

**ОБЩИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ИНТРУЗИВНО-ВУЛКАНОГЕННЫХ ФОРМАЦИЙ  
ТАЛАНОВСКОГО ГРАБЕНА (КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ)**

В. З. МУСТАФИН

(Представлена профессором А. М. Кузьминым)

Талановский грабен, располагаясь в северо-западных отрогах Кузнецкого Алатау, выполняется сложным комплексом вулканогенных образований [11], объединявшихся ранее в тельбесскую серию нижне-среднего девона. Изучение геологического строения грабена позволило нам выделить в его пределах 3 интрузивно-вулканогенных формации (снизу вверх): а) трахиандезитовую, б) базальт-андезитовую и в) формацию интрузивных послесреднедевонских граносиенитов. Выделяемые формации отличаются разнообразием петрографического состава и характеризуются сложным внутренним строением, слагаясь различными, включая субинтрузивные, фациальными разностями пород [10].

Вопросам распределения элементов-примесей в изверженных породах в последнее время уделяется все большее внимание. Особого интереса в этом отношении заслуживают вышедшие в нашей стране сборники статей коллективов авторов [4, 5, 9]. Из работ зарубежных исследователей наиболее важны серии сводных статей известных английских геохимиков С. Р. Нокколдса и Р. Аллена [12]. Однако, как отмечает Г. И. Россман [13], данных о содержании рудообразующих элементов и их спутников и о влиянии геологических факторов на их распределение в эффузивных породах еще мало.

Решая в той или иной степени рассматриваемую проблему, многие исследователи [8, 14, 17] признают, что даже вопросы терминологии ее до сих пор остаются дискуссионными. Не останавливаясь на деталях дискуссии, укажем лишь, что, по нашему мнению, целесообразно пользоваться терминологией В. С. Коптева-Дворникова и М. Г. Руб [8], хотя и она не является окончательно разработанной. Эти исследователи различают «общую геохимическую специализацию» и «локальную специализацию».

Под общей геохимической специализацией они понимают такие особенности поведения в горных породах элементов-примесей, когда их средние содержания превышают кларковые. Говоря о локальной специализации, эти авторы имеют в виду геохимическую (металлогеническую) специализацию в пределах отдельных участков (объемов) пород. Таким образом, представление о локальной специализации совпадает с представлением о наличии первичных ореолов рассеяния. Понятие же металлогенической специализации есть частный случай специализации геохимической, и применять этот термин следует, когда

речь идет о специализации металлических компонентов в рудных месторождениях. В нашей статье особенности локальной специализации не рассматриваются.

Геохимические особенности магматических образований, развитых на площади Талановского грабена, рассматриваются на основе обработки результатов полуколичественного спектрального анализа (около 2000 шт.), причем Li и Rb в пробах не определялись. Содержание урана оценивалось по методике Васильева на люминесцентном фотометре ФАС-1. Геохимические особенности пород выяснялись по пробам, отбираемым из участков, не несущих гидротермальных изменений, связанных с рудообразованием.

Для элементов, выявляемых в породах грабена и характеризующих геохимические особенности последних, статистическим способом определялись средние содержания, которые соответствуют на данной площади их геохимическому фону (гф). С этой целью для каждого элемента в данной разновидности пород строилась вариационная кривая распределения проб по классам — мода [2,7], максимуму которой соответствует величина содержания, имеющая в породах площади наибольшую частоту встречи. Случайным колебанием выборки эта величина подвержена в наименьшей степени [2, 13].

Величины содержания элементов сопоставляются с чувствительностью анализа и с кларковыми в породах соответствующих составов по А. П. Виноградову [3]. Полученные данные позволяют характеризовать общие геохимические особенности магматических формаций грабена следующим образом.

## 1. Трахиандезитовая формация

Эффузивы основного состава. Главными представителями пород основного состава являются лабрадоровые и лабрадор-пироксеновые порфириды.

Лабрадоровые порфириды, как и другие породы Талановского грабена, характеризуются наличием большого числа уверенно фиксируемых элементов и только содержания некоторых из них (Nb, Yb, Y) снижаются до предела чувствительности анализа. Кларковое содержание свойственно лишь Sr. Содержаниями выше или почти равными кларковым для основных эффузивов отличаются Pb, Zn, Sn, Ti, Be, Zr, Y, Yb, Ga, Mn и P, причем Y, Pb, Zn, Sn и P обнаруживаются примерно только в трети проб. В количестве, заметно выше кларкового, присутствует только Ba. Сравнительно редко и в концентрациях, меньше кларковых, выявляются Ni, Co, Cr, отчасти Cu и V. Совсем отсутствует в лабрадоровых порфиридах Mo, Ag и Th. Содержание урана значительно ниже кларковых (0,00007 — 0,00024%).

В лабрадор-пироксеновых порфиридах содержания Cu, Zn, Ti, Be, Ga, Sr, Mn и P, по сравнению с содержаниями их в лабрадоровых порфиридах, не испытывают колебаний, в то время как частота обнаружения в них Ni и Co увеличивается при концентрациях этих элементов, равных кларковым или даже более низких. При содержаниях, примерно равных кларковым, исчезают Sb и P, зато в редких пробах в количествах, несколько превышающих кларк, появляются Ag и Mo.

Концентрации урана в этих породах изменяются от 0,00006 до 0,00061%, что почти равно или иногда на порядок превышает его кларковое содержание в основных разностях.

В лавах описанных пород несколько увеличивается количество проб, в которых концентрации Ni, Cu, Mo, Sr и Cr превышают кларк.

Частота обнаружения Y и Ba в этих породах уменьшается, причем содержания их снижаются до уровня кларковых.

Полученные данные о геохимической специализации основных эффузивов трахиандезитовой формации сравниваются с особенностями полинезийских эффузивных серий ряда базальт-трахит и базальт-фолит [12], состав которых весьма близок к породам формации. Как и вообще собственно основные породы подобных серий [1], описываемые типы характеризуются наличием V, Cr, Ti, Mn, Ni, Co, Sr, Ba, Zr, Y и Ga. В отличие от основных пород Полинезии в них несколько реже отмечается Ga, но фиксируются Cu, Zn и Pb, а также Sn и особенно Ba, Y и Yb. В общем в основных эффузивах формации выявляется комплекс элементов, типичных для пород, образованных из основных магм, и фиксируется группа элементов (Zr, Sr, Ba, Y), характерных для щелочных магм.

Эффузивы основного — среднего состава. Плагноклаз-амфиболовые порфириты характеризуются кларковыми содержаниями Ni, Cu и V, причем последний довольно редок. Равны или несколько выше кларковых содержания Co, Cr, Ti, Zr, Ca, Mn, не достигает кларкового содержания Sr, а Zn, хоть и редок, существенно превышает кларк. По сравнению с лабрадорowymi порфиритами плагноклаз-амфиболовые порфириты отличаются увеличением частоты встречи Ni, Co, Sr и Mn при аналогичных уровнях их содержаний. При той же частоте обнаружения несколько увеличиваются в рассматриваемых породах концентрации Cr, уменьшаются содержания и частоты выявления Y и Be. Такие элементы, как Yb, Th и P, не выявляются совсем, а содержания Cu, Zn, V, Zr, Ti и Ba совершенно аналогичны их содержаниям в лабрадорowych порфиритах. Концентрации урана в описываемых разностях иногда несколько меньше (0,0001—0,00011%), а в других случаях — почти вдвое больше (0,00034%) кларковых содержаний его в породах среднего состава.

Сравнение описываемых эффузивов с подобными разностями упомянутых полинезийских серий показывает, что, как и последним, им свойственны примерно такие же или более низкие содержания V, Cr, Ti, Mn, Ni, Co и Ga, такие же или более высокие концентрации Ba, Sr и Zr, значительно более низкие и редко выявляемые содержания Y. Постоянно в них присутствует Be, совершенно не отмечаемый в полинезийских эффузивах.

Эффузивы щелочного состава. Трахитовые порфиры, представляющие покровную фацию щелочных эффузивов, характеризуются кларковыми или более высокими содержаниями Ti, Cu, Sn, Nb, Ga, Ba и Sr, менее, чем кларковыми содержаниями V, Cr, Ni и Co, заметно выше кларковых концентрациями Mn, Zn, Pb, Mo, Be, Y и Yb, отчасти Zr. При этом в сравнении с лабрадорowymi порфиритами в трахитовых порфирах уменьшаются частоты обнаружения Cr, Ni и Co, при уменьшении концентрации Ni. Отмечается увеличение частот обнаружения и содержаний V, Pb, Zn, Sn, Be, Zr, Y и Yb. Содержания Ti, Ba, Sr и Ga остаются без изменений. В заметных количествах появляются Mo и Nb, а P исчезает совсем.

Лавы трахитовых порфиров в сравнении с более раскристаллизованными разностями того же состава характеризуются увеличением содержаний и частот обнаружения Cr, V, Cu, Ni, Co, уменьшением этих величин для Nb и Yb, такими же, как в их раскристаллизованных разностях, характеристиками Ti, Mn, Pb, Zn, Sn, Be, Zr, Ba, Sr и Ga, исчезновением Mo. Концентрации U перлюво-люминесцентным методом оцениваются в 0,00014—0,00042% и находятся на уровне кларковых содержаний для «среднего состава земной коры» и пород кислого состава.

Трахитовые порфиры штоков характеризуются, как и другие субвулканические разности этого состава, большим разнообразием комплекса элементов-примесей. От своих покровных аналогов они отличаются тем, что постоянно и чаще в больших количествах в них присутствуют V, Ti, Ni, Pb, Zr, Mo, U и Yb. При тех же концентрациях, но реже отмечается Ga, в более низких концентрациях—Y, чаще и в тех же концентрациях—Sr. По сравнению с покровными эквивалентами, интересен факт появления в этих разностях новых элементов. При этом концентрациями, ниже кларковых, отличаются такие из них, как уверенно фиксируемые W и Se. Превышают кларковые содержания Ag и Cd, а также Bi, In, Nb, La, As, Sb и P.

Ортофиры штоков в сравнении с трахитовыми порфирами штоков отличаются тем, что в них появляются или отмечаются чаще пробы с более высокими концентрациями постоянно присутствующих Sr, Ni, Co, Cu, Sg, Ba и Y. Постоянно, но в несколько меньших концентрациях устанавливаются V, Mn, Zr и Ga, причем для последнего частота встречи увеличивается. Примерно в тех же концентрациях, но заметно реже выявляются Zr, Mo, P, W, Bi, Sn, As, Sb, Ag, Cd, Ta, Nb, La, Yb, Ge и In. Встречаются реже и уменьшаются концентрации Pb. Постоянно, но в более низких концентрациях присутствует Be. Без каких-либо изменений остаются Ti и Se. Концентрации U, фиксирующегося на люминесцентном фотометре постоянно, существенно превышают его кларк для кислых пород. Содержания эти в 2—3 раза выше, чем в покровных аналогах того же состава.

Геохимические особенности щелочных бескварцевых сиенитов почти во всем аналогичны особенностям штоковых трахитовых порфиров. В отличие от последних в них в несколько меньших концентрациях и реже отмечаются только Mo, Nb, La, Y и Sr, а содержания V, Ti, Ni и Zr при постоянном их обнаружении несколько уменьшаются. Концентрации U и Th в бескварцевых сиенитах в общем аналогичны их содержаниям в субвулканических разновидностях других щелочных пород, но иногда повышаются как для одного, так и для другого элемента.

Сравнение геохимических особенностей щелочных образований грабена с геохимическими особенностями полинезийских щелочных серий ряда базальт-трахит и щелочной базальт-фонолит показывает, что как тем, так и другим, свойственны довольно разнообразные по составу комплексы элементов-примесей. В щелочных образованиях грабена постоянно присутствуют Sr, Co, Ni, Cu, Zr и Mo, отсутствующие или не всегда устанавливаемые в породах Полинезии. Кроме того, в них определяются V, Pb, Zr и Y, обычные и для полинезийских щелочных серий. В сравнении с последними в них не фиксируются La, Ba и Ca. Эти и некоторые другие элементы (Nb, As, Be и Sn) появляются на участках локальной специализации.

Величины геохимических фонов элементов, постоянно выявляемых в щелочных породах грабена (табл. 1), более или менее сходны с их содержаниями в эффузиях Полинезии. Только содержания Y раза в полтора-два и Zr на один-два порядка в них меньше, чем в полинезийских разностях.

Основные геохимические особенности формации выражаются в том, что в ее породах постоянны Ba, Zr, Pb, Zr, Mo, Y и Nb, комплекс которых обычен для щелочных серий. Постоянно в них выявляются, кроме того, Sr, V, Ti, Ni и Co, свидетельствующие, по-видимому, о базальтовом составе родоначальной магмы.

Наименее чувствительными к изменению состава дифференцирующей магмы в процессе образования трахиандезитовой формации яв-

Таблица 1

## Геохимические фоны элементов-примесей в породах интрузивно-вулканогенных формаций Талановского грабена

Название породы	Содержание элементов, %									Формация
	U	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	Mo	Zr	Y	
Лабрадорские порфириды	0,020	0,002	0,002	0,006	0,020	0,001	0,0001	0,003	—	Трахиандезитовая
Тувы и лавы лабрадорских порфиритов	0,020	0,002	0,002	0,002	0,020	0,002	0,0003	0,003	—	
Трахиовые порфиры и ортофиры	0,003	0,001	0,001	0,002	0,020	0,002	0,0005	0,003	0,002	
Лавы трахиовых порфиритов	0,010	0,001	0,002	0,003	0,020	0,002	0,0003	0,000	—	
Терригено-осадочные породы	0,007	0,001	0,002	0,002	0,010	0,001	0,0002	0,003	0,002	Базальтандезитовая
Базальтовые порфириды	0,010	0,002	0,002	0,006	0,020	0,002	0,0001	0,002	—	
Плагиобазальтовые порфириды	0,020	0,002	0,002	0,006	0,020	0,002	0,0003	0,003	0,003	
Их лавы и туфы	0,010	0,002	0,006	0,003	0,005	0,002	0,0003	0,002	—	
Пироксен-плагиоклазовые порфириды	0,020	0,002	0,002	0,006	0,020	0,002	0,0003	0,003	—	
Их лавы, туфолавы	0,012	0,002	0,002	0,003	0,020	0,002	0,0003	0,003	—	
Андезитовые и базальтовые порфириды нерасчлененные	0,020	0,002	0,002	0,006	0,020	0,002	0,0001	0,003	—	
Микросиениты и сиенит-порфиры даек	0,001	0,001	0,001	0,002	0,010	0,002	0,0003	0,003	—	Послесреднедевонская граносиенитовая
Спессартиты даек	0,020	0,002	0,003	0,007	0,010	0,001	0,0002	0,003	—	
Диоритовые порфириды даек	0,020	0,002	0,002	0,003	0,020	0,001	0,0003	0,007	—	

ляются Zn, Pb и Zr, присутствующие в кларковых для пород соответствующего состава (3) или почти кларковых количествах. Весьма мало при дифференциации изменяются остающиеся на уровне кларковых содержания Cu, Ni и Co, незначительно уменьшающиеся от основных пород к щелочным. Особенно резко при этом уменьшается содержание V (кларковое—в основных породах и в 3 раза меньше кларкового—в щелочных). Концентрации Y (в 3—5 раз превышают кларк в основных породах и опускаются до кларкового—в щелочных) характеризуются уменьшением в ходе дифференциации. Содержания U и Mo, в основном в 2—5 раз превышающие кларк в соответствующих разностях, отличаются устойчивым увеличением от основных продуктов к щелочным. В щелочных разностях, кроме того, отмечается увеличение частот выявления Sn, Be, Y, Yb и появление Nb.

## II. Базальт-андезитовая формация

Породы терригенно-осадочной толщи, составляющие основание формации, характеризуются составом и содержаниями элементов-примесей, типичными для основных и щелочных эффузивов вышеописанной формации.

Базальтам, а также родственным и близко одновременным им пироксен-плагиоклазовым (андезитовым) порфиритам свойственны кларковые содержания V, Co, Cu и Sr. Концентрации Pb, Zn, Be, отчасти V, Mn, Sr, Ba и Ga всегда выше кларковых. По сравнению с основными эффузивами трахиандезитовой формации рассматриваемые породы имеют следующие отличия: в них увеличиваются частоты обнаружения и концентрации V, Sr, Ni, Co, Pb и Sn, тогда как содержания Zn и Sr уменьшаются, резко уменьшаются содержания Y и Yb, совсем исчезают Nb и P, а Mn, Ti, Cu, Be, Ba, Sr и Ga остаются без изменения. В этих породах Th не фиксируется, а содержания U в базальтовых порфиритах колеблются от 0,00004 до 0,00006%, поднимаясь иногда до 0,00009%. В пироксен-плагиоклазовых порфиритах концентрации U почти аналогичны, изменяясь от 0,00006 до 0,00008% и составляя нередко от 0,00012 до 0,00018 и даже 0,00022%. Величины эти в основном примерно равны кларковым содержаниям урана для пород основного и среднего составов.

Сравнение геохимических особенностей эффузивов базальт-андезитовой формации с особенностями пород серии базальт-трахит Гавайских островов [12] показывает, что геохимические фоны элементов в породах грабена более или менее сопоставимы для V, Sr, Ti, Mn, Co и Ni, а также отчасти для Ba, Y и Ga, более или менее постоянно выявляемых и в породах Гавайских островов. Такие элементы, как Pb и Mo, постоянно фиксируемые в породах грабена, отсутствуют или устанавливаются редко в породах гавайской серии. Концентрации Sr и Zr в последних на порядок превышают их содержание в разностях базальт-андезитовой формации грабена, тогда как La в обеих сериях пород является не всегда. В породах грабена зачастую отсутствует P, постоянно выявляемый в породах сравниваемой серии.

Состав пород базальт-андезитовой формации характеризуется сравнительной близостью химизма. Поведение элементов-примесей в процессе ее образования подвержено незначительным изменениям. Совершенно не испытывают каких-либо колебаний концентрации Pb, содержания Ni, V, Cu, Zr, Co и Zn изменяются очень мало. Незначительные изменения испытывают U и Mo, который появляется только в средних разностях.

В общем геохимические особенности формации сводятся к тому, что: а) по содержанию элементов-примесей породы терригенно-осадочной толщи ее низов особенно сходны с лабрадорскими порфирами и трахитовыми порфирами трахиандезитовой формации, денудация которых и привела к их образованию, и б) породы базальт-андезитовой формации по этому признаку весьма близки эффузивам основного и среднего составов, слагающим нижнюю половину разреза трахиандезитовой формации.

### III. Формация интрузивных послесреднедевонских граносиенитов

В состав формации входят породы разного петрографического состава, проявляющиеся в субвулканических фациях.

Интрузивным граносиенитам, дайковым сиенит-порфирам и микро-сиенитам свойственно то, что концентрации Mn, Co, Zn, Cd, Mo, Zr, As, W, Sb, Be, Ag, Ta, отчасти Nb, Y, Ga, Ge, Bi, устанавливаемые в этих породах постоянно или почти постоянно, существенно превышают кларковые содержания А. П. Виноградова для кислых пород. Не достигают кларковых для кислых разностей содержания V, Cr, Ti, Ni, а также Ce, La, Sr и P. Концентрации Cu, Sn, Ba и Tl находятся примерно на уровне кларковых. Содержания U на люминесцентном фотометре оцениваются в 0,00006%, что в 3 раза ниже кларковых для пород кислого состава.

Граносиениты характеризуются в общем тем же комплексом элементов-примесей, что и бескварцевые сиениты трахиандезитовой формации. В отличие от последних, в них обнаруживаются реже или почти постоянно, но в более низких концентрациях V, Mn, Co, Cu, Pb, Ba, Zr, Nb и Mo. Остается той же или несколько увеличивается, при тех же или несколько меньших содержаниях, частота выявления Sr, Sn, а также In, As, Sb, Ag, U, Th, и P, причем некоторые из них фиксируются постоянно. Чаше, но не всегда, в тех же концентрациях обнаруживается Bi. Почти постоянно, но в более высоких концентрациях устанавливается Y. Поведение других элементов-примесей в этих породах ничем не отличается от их характера в щелочных сиенитах трахиандезитовой формации.

Диоритовые порфиры даек отличаются от граносиенитов тем, что в них несколько увеличиваются концентрации постоянно выявляемых V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Sr и Ba. Почти с той же частотой постоянно, но в чуть пониженных концентрациях обнаруживаются Pb, отчасти Sn, Be, Zr, Nb, Y и Yb. При тех же концентрациях, но реже выявляются W, Bi, As, Sb и Ag. Примерно с той же частотой или даже постоянно, в более высоких концентрациях фиксируются Ti, Cr и Mo. При тех же содержаниях, но несколько чаще выявляются Ga и Ge. С прежней частотой и теми же концентрациями остаются непостоянно выявляемые Cd, Ta, La, Ce, In, U, Th и P.

Спессартиты, входящие в состав описываемой формации, по своим геохимическим особенностям чрезвычайно близки вышеописанным диоритовым порфирам. Незначительная разница сводится к тому, что в спессартитах несколько уменьшаются концентрации постоянно выявляемых Cr, Ti, Mn, Ni и Cu и отчасти не всегда фиксирующегося Sr. Несколько увеличиваются концентрации Pb, Ag, Sn, Be, Ba, Y, Yt и Ga. Несколько реже выявляются в тех же концентрациях Ta и Ge.

В табл. I приведены величины геохимических фонов некоторых элементов-примесей, определяемых на грабене в породах формации послесреднедевонских граносиенитов постоянно. Отсутствие в литера-

туре об эффузивных и субвулканических образованиях достаточно полных данных по их геохимическим особенностям не позволяет произвести удовлетворительного сравнения пород описываемой формации с каким-либо определенным типом.

Поведение элементов-примесей в главных петрографических разностях формации характеризуется неизменностью величин концентрации Zr, Pb и Li. Содержание V, Ni, Co, Zr увеличивается от кислых разностей к основным-средним. Концентрации же Y и Mo уменьшаются от кислых пород к основным.

В общем всем типам пород описанной формации свойствен сложный комплекс элементов-примесей, так как образования ее проявляются исключительно в субвулканических фациях, причем по геохимическим особенностям они достаточно четко подразделяются на разности кислого и среднего составов.

#### IV. Минералы-носители и минералы-концентраторы элементов-примесей

В составе описываемых формаций преимущественной составляющей являются вулканогенные разности не очень высокой раскристаллизованности, что исключило возможность выделения мономинеральных фракций. Для выяснения вопроса о минералах-носителях и минералах-концентраторах [15] в породах формаций исследовались поэтому только искусственные шлихи, полученные из проб весом 6—8 кг пород субвулканических фаций различного состава, количество которых составило около 40 шт.

Анализируя полученные результаты, можно заключить, что минералами-носителями в породах дайковых и интрузивных тел различного состава являются железисто-магнезиальные алюмосиликаты (амфиболы, пироксены), а также полевые шпаты.

В пироксенах и амфиболах величины концентраций и частота выявления элементов-примесей несколько различны. Только Mn, Ti (0,5—0,08% и иногда 0,2%) и Cu (0,001—0,008%) определяются в них постоянно и с одинаковыми содержаниями. Почти постоянно и в пироксенах и в амфиболах обнаруживается Cr (до 0,008%), а также V, но в пироксенах его концентрации составляют до 0,008%, а в амфиболах не больше 0,002%. И в тех и в других нередок Ni (0,001—0,008%) и в единичных случаях отмечается Co (0,001—0,005%) и Zr (0,001—0,002%). В пироксенах постоянно, в амфиболах в единичных случаях фиксируются Ba (0,001—0,002%) и Sr (0,001—0,008%). В амфиболах иногда присутствует еще и Y (0,002—0,005%).

В калиевых полевых шпатах выявляются Pb и U. Кроме того, в них могут концентрироваться [1,6] другие редкие элементы — In, Ga и Ge. В плагиоклазах и нефелине, играющих роль породообразующих минералов в породах грабена, могут содержаться повышенные концентрации Ge и особенно Ga (0,0096—0,0020%), а в биотитах — In, Ge, Ga и Cd.

Минералы-концентраторы в породах интрузивно-вулканогенных формаций грабена, независимо от их состава, по степени распространения образуют следующий ряд: магнетит, циркон, апатит, гроссуляр, ильменит, пирит. Комплекс элементов-примесей в названных акцессорных минералах обычно сложен, причем зависимости его состава или величин концентраций отдельных элементов от типа формации не обнаруживается.

В магнетите, представленном титанистой разностью, помимо высоких концентраций Fe и Ti, спектральным анализом постоянно фикси-

руются Mn (0,005—0,8%) и Cu (0,001—0,005%). Обычно выявляются Cr (0,001—0,002%), V (0,001—0,005%), Ni (0,001—0,002%), нередко устанавливаются Zr (0,001%), Zn (0,001—0,008%) и Mo (меньше 0,001%). Несколько реже определяются Pb (0,001—0,008%) и Y (0,001—0,005%), в единичных случаях — Co и Yb (0,001%), а также Be (0,002%).

Особенно разнообразен комплекс элементов-примесей в цирконе, где постоянны значительные содержания Mg (~1,0%), Mn (0,05%), Ti и Ni (по 0,008%). Всегда выявляются Pb (0,002%) и в переменных концентрациях Be (0,001—0,008%) и Y (0,001—0,08%). Постоянно фиксируются довольно высокие содержания других редких элементов Yb (0,05%), Ta (0,008—0,02%) и Th (0,5%), а также сравнительно низкие — Nb (0,001%). В цирколитах его количества увеличиваются до 0,008—0,8%. В единичных случаях обнаруживаются Cr (0,001%). Апатит постоянно содержит Al и Mn (0,05%), а также Mg (до 0,5%), Ti (0,002—0,2%), Sr (0,001—0,002%) и Cu (0,001%).

В гроссуляре постоянно устанавливаются Fe и Mg (до 1%), Ti (0,002—0,008%), Cu (0,002—0,005%) и Pb (0,002%). Не всегда обнаруживаются Zr (0,005%), Cr и Sr (0,001%).

Комплекс элементов-примесей в сфене сравнительно беден. Фиксируются в нем всегда Al (0,05%), Fe (0,08%), Ti (0,005%) и Cu (0,002%).

В ильмените постоянно выявляются Al (0,05%), Fe, Ca, Mg (по 0,8%) и Cu (0,002%) и переменные количества Ti (0,002—0,8%). Иногда обнаруживается также Be (0,001%).

## Выводы

1. Комплекс элементов-примесей в породах рассмотренных формаций определяется главным образом особенностями петрохимического состава последних. В породах трахандезитовой формации постоянны такие элементы-примеси, как Nb, La и Mo. В породах же формации послесреднедевонских граносиенитов только Nb определяется в количествах, близких кларковым, а концентрации и частота выявления La и Mo уменьшаются. Элементы эти совсем не устанавливаются в породах базальт-андезитовой формации.

2. Состав комплекса элементов-примесей в породах формаций зависит существенно от их фациальных особенностей. В субвулканических разностях, по сравнению с их покровными типами, независимо от их состава отмечается несравненно более разнообразный комплекс элементов примесей, среди которых появляются W, Be, Ag, Cd, Bi, Nb, Ta, La, In, Yb, Ce и P. Концентрации и частота выявления Pb, Zn, Zr, Mo и Y заметно увеличиваются. Эту особенность субвулканических фаций отмечал еще М. А. Усов [16].

3. Минералы-концентраторы и элементы-примеси в них на площади грабена в общем не могут служить еще одним из признаков, характерных для выделяемых формаций, однако количества одних и тех же аксессуаров и их внешние особенности в породах формации различны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анисеева Н. Ф. Роль различных ассоциаций химических элементов в геохимической и металлогенической специализации магм. Сб. «Металлогеническая специализация магматических комплексов». «Недра», 1964.
2. Бейс А. А. и др. Руководство по предварительной математической обработке геохимической информации при поисковых работах. Госгеолтехиздат, 1966.

3. Виноградов А. П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. «Геохимия», 1962, № 7.
  4. Геология и геохимия гранитных пород. «Наука», 1965.
  5. Геохимия варисских интрузивных комплексов северного Тянь-Шаня. «Наука», 1966.
  6. Иванов В. И. Геохимия рассеянных элементов (Ga, Ge, Cd, In, Tl) в гидротермальных месторождениях. «Недра», 1966.
  7. Использование ореолов рассеяния урана и элементов-спутников при поисках и разведке гидротермальных урановых месторождений (методическое руководство). «Недра», 1964.
  8. Коптев-Дворников В. С., Руб М. Г. О геохимической и металлогенической специализации магматических комплексов. Сб. «Металлогеническая специализация магматических комплексов». «Недра», 1964.
  9. Металлогеническая специализация магматических комплексов. «Недра», 1964.
  10. Муштафин В. З. Геолого-тектоническое строение Талановского грабена (Кузнецкий Алатау). Материалы XVIII научной конференции геол. ф-та ДВПИ, Владивосток, 1968.
  11. Муштафин В. З., Крюков В. Г., Лыхина Н. С. Основные черты геологического строения Талановского грабена (СЗ склон Кузнецкого Алатау). Известия ТПИ, т. 151, 1966.
  12. Нокколдс С. Р., Аллен Р. Геохимические наблюдения. Геохимия некоторых серий изверженных пород. ИЛ., 1958.
  13. Россман Г. И. Эндогенные геохимические аномалии и их значение для поисков рудных месторождений. Кн. «Применение геохимических методов при металлогенических исследованиях рудных районов». «Недра», 1966.
  14. Сморчков И. Е. К определению «металлогеническая специализация магмы». Сб. «Металлогеническая специализация магматических комплексов». «Недра», 1964.
  15. Таусон Л. В. Геохимия редких элементов. Изд. АН СССР, 1961.
  16. Усов М. А. Геология рудных месторождений Западно-Сибирского края. Изд. ЗСГГТ, 1953.
  17. Шаталов Е. Т. Обзор терминов и понятий, характеризующих магматизм. Кн. «Обзор геол. понятий и терминов в применении к металлогении». Изд. АН СССР, 1963.
-