Наследуется код структурной организации вновь кристалли- зующегося вещества

1а. 2б Сосуществующие с растущими и изменяющиеся или уничтожающиеся в результате роста

Кр 1 ←⇨ Кр II	Перекристаллизация или грануляция ранее существо- вавших кристаллов	Наследуется почти полностью химический состав за исклю- чением некоторых примесных компонентов, наследуется
---------------	---	--

Таблица 1 (продолжение)

Характер "родственных" связей поколений минеральных индивидов (кристаллов)	Минералогенетический процесс	Наследуемые качества
--	------------------------------	----------------------

		структурный тип, иногда дефектная структура, некоторые физические свойства
Кр 1 $\nleftrightarrow$ Кр П	Метаморфизм исходного кристалла в результате изменения энергетического состояния: отжиг, РТ-обработка, отдых, изменения типа порядок $\rightleftharpoons$ беспорядок, перераспределение дислокаций	Полное наследование химического состава, типа кристаллической структуры, сохранение некоторых общих черт существенно перестроившейся дефектной структуры

1а. 2в Существовавшие ранее, но полностью исчезнувшие к моменту зарождения нового индивида

Кр 1 $\rightarrow$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{расплав} \\ \text{раствор} \\ \text{газ} \end{array} \right\} \rightarrow$	Рост из растворов, расплавов, паров, газов и других некристаллических фаз, образовавшихся в результате естественного или искусственного разрушения ранее существовавших кристаллов того же вещества, выращивание с использованием шахты, методом зонной плавки и т.п.	Наследование вещества, полнота которого зависит от его потери или загрязнения во время нахождения в некристаллическом состоянии; наследование некоторых структурных элементов в зависимости от структурной "памяти" некристаллических фаз
$\rightarrow$ Кр П		
Кр 1 $\leftarrow \{ ? \} \leftarrow$ $\leftarrow$ Кр П	Выполнение кристаллическим веществом полостей, сохранившихся в твердой среде в результате разрушения более ранних индивидов того же вещества (псевдоморфозы выполнения)	Наследуется форма ранее существовавших индивидов

**16. ПРЕДШЕСТВУЮЩИМИ ЯВЛЯЮТСЯ
КОНСТИТУЦИОННО ПОДОБНЫЕ ИНДИВИДЫ (КРИСТАЛЛЫ)**

16. 2а Сосуществующие с растущими и не изменяющиеся в процессе роста

Кр А $\xrightarrow{\quad}$ Кр Б	Кристаллы растут одновременно, как правило, в закономерной взаимоориентировке (синтаксия)	Взаимонаследование (синхронное наследование) некоторых структурных особенностей
Кр А $\parallel$ Кр Б	Ориентированное нараста-	Наследование некоторых

Таблица 1 (продолжение)

Характер "родственных" связей поколений минеральных индивидов (кристаллов)	Минералогенетический процесс	Наследуемые качества
	Рост кристаллов вещества Б на кристаллы вещества А (эпитаксия)	структурных особенностей, наследование пространственной ориентировки кристаллов, морфологическое наследование

16. 26 Сосуществующие с растущими и изменяющиеся или уничтожающиеся в результате роста

Кр А $\nleftrightarrow$ Кр Б (+В+Г+...)	Различные типы псевдоморфных замещений, топотаксические реакции	Наследование части или всего вещества, некоторых структурных элементов пространственной ориентировки, ряда морфологических особенностей
Кр А $\xrightarrow{H}$ Кр Б (+В+Г+...)	Энергетические изменения, сопровождающиеся структурными и вещественными: полиморфные превращения, распад твердых растворов, дегидратация и т.п.	Наследование вещества, определенных структурных мотивов, морфологических особенностей

16. 2в. Существовавшие ранее, но полностью исчезнувшие к моменту зарождения нового индивида

Кр А $\rightarrow$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{расплав} \\ \text{раствор} \\ \text{газ} \end{array} \right\} \rightarrow$ $\rightarrow$ Кр Б	Рост из растворов, расплавов, паров и т.п., образовавшихся в результате разрушения ранее существовавших веществ, содержащих компоненты веществ, образующих новый кристалл	Наследование вещества или части вещества, эпизодическое наследование некоторых элементов структуры, сохраняющихся в "структурной" памяти некристаллических систем
Кр А $\nleftrightarrow$ Кр Б (+В+Г+...)	Псевдоморфизм выполнения (монокристаллические или поликристаллические "слепки" с уничтоженных кристаллов)	Наследование внешней формы замещенных кристаллов

1в ПРЕДШЕСТВУЮЩИМИ ЯВЛЯЮТСЯ КОНСТИТУЦИОННО ЧУЖЕРОДНЫЕ ИНДИВИДЫ (КРИСТАЛЛЫ)

1в. 2а Сосуществующие с растущими и не изменяющиеся в процессе роста

Кр А $\xrightarrow{\quad}$ Кр Б	Одновременный рост соприкасающихся кристаллов	Морфологическое наследование: образование поверхностей
---------------------------------	---	--

Таблица 1 (окончание)

Характер "родственных" связей поколений минеральных индивидов (кристаллов)	Минералогенетический процесс	Наследуемые качества
	разных веществ (минералов)	совместного роста
Кр А $\rightarrow$ Кр Б	Нарастание кристалла на любую кристаллическую поверхность, обрастание чужеродных кристаллов, зарождение на осколках или микрокристалликах других веществ (минералов)	Морфологическое наследование: появление псевдограней, изменяющих симметрию и форму новообразованных кристаллов по сравнению с теоретически вероятной; возможно наследование некоторых структурных элементов
<u>1в. 2б. Сосуществующие с растущими и изменяющиеся или уничтожающиеся в результате роста</u>		
Кр А $\leftarrow$ Кр Б	Процессы замещения с вытеснением и заменой вещества и структуры	Морфологическое наследование, возможно незначительное наследование вещества и некоторых элементов структуры
<u>1в. 2в. Существовавшие ранее, но полностью исчезнувшие к моменту зарождения нового кристалла</u>		
Кр А $\leftarrow$ Кр Б	Псевдоморфизм выполнения (кристаллизация нового вещества в полостях, образовавшихся в результате разрушения ранее существовавших кристаллов и удаление старого вещества)	Наследование внешней формы замещенных кристаллов

Объяснения символов: Кр — минеральный индивид (кристалл); 1, П, ... — генерации индивидов одного и того же минерального вида; 1', П'', ... — последовательные слои роста в кристалле; А, Б, ... — конституционные виды кристаллов.

Процессы: $\rightarrow$ рост; $\leftarrow$ разрушение, замещение; $\rightleftharpoons$ энергетические трансформации; $\rightarrow \{ \dots \}$ $\rightarrow$ переход через промежуточные состояния; $\parallel$ перерыв в росте.

Обобщая эти данные, мы можем свести всю минералогическую наследственную информацию к четырем типам: а) вещественной (наследование химического состава, включая все типы примесных компонентов); б) структурной (наследование структурного типа организации вещества, включая дефектность структур и другие

структурные особенности реальных кристаллов); в) морфологической (наследование внешней формы, анатомических особенностей, элементов внутренней и внешней симметрии); г) качественной (наследование физических и химических свойств кристаллов: окраски особенностей люминесценции, механических свойств и т.д.), Очевидно, что качественная наследственная информация функционально связана с вещественной и структурной (т.е. конституционной), в то время как другие типы информации являются относительно независимыми и могут наследоваться автономно. От существовавшего ранее кристаллического индивида новообразованием может быть унаследована только форма (псевдоморфозы), либо только осевая ориентировка, либо только мотив структуры, либо только химический состав или его отдельные компоненты и т.п., но не может быть унаследована способность, скажем, оптического пропускания кристаллов кальцита в определенном волновом диапазоне без наследования определенных примесей и связанных с их вхождением определенных структурных дефектов.

Характер наследуемой информации зависит от "родственных" отношений поколений минеральных индивидов и от механизмов действия "родственных" связей. Это отчетливо видно из данных табл. 1 и из табл. 2, в которой анализируется специфика генетической преемственности для различных случаев конституционного подобию и пространственно-временных отношений предшествующих в новообразованных поколениях индивидов. Как видно из табл. 2, наиболее полно наследственная информация передается конституционно аналогичным кристаллическим "потомкам". Что касается различных случаев пространственно-временных соотношений минералов, то максимальная полнота наследования всех типов информации достигается в ситуациях, когда новообразованные индивиды формируются в результате прямого преобразования исходных минералов,

НАСЛЕДОВАНИЕ В ГЕНЕТИЧЕСКИХ И ЭВОЛЮЦИОННЫХ РЯДАХ МИНЕРАЛОВ

В сложной структуре минерального мира обращает на себя внимание существование различных генетических рядов минералов, отражающих непрерывное направленное развитие минералообразующих процессов. Исследованию и анализу таких рядов посвящен целый ряд работ, выполненных в последние годы [6, 8, 9, 21, 22, 29, 44, 54, 55]. Впрочем, формирование генетических рядов — это общая черта органического и **неорганического мира** [7], на что обращал внимание, например, Н.И.Вавилов [5].

Таблица 2

Типы наследственной информации, функционирующей в поколениях индивидов

Конституционное "родство" исходных и новообразованных минералов	Характер наследственной информации, передаваемой предшествующими индивидами (кристаллами), находящимися в различных пространственно-временных соотноше- ниях с новообразованными индивидами (кристаллами)		
	Кристаллы, сосуществую- щие с растущими и не изме- няющиеся в процессе роста (2а)	Кристаллы, сосуществую- щие с растущими и изме- няющиеся или уничтожаю- щиеся в результате роста (2б)	Существовавшие ранее кристаллы, полностью исчезнувшие к моменту зарождения нового крис- талла (2в)
Конституционно аналогичные кристаллы (1а)	СТРУКТУРНАЯ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ качественная	ВЕЩЕСТВЕННАЯ СТРУКТУРНАЯ КАЧЕСТВЕННАЯ морфологическая	Вещественная морфологическая (структурная, качественная)
Конституционно подобные кристаллы (1б)	Структурная Морфологическая (качественная)	Структурная Вещественная Морфологическая Качественная	Вещественная Морфологическая (качественная)
Конституционно- чужеродные кристаллы (1в)	Морфологическая (структурная)	Морфологическая (вещественная) (структурная) (качественная)	Морфологическая (вещественная)

Примечание. Крупным шрифтом обозначены типы наследственной информации, передаваемой с наиболее высокой степенью полноты, в скобках — эпизодически наследуемая информация.

Существуют структурные, морфологические, видовые, формационные и т.п. ряды минералов, которые, как правило, имеют эволюционный характер. Причины, приводящие к формированию рядов, самые различные: это и последовательная кристаллизация вещества в сложных развивающихся минералообразующих системах, и фазовые трансформации в условиях меняющихся термодинамических параметров, и реакционные взаимодействия существующих и новообразованных минералов и многие другие. Но в любых случаях важную роль в формировании эволюционных рядов играет фактор структурного, вещественного и морфологического наследования.

Особенно многообразно наследование проявляется в эволюционных рядах, включающих трансформационные минералы. Такие ряды особенно характерны для аптаитовых нефелиновых сиенитов Ловозерского и Хибинского массивов, где на примере титано-, ниобо- и цирконосиликатов выделен особый класс псевдоморфоз замещения, в которых вторичный минерал наследует от первичного не только основной состав химических компонентов, но и принцип их пространственного расположения в кристалле [45]. Как результат такого наследования возникают закономерные эволюционные ряды минералов (ломоносовит → мурманит → белянкинит, вуоннемит → эпистолит → герасимовскит, паракелдышит → келдышит → гидрокелдышит, цирсиалит → ловозерит, казаковит → гидроказаковит и т.п.), в которых каждому вторичному минералу соответствует вполне определенный протоминерал. Особенность рассматриваемых вторичных минералов состоит в том, что они не могут кристаллизоваться непосредственно из раствора или расплава, а образуются исключительно путем изменения соответствующих протофаз. Ни один из этих минералов не удалось получить в результате прямого синтеза, и следует предполагать, что синтез подобных минералов, минуя стадию кристаллизации протофазы, принципиально невозможен. В то же время по соответствующим протофазам указанные вторичные минералы развиваются с исключительной легкостью, нередко приводя к полному исчезновению исходных фаз в значительных объемах горных пород.

Если рентгеноструктурный анализ обнаруживает радикал ломоносовита и мурманита, то он может рассматриваться как принадлежащий мурманиту только "по праву наследства", но не как "новое приобретение".

В рассмотренном случае явление наследования кристаллических структур оказывается ведущим фактором образования вторичных минералов, на основании чего последние могут быть противопоставлены остальному многообразию полигенных минералов как осо-

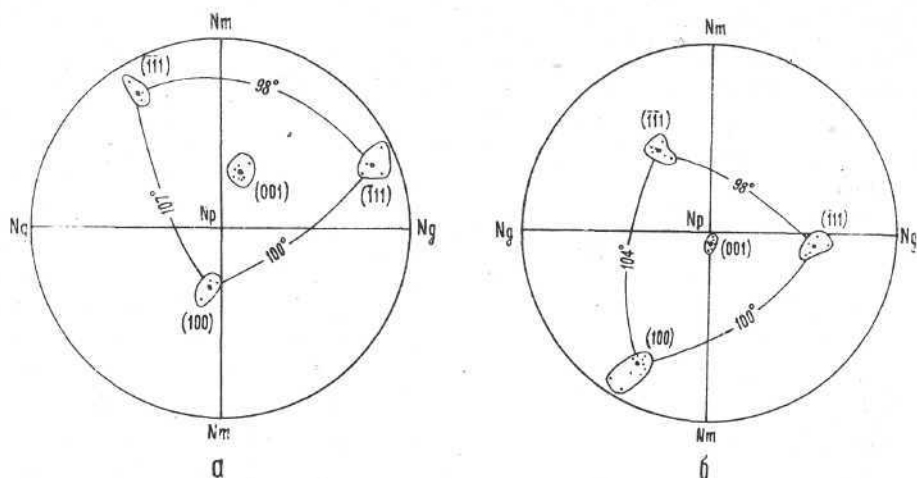


Рис. 9. Кристаллооптические диаграммы келдышита (а) и перекелдышита (б). Выделены сферические треугольники, связывающие полюса плоскостей совершенной спайности по псевдоромбоэдру.

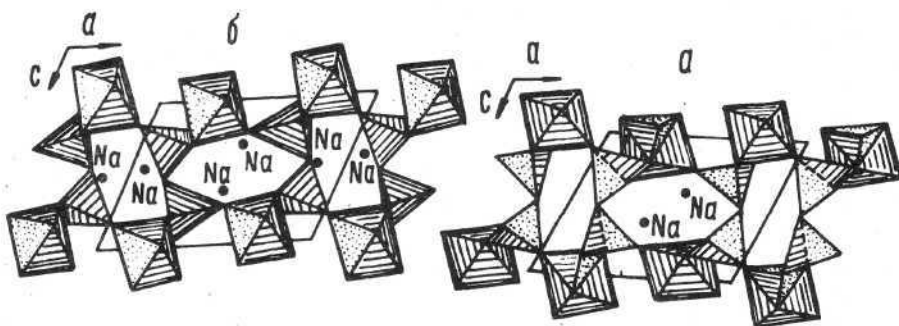


Рис. 10. Проекция кристаллических структур келдышита (а) и паракелдышита (б) на плоскость XOZ.

бая группа моногенных "трансформационных" минеральных видов [46], однозначно связанных узлами происхождения с их вполне конкретными первичными структурными аналогами.

Наличие тесного кристаллохимического родства вторичных минералов рассматриваемого класса с соответствующими предшественниками иллюстрируется (рис. 9, 10). Во всех случаях между родственными минералами наблюдается подобие в геометрии элементарных ячеек. Для триклинных цирконо-сшгакатов-келдышита и паракелдышита при заметных различиях в величинах линейных и угловых параметров ячейки характерна близость значений V_0 .

О принадлежности этих фаз к единому семейству структурных типов свидетельствует наличие у каждой из них ярко выраженной тригональной псевдосимметрии. Она проявляется в характерном расположении сферического треугольника (рис. 9), связывающего полюса трех систем совершенной спайности по псевдоромбоэдру, относительно двойниковой плоскости (001). На рис. 10 приведены проекции кристаллических структур обеих фаз на плоскость XOZ [42]. Мотив структуры почти одинаков, за исключением некоторого различия в координатах атомов. Так же, как и в паракелдышите, основу структуры келдышита составляет трехмерный каркас смешанного типа из Zr-октаэдров и диортогрупп Si_2O_7 , в котором все немостиновые атомы кислорода диортогрупп одновременно являются вершинами Zr-октаэдров. Каркас содержит два типа крупных пустот, заполненных атомами Na. При замещении паракелдышита келдышитом часть атомов Na выщелачивается и возникают незаселенные пустоты. Для компенсации заряда ячейки в структуру входят атомы H.

Весьма показательны также следующие наблюдения в шлифах [43]. В неполных псевдоморфозах келдышита по паракелдышиту новообразованный минерал наследует не только внешнюю форму зерен исходной фазы, но и детали ее внутреннего строения, включая расположение первичных двойников. Границы между фазами в подобных сростках неровные, извилистые. Участки зерен, принадлежащие разным фазам, погасают одновременно, поскольку каждая из них имеет индивидуальную оптическую ориентировку (см. рис. 9).

Анализ функционирования наследственной информации в подобных рядах имеет большое значение для расшифровки палеоусловий и палеопроцессов минералообразования. Так, на основе охарактеризованных выше соотношений можно утверждать, что эпистолитовые породы и пегматиты, например Илимаусакского массива, первоначально сформировались как вуоннемитовые, хотя вуннеомит пока что там не описан, а ловозеритовые и келдышитовые породы Ловозерского и Хибинского массивов первоначально содержали в качестве пороодообразующих минералов цирсиналит и паракелдышит.

В генетическом и парагенетическом анализе эволюционных рядов можно использовать представления о конституционном родстве минералов. На примерах последовательного минералообразования в щелочных пегматитах интрузии Одихинча [34] и основных пегматитах Монче — тундры попытаемся проследить, как проходит передача конституционных особенностей минералов. Предлагается следующая схема анализа:

1. Соответственно минералогической документации устанавливаем попарно возрастные взаимоотношения между всеми наблюдавшимися минералами. Даем каждому минералу в порядке старшинства порядковый номер.

2. Откладываем порядковые номера минералов на оси абсцисс строящейся диаграммы последовательности минералообразования. Порядковые номера — вехи при измерении относительного геологического времени (Т) и геологического пространства (S).

3. Для каждого минерала из данных о его реальном химическом составе и удельном весе вычисляем w . Значение w откладываем на оси ординат.

4. Точки минералов, наблюдавшихся вместе, соединяем линиями. Получаем диаграмму конституционного изменения как отдельных минералов, так и их сообществ в геологическом пространстве-времени.

5. Из всех парагенетических линий на диаграмме выделяем те, которые означают метасоматические замещения с образованием псевдоморфоз (рис. 11). Это основные линии конституционного наследования. Как правило, они имеют дивергентный характер [20].

6. По границам между дивергентными парами проводим вертикальные линии. Они совпадают обычно с границами пород метасоматической колонки.

В рассматриваемом случае последовательного минералообразования в пегматитах интрузии Одихинча устанавливается наличие по крайней мере двух рядов (лейкократового и меланократового) передачи конституционных особенностей минералов. Оба ряда ведут свое происхождение от щелочного окерманита. Взаимодействие рядов друг с другом порождает промышленно ценный продукт пегматитов Одихинчи — флогопит. Второй случай анализа последовательного минералообразования с позиций конституционного наследования представлен на рис. 12. В основных габбро-пегматитах главный процесс передачи конституционных особенностей минералов идет по "вилке Боуэна" с той только поправкой, что причастными к "вилке" оказываются не только породообразующие, но и некоторые акцессорные (в том числе рудные) минералы. Они возникают как побочные продукты деаноритизации и флогопитизации.

Многочисленные примеры использования предложенной методики для решения практических задач, связанных с определением перспектив рудоносности определенных минеральных комплексов, приведены в работе Н.З.Евзиковой [21],

Обсуждая проблему эволюционных рядов минералов, нужно обратить внимание на их постоянную гомологичность, на стремление образовывать сингенетические и синхронные серии [6, 29, 38]

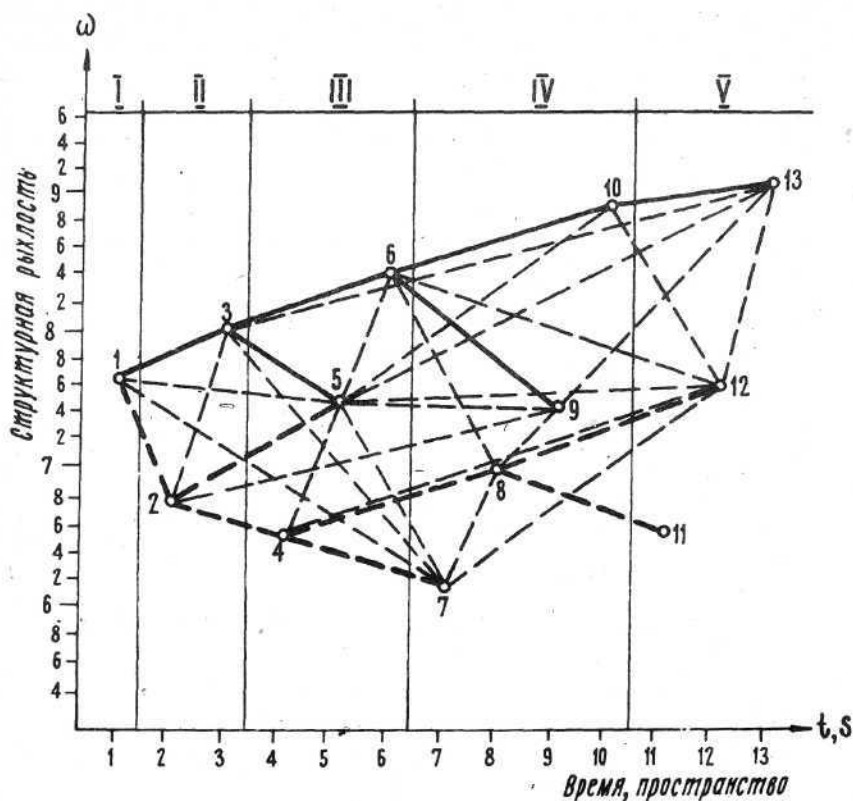


Рис. 11. Диаграмма возрастных и конституционных взаимоотношений минералов (точки) и их ассоциаций (отрезки прямых, многоугольники) во флюгипитоносных щелочных пегматитах Одихинчи. t — время, s — пространство, ω — структурная рыхлость. Минералы: 1 — щелочной окерманит, 2 — диопсид-авгит, 3 — калиевый нефелин, 4 — меланит, 5 — флогопит, 6 — канкринит, 7 — эгирин, 8 — сфен, 9 — кальцит, 10 — содалит, 11 — анатаз, 12 — карбонат-апатит, 13 — натролит. Генетические ряды: лейкократовый (сплошные толстые линии) и меланократовый (пунктирные толстые линии). Породы реакционной колонки (от периферии к центру пегматита): 1 — мелилититы, II — нефелин-пироксеновые, III — гранат-флогопитовые, IV — эгирин-кальцитовые, V — апатит-натролитовые.

Ряды в гомологичных сериях соответствуют друг другу, что позволяет судить о направленности изменения минералов одного ряда по результатам изучения другого, гомологичного первому, ряда.

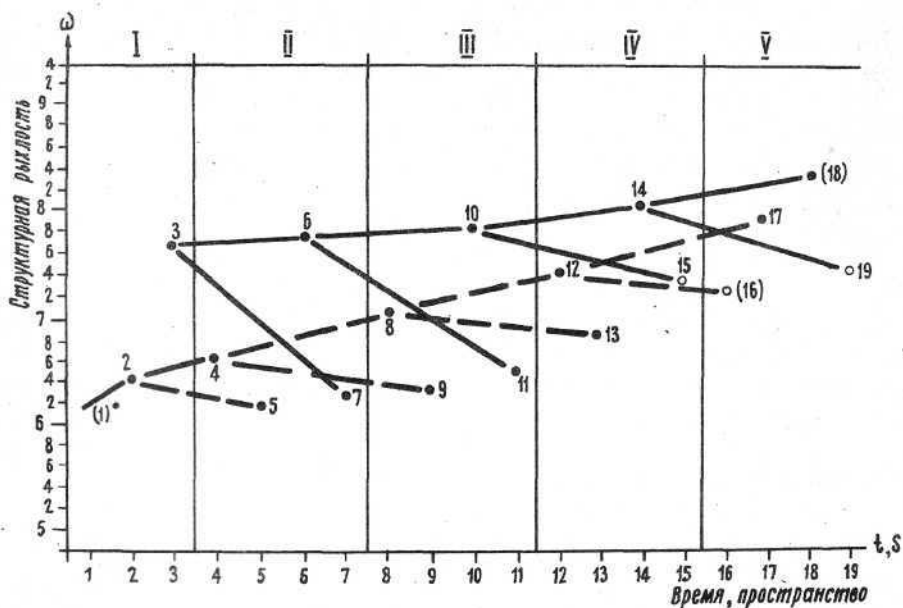


Рис. 12. Возрастные и конституционные взаимоотношения минералов (точки) и их ассоциаций (отрезки прямых, многоугольники) в шпировых и жильных пегматитах Монче-тундры. t — время, s — пространство, ω — структурная рыхлость. Минералы: 1 — форстерит, 2 — бронзит, 3 — анортит, 4 — авгит, 5 — титаномагнетит, 6 — андезин, 7 — андрадит, 8 — роговая обманка, 9 — ильменит, 10 — олиноклаз, 11 — эпидот, 12 — биотит, 13 — сфен, 14 — анортоклаз, 15 — кальцит, 16 — мусковит, 17 — хлорит, 18 — микроклин, 19 — кварц. В скобках заключены номера экстраполируемых минералов. Породы реакционной колонки (от периферии к центру пегматита): I — норит, II — габбро, III — диорит, IV — гранодиорит, V — гранит.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

В предшествующих разделах мы смогли рассмотреть лишь ряд основных вопросов, связанных с явлением наследования в минералогенезе. Как можно было убедиться даже на приведенном материале, принцип наследования универсален, охватывает все минералогенетические процессы, и чтобы он мог стать в полной мере эффективным элементом минералогической теории и методологии, необходимы специальные исследования, направленные на решение широкого комплекса проблем.

Попытаемся определить наиболее важные проблемы, связанные с наследованием в минералогенезе, и наметить пути их решения.

Очевидно, в первую очередь необходимо накопление фактических данных о явлении наследования, необходимы документирован-

ные наблюдения над разнообразным природным материалом, подкрепленные специальными модельными экспериментами. Сейчас с позиций наследования изучаются лишь отдельные процессы, в основе которых лежат главным образом механизмы обрастания, замещения, фазовых трансформаций и т.п. Необходим анализ особенностей передачи наследственной информации в разнообразных минералогических процессах и на всех структурных уровнях — от кристаллической решетки до минеральных ассоциаций и комплексов. При этом усилия должны быть направлены на поиски путей количественной характеристики наследственной информации, введение количественных мер возможно как в традиционных рамках физико-химической теории процессов минералообразования, так и путем использования аппарата теории информации [51].

Проблемой исключительной важности является проблема раскрытия механизмов наследования.

Если в основе биологической наследственности лежит "... принцип конвариантной редупликации дискретных кодов наследственной информации, передаваемых от поколения к поколению" [40, с. 62], то принцип, лежащий в основе передачи наследственной информации в минеральных системах, можно назвать матрично-репликационным. Каков бы ни был процесс минералообразования, минеральный индивид растет слой за слоем в соответствии с тем структурным "штампом", который задает состояние минералогенетической среды, взаимодействующей с растущим индивидом. Поскольку растущий минеральный индивид оказывает активное влияние на среду [33, 51], перестройка этого "штампа" с изменением параметров среды происходит не сразу, с существенным запозданием, и даже в сменившихся условиях продолжается репликационное нарастание кристаллического вещества на индивид в соответствии со структурой матрицы-подложки. В кристалл встраиваются не отдельные атомы, а довольно сложные и структурно строго определенные кристаллические блоки [1, 50].

Не исключено, что такие микрокристаллические блоки могут быть элементарными носителями кристаллогенетической информации. По представлениям ряда кристаллогенетиков кристалл и при растворении распадается на блоки, которые могут длительное время существовать в растворе [3]. Это подтверждается и наблюдениями Р.Ф.Стрикленда-Констэбла над так называемым "размножением кристаллов" [39]. Одним из проявлений "размножения" является, например, шлейф микрокристалликов, остающийся за движущимися в пересыщенном растворе крупным кристаллом. Они могут стать зародышами новых кристаллов или нарастать на уже существующие. "Наследственность преравна, и ее материальной основой явля-

ются кристаллические зародыши, обладающие свойством воспроизводить себя" [38, с. 95]. Проблема элементарного носителя минералогической информации — еще одна важная проблема минералогии.

Для минералогических процессов, как справедливо обратили внимание Н.Л.Смирнова и Н.В.Белов [38], характерно, формирование объектов из многих элементов, и, следовательно, передача и сохранение информации осуществляются комбинированием, образованием серий. Этим объясняется склонность минеральных систем к формированию различных гомологических рядов. Выявление эволюционных гомологических рядов, их исследование, установление закономерностей направленного изменения минералов в рядах имеет большое значение как для теоретической, так и для практической минералогии, так как открывает новые возможности для ретроспективных предсказаний.

С проблемой минеральной наследственности тесно связана проблема минеральной памяти, которая обсуждалась в литературе [51], но все еще остается практически не разработанной. Необходимо получить хотя бы приближенно-количественное представление о полноте, глубине наследования, о зависимости ее от внутренних и внешних факторов, от кинетики процессов. Большой интерес представляет выяснение особенностей ослабления и потери наследственной информации во времени.

Без учета явления наследования в минералогенезисе не может быть создана строгая и эффективная теория генетической минералогии, но особенно большое значение имеет принцип наследования для поисковой и технологической практики (разработка поисковых и оценочных критериев, разработка технологических процессов переработки и модифицирование минералов и руд, прогнозирование свойств искусственных кристаллов и синтетических минералов, управление минералосинтезом и т.п.).

Проблема наследования в минералогенезисе имеет более широкое значение, чем только для минералогии или наук геологического цикла: она представляет интерес для естествознания в целом и особенно для выяснения происхождения жизни и природы живого. Как недавно напомнил Н.Н.Шефталъ [35], академик В.А.Энгельгардт искал в природе "неживую модель живого организма". Именно такой моделью и является кристалл, на что неоднократно обращали внимание и минералоги, и физики, и биологи. В кристаллогенетической монографии Д.Баларева [3] есть специальная глава "Строение реальнокристаллических систем и общие проблемы биологии", Д.П.Григорьевым написана статья "Минерал как организм", проблема эта обсуждалась и нами [27, 51]. Мало кого удивляют

сейчас такие названия книг, как "Жизнь минералов" [23], "Живой кристалл" [10] и т.п. Из анализа кристаллов как моделей живых систем уже сделано немало продотворных выводов. В частности, на кристаллографические и кристаллогенетические закономерности опирался Н.И.Вавилов при создании своего широко известного учения о гомологических рядах растений, подчеркивая при этом перспективность дальнейших поисков общих закономерностей: "Дальнейшее исследование установит более точно и детально выражение закона гомологических рядов у растений и животных и позволит провести более детальные аналогии с системами химии и кристаллографии" [5, с. 100]. Сравнительный анализ явлений наследования в минеральных и живых системах — увлекательное, перспективное и практически незатронутое направление исследований.

Не менее актуально и заманчиво другое направление — выяснение роли минералов в зарождении жизни и эволюции минеральной наследственности и наследственность биологическую. Представления о минералах как субстрата, на котором зародилась жизнь, и о минералах, как генераторах живого, сформулированные В.И.Вернадским, становятся все более популярными [30]. Предполагается, что в формировании первичного белка минералы не только играли роль сорбентов-концентраторов, что доказано экспериментально, но могли быть и информационными матрицами, по которым осуществляется синтез упорядоченной последовательности аминокислот в протобелке. В связи с этой проблемой привлекают внимание ОН-содержащие минералы, в которых катионы, координирующие гидроксил, играют роль минералогического кодового слова — кодона. В качестве гипотетических матриц синтеза белка рассматриваются смешаннослойные минералы, относящиеся к семействам смектитов и кандитов. **"Буквами" кода в них могут быть Al_{y1} , Fe^{3+} , Mg , Fe^{2+} , вакансии.** Амфиболовая лента, рассмотренная с этих позиций, несет не меньше информации, чем хранитель генной памяти — молекула ДНК [30]. Наиболее вероятной средой абиогенеза представляется кора выветривания.

Таким образом, исследование явления и следствий наследования в минералогенезисе является одной из важнейших задач минералогической науки. Мы надеемся, что этот доклад привлечет к ней внимание широко круга минералогов и кристаллографов, а изложенные здесь результаты и представления станут основой для дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алесковский В.Б. Химия твердых веществ. — М.: Высшая школа, 1978, - 256 с.
2. Асхабов А.М. Регенерация кристаллов. — Л., Наука, 1979. - 176 с.
3. Баларев Д. Строеж на реальнокристаллитные системы. — София. Наука и Изкуство, 1964, - 266 с.
4. Белов Н.В. Основной магматический процесс в свете кристаллохимии. — В кн.: Химия земной коры (к 90-летию со дня рождения В.И.Вернадского). Т. 1, М., 1963, с. 13-19.
5. Вавилов Н.И. Закон гомологических рядов и наследственной изменчивости. — Сельское и лесное хозяйство, 1921, № 1-3, с. 84-102.
6. Белинский В.В. Закон тождества и гомологические ряды в минералогии. — В кн.: Минералогия и петрохимия интрузивных комплексов Сибири. Новосибирск: Наука, 1982, с. 3-16.
7. Власов Г.М. Общность законов развития органического и неорганического мира и этапы научного познания. — Дальневосточный ученый, 1983, № 7, с. 2.
8. Волошин А.В. Эволюционные и реакционные ряды танталовых минералов а гранитных пегматитах. — В кн.: Генетическая информация в минералах. Сыктывкар, 1980, с. 114-115. (Труды Ин-та геологии Коми фил. АН СССР, вып. 31).
9. Волошин А.В. Эволюционные и реакционные ряды танталовых минералов в гранитных пегматитах. — В кн.: Новые идеи в генетической минералогии. Л.: Наука, 1983.
10. Гегузин Я.Е. Живой кристалл. — М.: Наука, 1981, - 192 с.
11. Гинзбург А.И. Минералого-геохимическая характеристика литиевых пегматитов. — М.: Наука, 1965. (Тр. Минерал. музея АН СССР, вып. 7, с. 12-55).
12. Гогишвили В.Г., Вяхирев Н.П., Ярошевич В.З. О влиянии структурного состояния исходных материалов на продукты гидротермального синтеза. — В кн.: Структура, рост и методы изучения кристаллов. Л.: Изд. ЛГУ, 1974, с. 9.
13. Годовиков А.А. Об особенностях последовательности выделения арсенидов кобальта, никеля и железа в гидротермальных рудных жилах. — Геология и геофизика. 1960, № 6, с. 36-40.
14. Григорьев Д.П. О реакционном принципе в петрогенезисе. — Сов. геология, 1939, № 12, с. 61-67.
15. Григорьев Д.П. Закономерность образования сульфидов меди в колчеданных месторождениях Среднего Урала. — Записки ВМО, 1948, ч. 77, вып. 1, с. 32-42.
16. Григорьев Д.П. Онтогенез минералов. — Львов: Изд. Львовск. унив., 1961. - 284 с.
17. Григорьев Д.П., Жабин А.Г. Онтогенез минералов. Индивидуальность. — М.: Наука, 1975. - 340 с.
18. Григорьев Д.П. Минерал как организм. — В кн.: Проблемы генетической информации в минералогии. Сыктывкар, 1976, с. 6-7.
19. Евзикова Н.З. О структурных плотностях минералов. - Минерал. сборник Львовск. геол. общ., 1966, вып. 3, с. 352-358.
20. Евзикова Н.З. Единица измерений структурной плотности кристаллов. Хроника Федоровской сессии 1972 года. — Записки ВМО, 1973, ч. 102, вып. 2, с. 235-238.
21. Евзикова Н.З. Конституционное родство и генетические ряды мине-

ралов. — В кн.: Новые идеи в генетической минералогии. Л.: Наука, 1983.

22. Елисеев Э.Н. Ряды минералов с унаследованными кристаллическими структурами. — В кн.: Четвертое совещание по кристаллохимии, Кишинев, 1961, с. 53-54.

23. Жабин А.Г. Жизнь минералов. — М.: Советская Россия, 1976, -220 с.

24. Жабин А.Г. Онтогенез минералов. Агрегаты. — М.: Наука, 1979, -276с.

25. Жабин А.Г. Методические вопросы генетической минералогии. — В кн.: Методология и теория в геологии. Киев.: Наукова думка, 1982, с. 82-100.

26. Жабин А.Г., Рисинов В.Л. Генетическая классификация псевдоморфоз. — Записки ВМО, 1973, ч. 102, вып. 3.

27. Жабин А.Г., Юшкин Н.П., Асхабов А.М. Процессы экспериментального кристаллообразования и генетическая минералогия. — Записки ВМО, ч. 108, в. 2, с. 250-253.

28. Котов Н.В., Соболева С.В., Гойло Э.А. Структурная преемственность при слюдообразовании по каолиновым минералам в гидротерм, условиях, - Изв. АН СССР, 1980, № 12, Сер. геол., с. 68-80.

29. Кристалломорфологическая эволюция минералов. / Д.П.Григорьев, Н.З.Евзикова, Б.Зидарова, И.Костов, С.К.Кузнецов, М.Малеев, Д.А.Минеев, В.А.Попов, Б.В.Чесноков, И.И.Шафрановский, Н.П.Юшкин. — Сыктывкар, 1981. (Сер. препринтов "Научн. докл." / АН СССР, Коми фил.; вып. 76).

30. Лапидес И.Л. Реальная структура минералов — возможная информационная матрица в абиогенезе. — В кн.: Новые идеи в генетической минералогии. Л.: Наука, 1983.

31. Лебедев В.И. О механизме преобразования кристаллических веществ в процессах эпигенеза — явление дэпитизации. — Вестник ЛГУ, 1981, № 12, с. 21-35.

32. Леммлейн Г.Г. Порядок выделения силикатов из магматического расплава и энергия их кристаллических решеток. — ДАН СССР, 1936, № 1, с. 29-31.

33. Петровский В.А., Рузов В.П., Ракин В.И. Взаимодействие кристалла и среды. Сыктывкар, 1979. — (Сер. препринтов "Научн. докл." / АН СССР, Коми фил., вып. 48).

34. Прохорова С.М., Евзикова Н.З., Михайлова А.Ф. Флогопитоносность Маймеча-Котуйской провинции ультраосновных щелочных пород. — М.: Недра, 1966. - 196 с. (Труды НИИГА, т. 40).

36. Процессы реального кристаллообразования. / Н.Н.Шефтал, В.Е.Кисенко, А.Н.Бузынин, Н.И.Блецкая, В.В.Зайченко, М.Сенежал, Л.С.Березенко, Э.С.Фалькевич, А.А.Штернберг. — М.: Наука, 1977-235 с.

36. Рундквист Д.В. Использование закономерностей развития минеральных образований во времени при прогнозно-металлогенетических исследованиях. ~ Записки ВМО, 1982, ч. III, вып. 4, с. 402-421.

37. Смирнова Н.Л., Барышков Ю.И. Родственность структурных типов. Кристаллохимические закономерности образования кристаллических структур. — Вестник МГУ, Геол., 1975, № 3, с. 29-37.

38. Смирнова Н.Л., Белов Н.В. Эволюция в системе структурных типов. — В кн.: История и методология естественных наук. М., 1979, с. 94-102,

39. Стрикленд-Констэбл Р.Ф. Кинетика и механизм кристаллизации, — Л.: Недра, 1971.

40. Тимофеев-Ресовский Н.В., Генетика, эволюция и теоретическая биология. — Природа, 1980, № 9, с. 62-65.

41. Франк-Каменецкий В.А., Котов Н.В., Гойло Э.А. Кристаллохимия

трансформационных превращений глинистых минералов. — Записки ВМО, 1973, ч. 102, в. 2, с. 129-142.

42. Халилов А.Д., Хомяков А.П., Махмудов С.А. Кристаллическая структура келдышита $\text{NaZr}[\text{Si}_2\text{O}_6\text{OH}]$. — ДАН СССР, 1978, т. 238, № 3, с. 573-575.

43. Хомяков А.П. Типы закономерных сростаний минералов группы келдышита. — В кн.: Международн. геол. конгресс. XXV Сессия. Докл. сов. геологов. Геохимия. Минерал. Петрол. М.: Наука, 1976, с. 233-240.

44. Хомяков А.П. Явление наследования кристаллических структур минералов при псевдоморфизации как фактор видообразования. — В кн.: Генетическая информация в минералах. Сыктывкар, 1980, с. 20-21. (Тр. Ин-та геологии Коми филиала АН СССР, вып. 31).

45. Хомяков А.В. Эволюционные и реакционные ряды танталовых минералов. — В кн.: Новые идеи в генетической минералогии. Л.: Наука, 1983.

46. Хомяков А.П., Юшкин Н.П. Принцип наследования в кристаллогенезисе. — ДАН СССР, 1981, т. 256, № 5.

47. Червинский П.Н. Ионные и атомные константы псевдоэлементов. — Уч. зап. Молотовск. гос. ун-та, т. 4. Молотов, 1948, с. 165-179.

48. Чермак Г. Учебник минералогии. СПб, 1884Г379 с.

49. Шафрановский И.И. Кристаллографические законы в минералогии, — Записки ВМО, 1978, ч. 107, в. 5, с. 616-619.

50. Юшкин Н.П. Теория микроблочного роста кристаллов в природных гетерогенных растворах. — Сыктывкар, 1971»(Сер. "Научн. докл." / АН СССР, Коми фил., вып. 1).

51. Юшкин Н.П. Теория и методы минералогии. — Л.: Наука, 1977, -291 с.

52. Юшкин Н.П. Онтогенез минералов: успехи и перспективы. — Минералогический журнал, 1979, т. 1, № 1, с. 86-89.

53. Юшкин Н.П. Опыт среднемасштабной топоминералогии. — Л.: Наука, 1980, -376 с.

54. Юшкин Н.П. Практическое значение онтогенеза минералов. — Записки ВМО, 1980, ч. 109, вып. 4, с. 385-395.

55. Юшкин Н.П. Топоминералогия. — М.: Недра, 1982, -288 с.

56. Юшкин Н.П. Эволюционные представления в современной минералогии. — Записки ВМО, 1982, ч. Ш, вып. 4, с. 432-442.

57. Юшкин Н.П., Волкова Н.В., Кунц А.Ф. Флюорит Уральско-Новоземельской провинции и проблемы его использования. Сыктывкар, 1977, -48 с. (Сер. "Научные рекомендации — народному хозяйству"/АН СССР, Коми фил., вып. 12).

58. Юшкин Н.П., Жабин А.Г. Перспективные направления генетической минералогии. — Записки ВМО, 1978, ч. 107, в. 5, с. 505-518.

59. Frank-Kamenetskij V.A., Kotov N.V., Goilo E.A. Inheritance of polytypes by structural transformations of layer silicates. — Tenth Int. Congr. of Crystallography. Collected Abstracts. Amsterdam. 1975, p. 296.

60. Grigoriew D.P. Wachstum und Formen der Minerale — Der. Deutsch. Ges. geol. Wiss. B., 1968, Bd. 13, 3, s. 289-303.

61. Strunz H. Pseudomorphosen — der derzeitige Kenntnisstand. Veltjuch einer Klassifizierung. — Aufschluss, 1982, 33, v. 9, s. 313-342.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Наследование в минералогенезисе. Сущность явления, определение понятий	4
Родственные связи в минеральном мире.	9
Наследственная информация	14
Наследование в генетических и эволюционных рядах минералов.	18
Перспективные проблемы.	25
Литература	29

Николай Павлович Юшкин
Александр Петрович Хомяков
Нинель Захаровна Евзикова

ПРИНЦИП НАСЛЕДОВАНИЯ В МИНЕРАЛОГЕНЕЗИСЕ

Редактор Ю.А.Кочев
Техн. редактор М.А.Сазанская

Подписано в печать 26.10.83. Ц01432. Формат 60х90 1/16. Бум. типограф-
ская № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2. Уч.-изд. л. 2,1.
Тираж 400. Заказ № 288. Цена 15 коп.

167610, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 26,
ротапринт Коми филиала АН СССР