

ЗАВИСИМОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЙ ХРУСТАЛЬНЫХ ГНЕЗД ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА ОТ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД

А. Е. Карякин

Большинство исследователей месторождений горного хрусталя Приполярного Урала считает, что компоненты, входящие в состав минералов гнезд, вынесены гидротермальными растворами из магматического очага. Посмотрим, насколько это широко распространенное мнение подтверждается фактическим материалом при более или менее детальном исследовании состава вмещающих пород и хрустальных гнезд.

Поразительное сходство валового химического состава минералов хрустальных гнезд и вмещающих пород бросается в глаза даже при беглом знакомстве с химическими анализами. Химические анализы показывают, что минералы хрустальных гнезд Приполярного Урала состоят из следующих компонентов: SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , Fe_2O_3 , TiO_2 , MnO , H_2O и CO_2 . Все эти компоненты входят и в состав пород, вмещающих хрустальные гнезда. Характерно, что количественные соотношения между указанными компонентами почти одинаковы как в общем составе минералов гнездового выполнения, так и во вмещающих хрустальные гнезда породах.

Рассмотрим отдельные компоненты, входящие в состав минералов хрустальных гнезд.

Кремнезем (SiO_2) насыщает как изверженные, так и осадочно-метаморфические породы исследованного района. Изверженные породы представлены главным образом гранитоидами (граниты, плагиограниты и диориты), а осадочно-метаморфические — преимущественно кварцевыми образованиями: кварцитами, кварцево-серицитовыми и кварцево-хлоритовыми сланцами. Основные изверженные породы, известняки и известково-глинистые сланцы в пределах хрусталеносной полосы имеют весьма ограниченное развитие [7].

Как видно из табл. 1, под воздействием гидротермальных растворов кремнезем выносится из всех пород, вмещающих хрустальные гнезда. При этом наибольшее количество кремнезема выносится растворами из пород, пересыщенных SiO_2 . Однако, как показывают полевые наблюдения и химические анализы, количество выносимого кремнезема зависит не только от содержания его в исходной породе, но и от интенсивности гидротермального преобразования. Замечено также, что породы, богатые темновыми силикатами, подвергаются более интенсивному гидротермальному изменению, чем лейкократовые силикатные [13].

Таблица 1*

Содержание кремнезема в различных породах хрусталеносной полосы и вынос его при гидротермальном изменении 1 м³ исходной породы

Порода	Содержание SiO ₂ в 1 м ³ неизменной породы кг	Содержание SiO ₂ в 1 м ³ измененной породы кг	Привнос (+) или вынос (-) SiO ₂ кг
Гранит	1960	1708	-252
Плагиогранит	1680	1459	-221
Диорит	1505	1310	-195
Гранитизированный сланец	1738	1445	-293
Диабаз	1164	950	-210
Кварцит	2429	2034	-395
Кварцево-серицитовый сланец	1855	1655	-200
Кварцево-хлоритовый сланец	1257	1086	-171
Среднее	1699	1459	-240

* Таблицы химических анализов, объемные веса горных пород (измененных и неизмененных) и методика пересчета изложены ранее [13].

Как известно, в горных (силикатных) породах кремнезем находится в виде свободного соединения — кварца и в виде связанного соединения — составной части многих породообразующих минералов (силикатов). Микроскопическое изучение гидротермально измененных пород показывает, что под воздействием растворов происходит обогащение вмещающих пород кварцем (окварцевание) за счет высвобождения его из породообразующих минералов (десиликация). Явление окварцевания боковых пород и является основным аргументом исследователей, считающих источником кремнезема хрустальных гнезд магматический очаг.

Сопоставление результатов микроскопического и химического исследований боковых пород приводит к выводу о том, что главная масса кремнезема, вошедшая в состав минералов хрустальных гнезд, заимствована минералообразующими растворами из силикатов в процессе их разложения. В связи с этим становится понятной приуроченность основных хрусталеносных провинций как Советского Союза, так и за границей к осадочно-метаморфическим породам существенного кварцевого состава (кварцитах, кварцитовым конгломератам, песчаникам и кварцево-сланцевым сланцам) и гранитоидным интрузиям (гранитам, плагиогранитам и диоритам).

Однако источником кремнезема для некоторых хрустальных гнезд, пространственно связанных с кварцевыми жилами, были не только вмещающие породы, но и само тело кварцевой жилы. Это подтверждается тупым выклиниванием кварцевых жил, клинообразной формой хрустальных гнезд, расположенных под кварцевыми жилами и ориентировкой кристаллов кварца, нарастающих вниз головками на нижние, тупо выклинивающиеся части кварцевых жил [8, 11, 13].

Заимствование кремнезема из тела кварцевых жил особенно ясно наблюдается в тех случаях, когда хрусталеносные кварцевые жилы залегают в карбонатных породах.

Глинозем (Al₂O₃) является важной составной частью многих минералов хрустальных гнезд (хлорита, серицита, альбита, адуляра, акти-

нолита, эпидота и др.) и породообразующих минералов боковых горных пород (микроклина, плагиоклазов, биотита, роговой обманки и др.).

Породы хрусталеносной полосы, особенно слюдистые сланцы, содержат значительное количество глинозема. Однако наряду с такими имеются породы, содержание глинозема в которых незначительно. К таким породам относятся кварциты, кварцитовые конгломераты и песчаники.

Таблица 2

Содержание глинозема в различных породах хрусталеносной полосы и привнос—вынос его при изменении 1 м³ исходной породы

Порода	Содержание Al ₂ O ₃ в 1 м ³ неизменной породы кг	Содержание Al ₂ O ₃ в 1 м ³ измененной породы кг	Привнос (+) или вынос (-) Al ₂ O ₃ при изменении 1 м ³ породы кг
Гранит	320,00	316,70	- 3,30
Плагиогранит	488,00	460,20	-27,80
Диорит	453,40	423,00	-30,40
Диабаз	431,40	369,60	-61,80
Гранитизированный сланец	404,60	375,80	-28,80
Кварцит	59,50	77,90	+18,40
Кварцево-серпичитовый сланец	525,00	482,70	-42,30
Кварцево-хлоритовый сланец	541,00	529,40	-11,60
Среднее	402,80	379,40	-23,40

Как следует из данных табл. 2, глинозем выносится из всех пород, вмещающих хрустальные гнезда, за исключением кварцитов. В кварциты глинозем привносится, вероятно, из нижележащих слюдистых сланцев и гранитоидов. Таким образом, источником глинозема, входящего в состав минералов хрустальных гнезд, несомненно, являются вмещающие породы, а не магматический очаг.

Таблица 3

Содержание закиси и окиси железа в породах, вмещающих хрустальные гнезда, и привнос—вынос их при гидротермальном изменении 1 м³ породы

Порода	Содержание FeO+Fe ₂ O ₃ в 1 м ³ неизменной породы, кг	Содержание FeO+Fe ₂ O ₃ в 1 м ³ измененной породы, кг	Привнос (+) или вынос (-) FeO+Fe ₂ O ₃ при изменении 1 м ³ породы, кг
Гранит	43,20	26,20	-17,00
Плагиогранит	93,00	58,40	-34,60
Диорит	199,20	149,60	-49,60
Диабаз	232,50	225,90	- 6,60
Гранитизированный сланец	176,30	118,60	-57,70
Кварцит	43,20	26,20	-17,00
Кварцево-серпичитовый сланец	59,70	38,10	-21,60
Кварцево-хлоритовый сланец	299,20	238,90	-60,30
Среднее	145,60	113,10	-32,50

Закись и окись железа (FeO и Fe_2O_3) входят в состав многих минералов хрустальных гнезд или в виде их существенной составной части (гематита, сидерита, хлорита, турмалина, эпидота, актинолита, аксинита и др.), или в виде изоморфной примеси (рутила, брукита, анатаза и др.). Важную роль эти компоненты играют и в составе породообразующих минералов вмещающих пород (биотита, роговой обманки, хлорита и др.).

Табл. 3 показывает, что из вмещающих пород растворами извлекается количество железа, вполне достаточное для образования минералов, заполняющих хрустальные гнезда.

Необходимо заметить, что в районах, сложенных нижнесилурийскими кварцитами, месторождения горного хрусталя залегают не в сиреневых (железистых), а в серовато-белых серицитизированных кварцитах и кварцитовых конгломератах. Неизвестно ни одного хрустального гнезда, ни одной минерализованной трещины и хрусталеносной зоны, которые располагались бы в сиреневых (гидротермально неизмененных) кварцитах или кварцитовых конгломератах. Все известные хрусталеносные кварцевые жилы, а также хрусталеносные зоны залегают в серовато-белых серицитизированных кварцитах и кварцитовых конгломератах. За пределами же хрусталеносной полосы серовато-белые серицитизированные кварциты и кварцитовые конгломераты отсутствуют, а широким развитием пользуются сиреневые (железистые) кварциты и кварцитовые конгломераты. В пределах же хрусталеносной полосы серовато-белые серицитизированные кварциты и кварцитовые конгломераты встречаются в виде пятен и полос внутри массивов, сложенных сиреневыми кварцитами и кварцитовыми конгломератами. Следовательно, при поисковых работах в первую очередь и особенно детально должны обследоваться серицитизированные (гидротермально измененные) кварциты и кварцитовые конгломераты [14].

Как видно из табл. 3, обесцвечивание сиреневых (железистых) кварцитов и кварцитовых конгломератов обусловлено выносом из них железа гидротермальными растворами. При гидротермальном же изменении гранитов, диоритов, диабазов и сланцев обесцвечивание пород, вмещающих хрустальные гнезда, проявляется значительно сильнее, чем обесцвечивание кварцитов. Контуры хрусталеносных полей в районах, сложенных этими породами, почти точно совпадают с границами распространения гидротермально измененных пород: серицитовыми сланцами, кварцево-серицитовыми породами и зелеными сланцами. В связи с этим значение интенсивно измененных и обесцвеченных пород как важнейших признаков при поисках месторождений горного хрусталя не может вызывать сомнений. Это положение полностью подтверждается и полевыми наблюдениями [6].

Окись магния (MgO). Хлорит является постоянным спутником кристаллов кварца. Многие хрустальные гнезда исследованного района заполнены только кристаллами кварца и хлоритовым песком. Известно, что MgO является существенной составной частью хлоритов. Следовательно, для образования хлоритов, заполняющих хрустальные гнезда, растворы должны были приносить большое количество MgO .

Вопрос об источнике MgO является таким же актуальным для генезиса хрустальных гнезд, как и вопрос об источнике кремнезема. Поэтому необходимо выяснить, могут ли вмещающие породы снабжать минералообразующие растворы достаточным количеством MgO .

Табл. 4 показывает, что MgO извлекается растворами из всех пород, вмещающих хрустальные гнезда, но особенно большое количество магния выносится из пород, богатых темноцветными минералами. Сле-

Содержание MgO в различных породах хрусталеносной полосы
и привнос-вынос его при изменении 1 м³ исходной породы

Порода	Содержание MgO в 1 м ³ неизменной породы, кг	Содержание MgO в 1 м ³ измененной породы, кг	Привнос (+) или вынос (-) MgO при изменении 1 м ³ породы, кг
Гранит	39,00	27,70	-11,30
Плагиогранит	40,50	15,70	-24,80
Диорит	126,60	53,80	-72,80
Диабаз	242,70	144,20	-98,50
Гранитизированный сланец	54,00	30,00	-24,00
Кварцит	13,80	5,10	- 8,70
Кварцево-серицитовый сла- нец	28,80	21,80	- 7,00
Кварцево-хлоритовый сланец	313,80	223,70	-90,10
Среднее	107,40	65,20	-42,20

довательно, диориты, габбро, порфириты и диабазы являются основными поставщиками MgO для хрустальных гнезд исследованного района.

В связи с повсеместным проявлением гидротермального метаморфизма в пределах хрусталеносной полосы основные породы почти нацело превращены в амфиболиты, зеленые сланцы, кварцево-хлоритовые и другие зеленокаменные породы, состоящие главным образом из амфиболов, хлорита, эпидота, альбита и кварца. Микроскопическое изучение показывает, что изменение основных пород заключается в замещении пироксенов амфиболами и хлоритами, а плагиоклазов — эпидотом, альбитом и кварцем [13].

Таким образом, в процессе гидротермального изменения основных пород растворы получали количество MgO, вполне достаточное для образования хлорита, выполняющего хрустальные гнезда. При изменении гранитоидов источником MgO, несомненно, были биотит и роговая обманка, а при изменении сланцев — амфиболы и хлориты.

Однако многие геологи считают, что материал для образования хлоритов приносился гидротермальными растворами из магматического очага. Не только полевые наблюдения и лабораторные исследования, но и общетеоретические соображения находятся в явном противоречии с этим мнением. Не вдаваясь в подробности, ограничимся только самым общим замечанием.

В настоящее время главные линии нормального процесса дифференциации магмы изучены достаточно хорошо. Это позволяет определять те условия, при которых в остаточной магме иногда концентрируются калий, натрий, кремнезем или же происходит обогащение водой и другими летучими компонентами. Кроме того, известно, что главная масса магния уходит из магматического очага в ранние стадии, связываясь при образовании оливинов и пироксенов, а позднее — амфиболов и биотита. Поэтому нормальная магма в конечной стадии кристаллизации не должна содержать большого количества магния. Следовательно, это общетеоретическое соображение также не позволяет объяснять хлоритизацию, исходя из гипотезы магниезиальных растворов магматического происхождения.

Все изложенное дает основание утверждать, что материал для обра-

зования хлоритов привносился не из магматического очага, а поступал в гидротермальные растворы из вмещающих горных пород. Элементы, входящие в состав хлоритов, были заимствованы гидротермальными растворами из горных пород по пути следования растворов и из стенок пород, вмещающих хрустальные гнезда.

Известь (CaO). Известь входит в состав многих минералов хрустальных гнезд: кальцита, эпидота, цоизита, актинолита, аксинита, сфена и др. Главная ее масса в изверженных породах находится в полевошпате — анортите. В неизмененных изверженных породах (гранитоидах) исследованного района плагиоклазы составляют около 45%, из которых 15% приходится на долю анортита [13]. В измененных изверженных породах плагиоклазы представлены исключительно альбитом. В среднем в измененных изверженных породах содержится 28% альбита. Следовательно, анортитовая часть плагиоклазов, как менее устойчивая, полностью разлагается и, несомненно, является главным источником обогащения растворов известью. Однако не вся известь, перешедшая в раствор, выносится в сторону. Часть ее остается на месте в виде новообразований — эпидота, кальцита, амфиболов и т. д. Таким образом, высвобождающаяся известь из плагиоклазов принимает активное участие в образовании многих метаморфических минералов. Нашими наблюдениями полностью подтверждается замечание акад. А. Г. Бетехтина о том, что при гидротермальном изменении изверженных пород в химических реакциях принимает участие главным образом анортитовая часть разлагающихся плагиоклазов [1].

Как известно, отличие амфиболов от пироксенов заключается в том, что в амфиболах отношение $CaO : MgO = 2 : 5$, тогда как в пироксенах соответствующего состава, например в диопсиде, это отношение равно 1 : 1. Следовательно, часть извести извлекается растворами и при замещении богатых известью пироксенов — амфиболами.

Таблица 5

Содержание извести в различных породах хрусталеносной полосы и привнос — вынос ее при изменении 1 м³ исходной породы

Порода	Содержание CaO в 1 м ³ неизменной породы, кг	Содержание CaO в 1 м ³ измененной породы, кг	Привнос (+) или вынос (—) CaO при изменении 1 м ³ породы, кг
Гранит	44,20	36,60	— 7,60
Плагиогранит	159,50	88,60	—70,90
Диорит	211,90	169,40	—42,50
Диабаз	254,20	184,40	—69,80
Гранитизированный сланец	66,50	43,00	—23,50
Кварцит	13,60	9,50	— 4,10
Кварцево-серпичитовый сланец	37,50	28,00	— 9,50
Кварцево-хлоритовый сланец	62,20	55,30	— 6,90
Среднее	106,10	76,80	—29,30

Как видно из табл. 5, количество извести, выносимое растворами из вмещающих пород, вполне достаточно для образования минералов хрустальных гнезд и минерализованных трещин. Особенно много извести извлекается из пород, богатых плагиоклазами. Таким образом, химические анализы полностью подтверждают данные микроскопического исследования и указывают на то, что полевошпатовая известь является

главным источником снабжения минералообразующих растворов этим компонентом.

Окись калия (K_2O). В виде незначительной примеси окись калия присутствует во многих минералах хрустальных гнезд, но главная масса ее сосредоточена в сериците и адуляре. Во вмещающих породах окись калия находится главным образом в микроклине и биотите. При гидротермальном изменении вмещающих пород происходит замещение микроклина серицитом и альбитом, а биотита — хлоритом. В процессе замещения микроклина и биотита вторичными минералами часть окиси калия переходит в раствор и выносится в сторону.

Т а б л и ц а 6

Содержание окиси калия в породах, вмещающих хрустальные гнезда, и привнос — вынос ее при гидротермальном изменении $1 м^3$ породы

Порода	Содержание K_2O в $1 м^3$ неизменной породы, кг	Содержание K_2O в $1 м^3$ измененной породы, кг	Привнос (+) или вынос (-) K_2O при изменении $1 м^3$ породы, кг
Гранит	134,10	121,00	-13,00
Плагιοгранит	34,20	41,00	+ 7,20
Диорит	31,20	6,20	-25,00
Диабаз	2,90	8,80	+ 5,90
Гранитизированный сланец	86,80	47,10	-39,70
Кварцит	2,70	16,40	+13,70
Кварцево-серицитовый сланец	87,00	97,60	+10,60
Кварцево-хлоритовый сланец	47,50	81,80	+33,00
Среднее	53,30	52,50	- 0,60

Многие исследователи месторождений горного хрусталя Приполярного Урала считают, что K_2O выносится гидротермальными растворами из магматического очага [16]. Однако химические анализы и микроскопическое изучение пород, вмещающих хрустальные гнезда, показывают, что гидротермальные растворы не выносят K_2O из магматического очага, а только производят перемещение ее из пород, богатых биотитом и калиевым полевым шпатом (граниты, гранитизированные сланцы и диориты), в породы, не содержащие или содержащие эти минералы в незначительных количествах (кварциты, плагιοграниты и диабазы), а также в породы, насыщенные глиноземом (слюдистые сланцы). Во всяком случае, нет оснований утверждать, что окись калия в больших количествах и полностью привносится в хрустальные гнезда и во вмещающие их породы из магматического очага.

Окись натрия (Na_2O). Минералы хрустальных гнезд — альбит, серицит и цеолиты — содержат окись натрия. Во вмещающих породах Na_2O находится главным образом в полевых шпатах. При гидротермальном изменении вмещающих пород полевые шпаты замещаются серицитом, альбитом, эпидотом и цоизитом. В процессе замещения полевых шпатов вторичными минералами часть окиси натрия переходит в минералообразующие растворы и вместе с ними уходит в сторону.

Как видно из табл. 7, гидротермальные растворы производят перемещение Na_2O из пород, содержащих средние и кислые плагιοклазы в значительном количестве (плагιοграниты, гранитизированные сланцы и диориты), в породы, не содержащие или содержащие эти минералы в незначительных количествах (кварциты и диабазы). Много Na_2O

осаждается из растворов и в породах, насыщенных глиноземом, — кварцево-серицитовых и кварцево-хлоритовых сланцах.

Как показывают табл. 6 и 7, K_2O и Na_2O извлекаются растворами из гранитоидов и переотлагаются в осадочно-метаморфических образо-

Таблица 7

Содержание окиси натрия в различных породах хрусталеносной полосы и привнос — вынос ее при гидротермальном изменении $1 м^3$ породы

Порода	Содержание Na_2O в $1 м^3$ неизменной породы, кг	Содержание Na_2O в $1 м^3$ измененной породы, кг	Привнос (+) или вынос (—) Na_2O при изменении $1 м^3$ породы, кг
Гранит	43,80	43,30	— 0,50
Плагногранит	101,00	71,10	—29,90
Диорит	103,50	78,00	—25,50
Гранитизированный сланец	58,00	56,20	—11,80
Диабаз	22,40	39,40	+17,00
Кварцит	1,90	3,70	+ 1,80
Кварцево-серицитовый сланец	27,70	43,70	+16,00
Кварцево-хлоритовый сланец	32,60	53,00	+20,40
Среднее	48,80	47,30	— 1,50

ваниях (кварцитах и слюдистых сланцах) и частично в основных изверженных породах (диабазлах).

Относительные количества K_2O и Na_2O в гранитоидах хрусталеносной полосы следующие: 1) в неизменных гранитоидах ($кг/1 м^3$ породы) $K_2O : Na_2O = 72 : 76$; 2) в гидротермально измененных гранитоидах ($кг/1 м^3$ породы) $K_2O : Na_2O = 54 : 60$.

Следовательно, при изменении гранитоидов K_2O и Na_2O извлекаются растворами примерно в одинаковых количествах: K_2O выносятся 18 кг, а Na_2O 16 кг из $1 м^3$ породы.

Относительные количества K_2O и Na_2O в осадочно-метаморфических и основных породах следующие: 1) в неизменных основных породах ($кг/1 м^3$ породы) $K_2O : Na_2O = 35 : 21$; 2) в гидротермально измененных и основных породах ($кг/1 м^3$ породы) $K_2O : Na_2O = 51 : 35$.

Следовательно, при изменении осадочно-метаморфические и основные породы обогащаются как K_2O , так и Na_2O примерно в одинаковых количествах: K_2O выносятся 16 кг, а Na_2O — 14 кг на $1 м^3$ измененной породы.

Как видно из изложенного, источником щелочей является не магматический очаг, а гранитоиды хрусталеносной полосы:

Двуокись титана (TiO_2). Титановые минералы — рутил, брукит, анатаз и сфен — являются весьма характерными членами минеральных ассоциаций хрустальных гнезд многих пьезокварцевых провинций мира. Некоторые исследователи поэтому хрусталеносные кварцевые жилы называют жилами титановой формации.

В исследованном районе титановые минералы преимущественно встречаются в гнездах, залегающих в гранитах и метаморфизованных песчано-глинистых осадках (кварцитах, кварцево-серицитовых и гранитизированных сланцах). В породах иного состава, в частности, в очень богатых ильменитом диабазлах и диоритах, титановые минералы, как правило, отсутствуют или появляются в очень незначительных количествах.

Таким образом, все четыре титановые минерала — рутил, брукит, анатаз и сфен — присутствуют как раз в тех породах, где меньше всего следовало бы ожидать их появления. На этом основании некоторые исследователи (например, Г. В. Меркулова и др.) устанавливают для титановых минералов так называемый «закон обратной зависимости». Они считают, что материал для титановых минералов приносился растворами из магмы и, во всяком случае, не извлекался из пород ближайшего окружения хрустальных гнезд.

Посмотрим, в какой степени «закон обратной зависимости» и все теоретические построения, связанные с ним, подтверждаются химическими анализами и микроскопическими исследованиями гидротермально измененных пород.

Таблица 8

Содержание двуокиси титана в породах, вмещающих хрустальные гнезда, и привнос — вынос ее при гидротермальном изменении 1 м³ породы

Порода	Содержание TiO ₂ в 1 м ³ неизменной породы, кг	Содержание TiO ₂ в 1 м ³ измененной породы, кг	Привнос (+) или вынос (-) TiO ₂ при изменении 1 м ³ породы, кг
Гранит	2,90	1,90	-1,00
Плаггиогранит	6,10	6,30	+0,20
Диорит	37,70	37,50	-0,20
Диабаз	29,20	29,20	0,00
Гранитизированный сланец	23,90	19,40	-4,50
Кварцит	7,50	5,80	-1,70
Кварцево-серицитовый сланец	8,00	7,00	-1,00
Кварцево-хлоритовый сланец	21,80	21,60	-0,20
Среднее	17,10	16,10	-1,00

Двуокись титана, как видно из табл. 8, выносится гидротермальными растворами не из тех пород, в которых она содержится в больших количествах (диориты, диабазы и кварцево-хлоритовые сланцы), а из пород, содержание TiO₂ в которых небольшое (граниты, кварциты и кварцево-серицитовые сланцы).

Данные химических анализов хорошо увязываются с результатами микроскопического изучения гидротермально измененных пород. Дело в том, что в диабазах, диоритах и кварцево-хлоритовых сланцах главная масса двуокиси титана связана с титаномagnetитом. Наблюдения в полированных шлифах показывают, что зерна титаномagnetита состоят из тонких прорастаний ильменита в магнетите. Иногда наблюдаются закономерные срастания ильменита и магнетита, напоминающие пертитовые срастания полевых шпатов. Часто ильменит в виде тонких пластиночек и, вероятно, иголочек пронизывает амфиболы и пироксены.

В зоне гидротермально измененных пород титаномagnetит является устойчивым минералом. Лишь отдельные зерна титаномagnetита окружены продуктами разложения. Продукты эти состоят из сфена в тонкораспыленном состоянии и, как известно, называются лейкоксомом. При механическом разрушении горных пород титаномagnetит, освобождаясь от свдих спутников, переходит в россыпи. В черных шлихах, полученных при промывке песков горных рек исследованного района, он является главной составной частью. Следовательно, при гидротермальном изме-

нении основных пород, в которых главная масса TiO_2 связана с титаномагнетитом, двуокись титана остается на месте.

Кроме этого, видимого на глаз и под микроскопом титанового минерала, TiO_2 входит в виде изоморфной примеси в состав многих силикатов, являющихся цветными минералами горных пород. По данным А. Н. Заварицкого: «Светлые слюды содержат 0,1—0,7% TiO_2 , биотит больше — до 0,1—1,5%, лепидолит — до 2—4,5%. Из других титаносодержащих минералов изверженных пород заслуживает упоминания титаносодержащий гранат (типа меланита), в котором содержание TiO_2 достигает от 3 до 22%» [2].

Микроскопическое изучение пород, богатых биотитом (граниты и гранитизированные сланцы), светлыми слюдами (кварцево-серицитовые сланцы и кварциты) и гранатом (кварциты, гранитизированные и кварцево-серицитовые сланцы), показывает, что в зонах гидротермально измененных пород рутил, брукит, анатаз и сфен образуются при разложении титаносодержащих силикатов, так сказать, в порядке «самоочистки» от TiO_2 , захваченной в иных термодинамических условиях. Развитие титановых минералов в процессе разрушения цветных силикатов особенно наглядно подтверждается замещением биотита сетчатыми сростками игольчатого рутила (сагенитовые решетки).

Замечено также, что двуокись титана не встречается в виде самостоятельных минералов в тех хрустальных гнездах, которые в большом количестве содержат хлорит. В то же время в хлоритах хрусталеносной полосы TiO_2 содержится от 0,04 до 0,16%, а FeO — от 23,18 до 28,94%. Отсутствие титановых минералов в гнездах, заполненных железосодержащими минералами, и наличие рутила, брукита, анатаза в гнездах, не содержащих хлорита, возможно объясняется тем, что «...при кристаллизации элементы с меньшей концентрацией будут входить в кристаллические решетки, образуемые господствующими элементами, как бы растворяясь в них. Если же данный элемент в окружающей среде не находит аналогичных себе по размерам и строению ионов других элементов, то, в каком бы малом количестве он ни присутствовал в растворе, при кристаллизации он должен образовать самостоятельное соединение» [17].

Принимая во внимание сказанное выше, можно утверждать, что материал для построения рутила, брукита, анатаза и сфена извлекался растворами не из магмы, а из цветных минералов, входящих в состав горных пород хрусталеносной полосы, и так называемый «закон обратной зависимости» (и все теоретические построения, связанные с ним) не соответствует действительности.

Закись марганца (MnO). Химическими анализами закись марганца в небольших количествах обнаруживается почти во всех цветных силикатах гнезд и пород хрусталеносной полосы. Однако в породах, вмещающих хрустальные гнезда, собственно марганцовых минералов не встречено, поэтому можно предполагать, что марганец входит в состав минералов горных пород в виде изоморфной примеси. Радиус иона двухвалентного марганца, как известно, близок радиусу иона двухвалентного железа, что объясняет обычное нахождение марганца в силикатах, обогащенных железом. Отношение $FeO : MnO$ в анализированных породах в среднем равно 50.

В хрустальных гнездах, выведенных эрозией на дневную поверхность, из марганцовых минералов встречен псиломелан, образовавшийся в экзогенных условиях при окислении марганецсодержащих минералов — силикатов и карбонатов хрустальных гнезд.

Вода (H_2O). В табл. 9 приведено содержание воды, определенной

как потеря при прокаливании ($H_2O +$). Вода, выделившаяся до 110° (H_2O), рассматриваемая как влажность, в таблице не указана.

Микроскопическое исследование показывает, что в гидротермально измененных породах иногда в значительных количествах присутствуют карбонаты. Поскольку в анализах определение углекислоты не произво-

Таблица 9

Содержание воды в породах, вмещающих хрустальные гнезда, и привнос — вынос ее при гидротермальном изменении $1 м^3$ породы

Порода	Содержание H_2O в $1 м^3$ неизменной породы, кг	Содержание H_2O в $1 м^3$ измененной породы, кг	Привнос (+) или вынос (—) H_2O при изменении $1 м^3$ породы, кг
Гранит	35,00	101,50	+66,50
Плагиогранит	42,90	108,70	+65,80
Диорит	32,80	93,30	+60,50
Диабаз	226,00	235,40	+ 9,40
Гранитизированный сланец	46,00	100,00	+54,00
Кварцит	2,90	12,60	+ 9,70
Кварцево-серицитовый сланец	88,10	120,00	+31,90
Кварцево-хлоритовый сланец	179,40	260,00	+80,60
Среднее	81,60	128,90	+47,30

дилось, содержание воды соответственно несколько завышено. Кроме углекислоты, в породообразующих минералах, несомненно, присутствуют и другие летучие составные части: бор, фтор, хлор, сера и фосфор. Эти летучие компоненты химическими анализами также не определялись. Следовательно, некоторое завышение содержания воды имеется и за их счет. Несмотря на это, привнос больших количеств воды во вмещающие породы не может вызывать сомнения.

Таким образом, вмещающие породы не только отдавали свои компоненты растворам, но и охотно поглощали растворитель, усоряя повышение концентрации компонентов в растворе. Процесс гидротермального преобразования вмещающих пород был направлен к установлению равновесия как со стороны гидротермальных растворов (насыщение компонентами породы), так и со стороны вновь образующихся минералов (поглощение растворителя — воды).

Заканчивая обзор окислов, входящих в состав минералов хрустальных гнезд и вмещающих пород, отметим, что химический состав горной породы обычно изображается рядом отношений окислов. Такое изображение химического состава носит условный характер, так как горные породы представляют смесь минералов, а не окислов. В настоящей же статье рассмотрены не минералы, а лишь те составные части их, которые непосредственно даются из опыта при изучении химизма горных пород, т. е. при их химическом анализе. Однако условность эта не может являться препятствием к разрешению таким путем поставленной задачи. В подтверждение сказанного приведем глубоко справедливое по этому вопросу замечание А. Н. Заварицкого: «Минералы являются кристаллическими телами, образованными из правильно расположенных в кристаллические решетки атомов. В этих решетках не выделяются отдельные окислы, и нельзя говорить поэтому об этих окислах как о реально в природе существующих, как таковые, составных частях горных пород или

минералов. Однако между числом атомов кислорода в силикатных горных породах и числом атомов элементов Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, H и др. существует определенное соотношение, вытекающее из того, что сумма валентностей катионов равна сумме валентностей анионов. Это обстоятельство и дает основание для представления состава породы в виде отношения окислов» [2].

Теперь, после обзора окислов, можно остановиться на зависимости минеральных ассоциаций хрустальных гнезд от химического состава вмещающих пород.

Зависимость минерального состава хрустальных гнезд от химического состава вмещающих пород в исследованном районе проявляется вполне отчетливо.

Кварцевые жилы более или менее одинаково широко распространены во всех породах хрусталеносной полосы и, независимо от состава последних, всегда остаются чисто кварцевыми образованиями. Это обстоятельство, как и целый ряд других фактов, указывает на то, что материал для кварцевых жил, несомненно, выносился растворами из магмы [5—7].

Хрустальные же гнезда исследованного района содержат изумительные по своей красоте кристаллы и друзы горного хрусталя, дымчатого кварца и аметиста. Кристаллы кварца являются главными, но не единственными минералами хрустальных гнезд — они всегда сопровождаются не менее изящно одетыми в грани парагенетическими минералами. Поэтому такие гнезда более правильно было бы называть не хрустальными, а минеральными. В хрустальных гнездах встречаются следующие минералы: кристаллы кварца (горный хрусталь, дымчатый кварц и аметист), хлорит, серицит, турмалин, аксинит, актинолит, амиант, тремолит, сфен, тальк, эпидот, цоизит, адуляр, альбит, цеолиты, сидерит, кальцит, исландский шпат, флюорит, апатит, лазулит, рутил, брукит, анатаз, гематит и сульфиды. Однако в каждом отдельном гнезде можно обнаружить лишь несколько минералов из названных в списке. Ни в одном из хрустальных гнезд до сих пор не были встречены одновременно все перечисленные выше минералы. Это объясняется тем, что минеральный состав хрустальных гнезд в первую очередь зависит от химизма тех пород, в которых они залегают. Большое же число минералов общего списка указывает на все разнообразие среды, в которой залегают хрустальные гнезда.

Таким образом, большое число минералов, находящихся в хрустальных гнездах исследованного района, с одной стороны, и ограниченное число их в отдельном взятом погребе, с другой — также свидетельствуют о наличии прямой зависимости минерального состава хрустальных гнезд от химизма тех пород, в которых эти гнезда залегают. Зависимость минеральных ассоциаций хрустальных гнезд от химического состава вмещающих пород проявляется как в отношении минералов, встречающихся часто и в больших количествах (хлорит, серицит, актинолит, кальцит и другие), так и в отношении минералов, появляющихся в гнездах спорадически и в незначительных, а иногда и ничтожно малых количествах (рутил, брукит, анатаз, сфен, турмалин, аксинит, цеолиты, апатит и флюорит).

Широко распространенным и почти постоянным спутником кристаллов кварца в хрустальных гнездах является хлорит. В больших или малых количествах этот минерал находится почти во всех хрустальных гнездах. Хлорит можно встретить в гнездах, залегающих в диабазах, габбро, диоритах, амфиболитах, гранитах, кварцитах, а также в кварцево-серицитовых, кварцево-хлоритовых и зеленых сланцах. Однако в боль-

ших количествах хлорит встречается только в гнездах, залегающих в породах, богатых магнием и железом: диабазах, габбро, амфиболитах, диоритах, кварцево-хлоритовых и зеленых сланцах. В этих породах хлорит является неизменным и постоянным спутником кристаллов кварца и почти целиком заполняет все пространство между ними. В гнездах, залегающих в гранитах, плагиигранитах, кварцитах и кварцево-серицитовых сланцах хлорит присутствует далеко не всегда и, как правило, в несравненно меньших количествах.

Следует подчеркнуть, что из этого правила имеется много исключений. Тем не менее, исключения эти не опровергают, а наоборот, более резко подчеркивают, как показано ниже, существование прямой зависимости минеральных ассоциаций хрустальных гнезд от химического состава вмещающих пород. Так, например, в некоторых хрустальных гнездах, залегающих в кварцитах, хлорит целиком или почти целиком выполняет полости гнезд. По этому поводу В. П. Иванова и Д. М. Шилин пишут следующее: «Для пьезокварцевых месторождений характерно, что хлорит встречается в жилах в том случае, когда они залегают в хлоритовых сланцах, в то время как серицит обычен в жилах, залегающих в кислых породах. Если принять это положение за правило, то непонятным исключением являются месторождения, жилы которых залегают в кварцитах и в значительной степени обогащены хлоритом» (подчеркнуто нами — А. К. [3]).

В процессе геологического картирования было установлено, что кварциты всех этих месторождений прорезаны густой сетью даек диабаза, и хрустальные гнезда располагаются в плоскостях контактов даек или на их продолжении по простиранию. Под воздействием гидротермальных растворов диабазы претерпели глубокое изменение и превращены в рыхлые, слегка рассланцованные породы, состоящие из альбита, хлорита, эпидота и кварца. Диабаз изменен почти полностью, т. е. первоначальная порода сохраняется очень редко в виде небольших участков, и дайки представляют собой главным образом кварцево-альбито-хлоритовые образования.

Материал для образования хлорита поступал из даек диабаза не только в хрустальные гнезда, но и в кварциты, вмещающие эти дайки. В контактах с дайками диабаза многие трещины в кварцитах заполнены хлоритом и кристаллами кварца. В процессе разложения полевых шпатов и пироксенов, вероятно, происходило высвобождение кварца из основных плагноклазов и вынос его из даек диабаза (совместно с другими компонентами) в хрустальные гнезда и открытые трещины, по которым циркулировали растворы. Таким образом, дайки диабаза являлись не только дорогой, по которой поднимались гидротермальные растворы, но и источником многих компонентов, вошедших в состав минералов хрустальных гнезд.

Гнезда, залегающие в стороне от даек диабаза, заполнены снежно-белой, жирной на ощупь глиной с примесью чешуек серицита и хлорита или кварцевым песком с примесью слюдисто-глинистого материала.

Аналогичных примеров можно привести много. Все они будут указывать на то, что характер минеральных ассоциаций часто зависит не столько от состава пород, окружающих хрустальные гнезда, сколько от особенностей геологического строения месторождения. Поэтому далеко не всегда общий химический состав минералов хрустальных гнезд выводится из пород, непосредственно прилегающих к хрустальным гнездам. Однако такого рода примеры не являются подтверждением «закона обратной зависимости», а опровергают его и указывают на существование прямой, хотя иногда и замаскированной геологическим строением, зави-

ших количествах хлорит встречается только в гнездах, залегающих в породах, богатых магнием и железом: диабазах, габбро, амфиболитах, диоритах, кварцево-хлоритовых и зеленых сланцах. В этих породах хлорит является неизменным и постоянным спутником кристаллов кварца и почти целиком заполняет все пространство между ними. В гнездах, залегающих в гранитах, плагиигранитах, кварцитах и кварцево-серицитовых сланцах хлорит присутствует далеко не всегда и, как правило, в несравненно меньших количествах.

Следует подчеркнуть, что из этого правила имеется много исключений. Тем не менее, исключения эти не опровергают, а наоборот, более резко подчеркивают, как показано ниже, существование прямой зависимости минеральных ассоциаций хрустальных гнезд от химического состава вмещающих пород. Так, например, в некоторых хрустальных гнездах, залегающих в кварцитах, хлорит целиком или почти целиком выполняет полости гнезд. По этому поводу В. П. Иванова и Д. М. Шилин пишут следующее: «Для пьезокварцевых месторождений характерно, что хлорит встречается в жилах в том случае, когда они залегают в хлоритовых сланцах, в то время как серицит обычен в жилах, залегающих в кислых породах. Если принять это положение за правило, то непонятным исключением являются месторождения, жилы которых залегают в кварцитах и в значительной степени обогащены хлоритом» (подчеркнуто нами — А. К. [3]).

В процессе геологического картирования было установлено, что кварциты всех этих месторождений прорезаны густой сетью даек диабаза, и хрустальные гнезда располагаются в плоскостях контактов даек или на их продолжении по простирацию. Под воздействием гидротермальных растворов диабазы претерпели глубокое изменение и превращены в рыхлые, слегка рассланцованные породы, состоящие из альбита, хлорита, эпидота и кварца. Диабаз изменен почти полностью, т. е. первоначальная порода сохраняется очень редко в виде небольших участков, и дайки представляют собой главным образом кварцево-альбито-хлоритовые образования.

Материал для образования хлорита поступал из даек диабаза не только в хрустальные гнезда, но и в кварциты, вмещающие эти дайки. В контактах с дайками диабаза многие трещины в кварцитах заполнены хлоритом и кристаллами кварца. В процессе разложения полевых шпатов и пироксенов, вероятно, происходило высвобождение кварца из основных плагноклазов и вынос его из даек диабаза (совместно с другими компонентами) в хрустальные гнезда и открытые трещины, по которым циркулировали растворы. Таким образом, дайки диабаза являлись не только дорогой, по которой поднимались гидротермальные растворы, но и источником многих компонентов, вошедших в состав минералов хрустальных гнезд.

Гнезда, залегающие в стороне от даек диабаза, заполнены снежно-белой, жирной на ощупь глиной с примесью чешуек серицита и хлорита или кварцевым песком с примесью слюдисто-глинистого материала.

Аналогичных примеров можно привести много. Все они будут указывать на то, что характер минеральных ассоциаций часто зависит не столько от состава пород, окружающих хрустальные гнезда, сколько от особенностей геологического строения месторождения. Поэтому далеко не всегда общий химический состав минералов хрустальных гнезд выводится из пород, непосредственно прилегающих к хрустальным гнездам. Однако такого рода примеры не являются подтверждением «закона обратной зависимости», а опровергают его и указывают на существование прямой, хотя иногда и замаскированной геологическим строением, зави-

симости минеральных ассоциаций хрустальных гнезд от состава вмещающих пород.

В исследованном районе хрустальные гнезда были встречены в самых различных породах: в дайках лейкократового гранита, в кварцево-серицитовых, кварцево-хлоритовых и кварцево-известковистых сланцах и т. д. Гнезда, залегающие в лейкократовых гранитах, заполнены кристаллами кварца, друзами адуляра и белой глиной с примесью серицита и кварцевого песка. Гнезда, залегающие в кварцево-хлоритовых сланцах, содержали в большом количестве хлоритовый песок, а в кварцево-серицитовых сланцах — слюдисто-глинистую массу. Гнезда, залегающие в кварцево-известковистых сланцах, заполнены кальцитом, амиантом, хлоритом и друзами аксинита. Включения в кристаллах кварца в этих гнездах представлены хлоритом, кальцитом, эпидотом и актинолитом. Кроме того, в одном гнезде обнаружен крупный кристалл апатита и несколько мелких кристалликов флюорита и шеелита. Кристалл апатита лежал среди минералов гнездового выполнения, а кристаллики флюорита и шеелита покрывали грани ромбоэдров обелисковидных кристаллов кварца.

Весьма интересная зависимость минеральных ассоциаций хрустальных гнезд от состава вмещающих пород наблюдается и на месторождении, залегающем в гибридных гранито-гнейсах. В пределах месторождения гибридные гранито-гнейсы содержат несколько линз сильно окварцованных известняков. Наличие линз известняков резко влияет на состав минералов, заполняющих хрусталеносные трещины в гранито-гнейсах. В этих трещинах, наряду с кристаллами кварца, присутствуют следующие минералы: амиант, альбит, аксинит и сфен. Особенно в больших количествах находится амиант. Все без исключения кристаллы кварца, альбита, аксинита и сфена густо пронизаны волосовидными иголочками амианта. Некоторые минерализованные трещины заполнены почти сплошь спутанно-волоконистым агрегатом этого минерала. Амиант заполняет не только минерализованные трещины и хрустальные гнезда, приуроченные к кварцевым жилам, но и все мелкие трещины и пустоты в гранито-гнейсах, окварцованных известняках и кварцевых жилах.

Нами было отобрано и сдано на химический анализ три пробы: одна проба (первый анализ) была взята в двух метрах от стенки минерализованной трещины; вторая (второй анализ) — из стенки минерализованной трещины и третья (третий анализ) — гнездовое выполнение. Анализы выполнены в химической лаборатории Ленинградского института огнеупоров аналитиками М. Бородачевой (первый анализ), Е. Модиной (второй анализ) и Н. Колендзян (третий анализ).

В связи с отсутствием данных по определению объемного веса анализированных проб, пересчет содержания окислов в килограммах на 1 м^3 породы не производился. Тем не менее, из табл. 10 видно, что в процессе гидротермального изменения вмещающих пород растворами извлекалось из них значительное количество SiO_2 , Na_2O и Al_2O_3 . В то же время растворы обогатили вмещающие породы целым рядом компонентов: CaO , MgO , K_2O , Fe_2O_3 , FeO и TiO_2 .

Таким образом, наличие известняков в пределах исследованного месторождения резко отразилось на химическом составе боковых пород и характере минеральных ассоциаций хрусталеносных трещин.

Все изложенное выше позволяет заключить, что *появление в хрустальном гнезде любого из рассмотренных минералов в значительной мере определяется составом вмещающих пород.*

Главные минералы хрустальных гнезд — кристаллы кварца — встречаются во всех породах хрусталеносной полосы. Это объясняется, во-

Таблица 10

Химические анализы боковых пород месторождения
«Асбестовое»

Окисел	Неизмененные гранито- гнейсы	Измененные гранито- гнейсы	Гнездовое выполнение
SiO ₂	69,74	59,80	50,84
TiO ₂	0,19	0,71	0,39
Al ₂ O ₃	16,82	15,48	6,45
Fe ₂ O ₃	0,81	3,81	0,96
FeO	0,58	1,73	16,14
CaO	3,54	12,28	12,52
MgO	1,32	1,85	11,09
K ₂ O	1,66	3,09	0,56
Na ₂ O	5,06	0,48	0,18
H ₂ O—	Нет	0,04	0,08
H ₂ O+	0,74	1,00	0,16
Сумма	100,16	100,23	99,29

первых, очень широким распространением в пределах хрусталеносной полосы пород, богатых кремнеземом (кварцита, кварцитов конгломератов, гранита, кварцево-серицитовых сланцев) и, во-вторых, в хрустальных гнездах, пространственно связанных с кварцевыми жилами, значительная часть кремнезема, входящая в состав кристаллов кварца, извлекалась растворами и из тела кварцевых жил [8, 13].

Как отмечено выше, большинство исследователей месторождений пьезооптического кварца Приполярного Урала (Б. Я. Осадчев, Е. Д. Полякова, и др.) считает, что компоненты, входящие в состав минералов хрустальных гнезд, вынесены гидротермальными растворами из магматического очага. В противоположность этой точке зрения Г. Г. Лемлейн, Г. В. Меркулова и Д. П. Григорьев относят месторождения Приполярного Урала к классическому примеру так называемых жил «альпийского типа». В своих выводах о типе месторождений эти авторы исходят из парагенезиса хрустальных гнезд Приполярного Урала, почти в точности соответствующего парагенезису жил Швейцарских Альп. Действительно, ассоциация минералов полярноуральских гнезд — кристаллы кварца (горный хрусталь, аметист, раухтопаз, морион), титановые минералы (рутил, анатаз, брукит, сфен), серицит, хлорит, кальцит, сидерит, альбит, адуляр, цеолиты, актинолит, эпидот, апатит, турмалин, — так же как и габитус этих минералов, вполне отвечает парагенезису жил альпийского типа. Однако, отдавая должное сходству минерального состава, эти авторы не учитывают того, насколько другие характерные особенности хрусталеносных жил Приполярного Урала соответствуют общепринятому понятию жил альпийского типа.

По данным исследователей Швейцарских Альп (Кенигсбергера, Паркера, Кампбелла и др.) [18—22] жилы альпийского типа имеют следующие характерные особенности:

- 1) в месторождениях наблюдается зависимость состава жильного выполнения от состава вмещающих пород; при этом мощность выщелоченной зоны находится в прямой зависимости от мощности самой жилы;
- 2) образование кварцевой жилы (кварцевой каймы) и хрустального гнезда происходило одновременно;

3) источником кремнезема как для кварцевой каймы, так и для кристаллов горного хрусталя были вмещающие породы.

В отличие от жил альпийского типа, месторождения пьезооптического кварца Приполярного Урала характеризуются следующими особенностями:

1. Вещественный состав кварцевых жил не зависит от состава вмещающих пород: кварцевые жилы являются мономинеральными (чисто кварцевыми) образованиями. Зоны интенсивного гидротермального изменения окаймляют не кварцевые жилы, а гнезда с кристаллами кварца. Следовательно, наиболее интенсивное изменение вмещающих пород наблюдается только около тех кварцевых жил, к которым приурочены промышленные хрустальные гнезда. Эта закономерность позволяет отличать хрусталеносные кварцевые жилы от нехрусталеносных и обуславливает зависимость минерального состава хрустальных гнезд от химического состава вмещающих пород.

2. Кварцевые жилы и хрустальные гнезда являются последовательными звеньями единого гидротермального процесса. Однако образование хрустальных гнезд происходило позднее кварцевых жил, после интермизационного перерыва.

3. При формировании кварцевых жил источником кремнезема был магматический очаг, а при образовании кристаллов кварца — боковые породы и *кварцевые жилы*. Особая промышленная ценность хрустальных гнезд, пространственно связанных с кварцевыми жилами, объясняется тем, что из тела кварцевой жилы гидротермальные растворы извлекали в достаточном количестве и наиболее чистый материал для роста кондиционных кристаллов кварца. Жилы альпийского типа, где кремнезем для кристаллов кварца извлекался только из боковых горных пород, никакой промышленной ценности, в отличие от месторождений пьезооптического кварца, не имеют.

Таким образом, между месторождениями музейных образцов Швейцарских Альп и промышленными месторождениями пьезооптического кварца имеются принципиальные отличия, поэтому хрусталеносные кварцевые жилы Приполярного Урала нельзя без соответствующих оговорок относить к типу альпийских жил. Однако для месторождений Швейцарских Альп и Приполярного Урала характерны и общие черты: четко выраженная зависимость минеральных ассоциаций хрустальных гнезд от химического состава вмещающих пород. Обоснованию этой зависимости для гнезд Приполярного Урала и посвящена настоящая статья, в которой (в отличие от опубликованных работ на эту тему) основное внимание обращается не только на качественную, но и количественную сторону данного явления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетехтин А. Г. Минералогия. Госгеолгиздат, 1950.
2. Заварицкий А. Н. Введение в петрохимию изверженных горных пород. Изд. АН СССР, 1950.
3. Иванова В. П. и Шилин Д. М. Хлоритсодержащие породы. Сб. статей (Изменные окологорные породы и их поисковое значение) под ред. Н. Н. Курека. Госгеолгиздат, 1954.
4. Карякин А. Е. О связи качества кристаллов кварца с их внешним обликом. Зап. Всесоюз. мин. об-ва, 1948, ч. 77, № 4.
5. Карякин А. Е. Генетическая связь хрустальных гнезд с кварцевыми жилами и происхождение полостей. Зап. ЛГИ, 1949, т. XXIII.
6. Карякин А. Е. Типы кварцевых жил Приполярного Урала и их хрусталеносность. Зап. ЛГИ, 1953, т. XXVIII.
7. Карякин А. Е. Гранитоидные интрузии Приполярного Урала и отношение их к складчатым структурам. Зап. ЛГИ, 1953, т. XXVIII.

8. Карякин А. Е. О генезисе хрустальных погребов. ДАН СССР, 1953, т. 92, № 5.
9. Карякин А. Е. О зависимости внешнего облика кристаллов кварца от химического состава среды. Кристаллография (Труды Федоровской научной сессии 1953 г.). Изд. ЛГУ, 1955, вып. 4.
10. Карякин А. Е. О зависимости окраски кристаллов кварца от химического состава пород, вмещающих хрустальные гнезда. Кристаллография (Труды Федоровской научной сессии 1953 г.). Изд. ЛГУ, 1955, вып. 4.
11. Карякин А. Е. Зарождение, рост и разрушение кристаллов кварца. Зап. Всесоюз. мин. об-ва, 1954, ч. 83, № 1.
12. Карякин А. Е. Газово-жидкие включения и окраска кристаллов кварца, как критерии для определения возраста хрустальных гнезд. Зап. Всесоюз. мин. об-ва, 1954, ч. 83, № 4.
13. Карякин А. Е. Вмещающие породы — источник материала для минералов хрустальных гнезд. Зап. ЛГИ, 1955, т. XXX, вып. 2.
14. Карякин А. Е. Поисковые признаки хрустальных гнезд. Зап. ЛГИ, 1955, т. XXXI.
15. Карякин А. Е. и Татаринов П. М. Генетическая связь оруденения с интрузиями. Зап. Всесоюз. мин. об-ва, 1951, ч. 80, № 3.
16. Меркулова Г. В. К вопросу о типе и генезисе месторождений пьезокварца Урала. Зап. Всесоюз. мин. об-ва, 1942, № 3.
17. Татаринов П. М. Условия образования месторождения рудных и нерудных полезных ископаемых. Госгеолтехиздат, 1955.
18. Campbell J. Am. Min., 1927, v. 12, № 4.
19. Koenigsberger J. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1928, B. VIII, H. 1.
20. Koenigsberger J. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1921, B. V.
21. Parker R. Z. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1923, № 3.
22. Parker R. Z., Koenigsberger J., Niggli P. Die Mineralien der Schweizeralpen, 1940.