

## О ЗНАЧЕНИИ АКЦЕССОРНЫХ МИНЕРАЛОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

А. М. КУЗЬМИН, Т. И. ПОЛУЭКТОВА

Огромная роль и большое значение акцессорных минералов для решения ряда важных теоретических и практических задач в наши дни становится совершенно очевидным. Вопросы, связанные с выявлением закономерностей распределения акцессорных минералов в интрузивах, а также особенностей концентрации редких элементов в горных породах приобретают все большую актуальность.

Прежде чем перейти к рассмотрению областей применения акцессорных минералов, остановимся на понятии термина «акцессорные минералы».

Существует несколько определений понятия «акцессорный минерал». Так, Г. Розенбуш [25, 38] акцессорным минералом называет «характерные особые примеси» в горной породе. К ним в интрузивных породах он относит апатит, циркон, титанит, магнетит, гематит, ортит, монацит, гранат, турмалин, топаз, флюорит, сульфиды и другие минералы. Все перечисленные минералы выкристаллизовывались из остывающей магмы на более ранних этапах и поэтому им были свойственны наиболее совершенные (идiomорфные) формы кристаллов. И. А. Преображенский [22] считает, что акцессориями следует называть минералы, которые присутствуют в горных породах в таких малых количествах, что для изучения их требуется применение методов концентрации. Аналогичное определение дают и иностранные ученые [37].

Присутствие акцессорных минералов в горных породах в малых количествах — очень характерный для них признак и принимается за основу большинством геологов. Однако в определении И. А. Преображенского не учитывается второе важное свойство их — качественная сторона и не обращается внимание на особенности вхождения в их состав присутствующих в породе в незначительных количествах редких и радиоактивных элементов. В геологическом словаре (1955) дается следующее определение акцессорного минерала: «Акцессорные минералы, образующие количественно ничтожную, а качественно нередко характерную примесь в горных породах». С такой формулировкой понятия

---

Только что сказанное является частью «правила Розенбуша» о порядке кристаллизации минералов в интрузивных породах и долгое время оставалось незыблемым. Это «правило» в отношении акцессорных минералов в явной или скрытой форме признается многими акцессорщиками, несмотря на то, что высказываются другие мнения, согласно которым акцессорные минералы в стадии становления магмы являются последними (А. Н. Заварицкий, 1955) и даже считаются метасоматическими.

«акцессорные минералы» совпадает в основном и определение, предложенное В. К. Моничем [21], И. Е. Сморгчовым [30]. И. Х. Хамрабаев [32] при рассмотрении вопросов петролого-геохимических особенностей магматических и рудных комплексов западного Узбекистана к акцессориям относит «...редкие минералы магматической или позднемагматической стадий, образованные малыми элементами или избыточной порцией главных породообразующих элементов». В такой трактовке понятия «акцессорные минералы» также имеется ряд недостатков. Например, нет определенности в содержании термина «редкие минералы» — неясно, имеется ли здесь в виду их редкая распространенность или они по особенностям их химического состава были редкими.

В 1965 году в Москве на совещании по проблеме «Акцессорные минералы в решении вопросов происхождения и металлогении магматических комплексов» О. И. Матковским [19] дано следующее определение понятия «акцессорный минерал»: «Акцессорными минералами называются минералы, образующие обычно количественно незначительную, но качественно характерную составную часть горных пород; они содержат в своем составе акцессорные химические элементы, которые при определенных физико-химических условиях не рассеиваются в решетках главных минералов, а уже при незначительном количестве в минералообразующей среде (при возможной частичной рассеянности отдельных из них в главных минералах) становятся насыщающими компонентами и кристаллизуются в виде самостоятельных акцессорных минералов» [19].

Большинством исследователей и нами принимается формулировка понятия «акцессорный минерал», предложенная О. И. Матковским.

В. В. Ляхович к этому определению добавляет два наиболее характерных признака для акцессорных минералов: 1. Применение для их изучения особых методов концентрации. 2. Крайне незначительные размеры зерен самих акцессорных минералов — десятые и сотые доли миллиметра.

Круг вопросов, решаемых с помощью акцессорных минералов, достаточно четко определяется в работах [9, 24, 29, 30]. Рассмотрим главные из них.

1. Наличие одинаковых акцессорных минералов и элементов-примесей в интрузивных породах комплекса может свидетельствовать наряду с другими геолого-петрографическими признаками об их комагматичности. Так, М. Г. Руб [29], занимаясь изучением акцессорных минералов интрузивных пород Мяо-Чанского комплекса, пришла к выводу об общности породившей их материнской интрузии. Этот принцип также широко используется для решения вопроса о комагматичности эффузивных, субвулканических и интрузивных пород [29]. Проблеме комагматичности различных интрузивных образований посвящена обширная литература, в частности, выпущенный сборник под редакцией В. С. Коптева-Дворникова и М. Г. Руб [29].

2. Акцессорные минералы объективно позволяют решать вопрос о связи оруденения с магматическим комплексом. Решение этого вопроса имеет не только научное, но и большое практическое значение [1, 9, 24, 26, 27, 28]. М. Г. Руб на примере изучения взаимоотношения жильных пород с оруденением в юго-западной части Приморского края [26, 28], а также гранитоидов Мяо-Чанского интрузивного комплекса и связанных с ними постмагматических образований [28] пришла к выводу, что «...наличие в магматических породах и сопровождающих их постмагматических образованиях общих акцессорных минералов, содержащих однотипные элементы-примеси, свидетельствует наряду с другими фактами о их связи».

А. В. Рабинович [24], изучая закономерности распределения акцессорных минералов в гранитоидах различных металлогенических зон, выделил 12 типов магматических пород (цирконовый, циркон-флюоритовый, циркон-колумбитовый и т. д.) и установил, что с определенным их типом парагенетически связаны определенные рудопоявления. Так, в интрузивных породах Восточного Забайкалья, с которым связано олово-вольфрамовое оруденение, наблюдается апатит-монацитовый тип, а интрузивные породы Рудного Алтая, с которыми парагенетически связано полиметаллическое оруденение, относятся к цирконовому типу.

Г. Д. Афанасьев [1] также считает, что главнейшими критериями, определяющими возможные генетические связи металлоносности с определенными магматическими комплексами наряду с другими признаками, является «специфика вещественного состава магматических пород и рудных проявлений с учетом акцессорных минералов и элементов примесей». Эти взгляды разделяют Ф. К. Шипулиным [34], Э. П. Изохом [7], И. М. Воловиковой [6] и другими.

3. Немаловажная роль отводится акцессорным минералам для корреляции и возрастного расчленения интрузивов. И. Х. Хамрабаев [31] указывает, что «...все гранитоидные комплексы различного возраста и различных районов имеют определенную парагенетическую ассоциацию акцессориев». В последующих работах И. Х. Хамрабаев [32], выделяя принципы корреляции магматических пород, наряду с общегеологическими критериями большое значение придает петрографо-минералогической, в частности характерной ассоциации акцессорных минералов, их количественным соотношениям. Идею сопоставления интрузивных пород по характерному признаку и комплексу акцессорных минералов можно найти в работах В. В. Ляховича и др. [13, 17] и докладах, посвященных 10-летию лаборатории акцессорных минералов ИМГРЭ. На совещании в Москве, проходившем в 1965 г., достаточно убедительно было показано, что «на основании выделения типов ассоциаций акцессорных минералов, а также данных о содержании элементов-примесей, как в породообразующих, так и в акцессорных минералах, можно проводить корреляцию трудно расчленяемых по геологическим данным магматических комплексов». Следует заметить, что для выявления сходных или различных черт какой-либо группы интрузивных образований пользуются, как правило, видовым составом акцессориев. Особностям морфологии кристаллов пока не уделяется должного внимания. К настоящему времени сравнительно детально изучена из акцессорных минералов морфология циркона. Г. Хоппе [36] также полагает, что «...для целей корреляции апатит, его морфологические признаки имеют не меньшее значение, чем циркон...». На необходимость тщательного изучения морфологических особенностей кристаллов акцессорных минералов указывает В. В. Ляхович и другие исследователи.

4. В ряде случаев для определения абсолютного возраста гранитоидов используют некоторые радиоактивные акцессорные минералы: циркон, торит, ортит, монацит. Известно, что определение возраста изверженных пород является одной из наиболее сложных проблем геологии. Калиевые минералы, используемые для этих целей, зачастую занижают абсолютный возраст пород, так как нередко они являются продуктами калиевого метасоматоза и при деформации калий-натриевых щелочных пород возможно теряют часть радиогенного аргона [11]. Образование большинства радиоактивных акцессорных минералов, как отмечает ряд авторов, тесно связано с формированием породы [16, 30]. Среди зарубежных исследователей широко распространено определение абсолютного возраста интрузивных пород по плеохроичным ореолам в биотитах, наблюдаемых вокруг циркона, монацита, ксенотима и других.

5. Изучение закономерностей распределения акцессорных минералов в отдельных интрузивных телах позволяет выявить ряд интересных особенностей. И. Е. Сморчков [30], изучая закономерности распределения акцессорных минералов по вертикали гранодиоритового массива, установил, что в более глубоких частях интрузива акцессорий больше, чем в верхних. Количество апатита в массиве уменьшается сверху вниз. Цирконы различных частей массива резко отличаются не только формой, но и окраской кристаллов. Увеличение количества акцессорных минералов в апикальной части массивов отмечается в работах А. А. Колюк и С. Д. Туровского [8], В. Н. Криволицкой [10]. В. В. Ляхович и А. Д. Червинская [14], изучая особенности распределения акцессорных минералов по вертикали Эльджуртинского массива, пришли к выводу, что в вертикальном разрезе массива главная масса акцессорных минералов распределена довольно равномерно, не концентрируясь в сколько-нибудь заметных количествах в нижней или апикальной его частях. Колебания в содержании таких акцессорных минералов как флюорит, турмалин, а также рудных минералов объясняются постмагматическими процессами, которые проявлялись с разной интенсивностью в различных участках массива. А. И. Баженов [2, 3, 4] установил, что в вертикальном сечении Элекмонарского гранитоидного массива сфен распределен неравномерно, а радиоактивность сфена и циркона закономерно увеличивается от нижних частей массива к апикальным.

Установление закономерностей распределения акцессорных минералов по вертикали интрузива позволили бы в ряде случаев судить о глубине эрозионного среза.

Е. Д. Семенова на примере изучения гранитов Верх-Исетского массива пришла к выводу, что в эндоконтактовой фации сфена и апатита больше, чем в центральных участках массива. Аналогичная закономерность установлена и для магнетита, рутила, флюорита, турмалина, ильменита [8, 12]. Радиоактивность акцессорного циркона из гибридных пород, развивающихся в эндоконтактовых участках гранитов, выше, чем из пород, развитых в центральных участках массива [3]. Обратная зависимость радиоактивности отмечена для сфена из гибридизированных пород эндоконтактовых участков [4].

6. Исследования ряда авторов показали, что акцессорные минералы очень чувствительны к метасоматическим процессам [5, 15, 18, 23]. А. Х. Хасанов и Н. И. Кривощекова [33] на примере гранитоидов Южного Гиссара показали последовательность проявления в гранитоидах постмагматических метасоматических процессов, которые отражаются в изменении, а иногда резкой смене одних акцессорных минералов другими. Так, при грейзенизации гранитов сфен переходит в рутил по следующей схеме: сфен → лейкоксен → брукит → рутил. К аналогичным заключениям пришли В. К. Монич и Г. Н. Гогель [20], которые установили, что акцессорные минералы железа и титана очень чувствительны к метасоматическим процессам, а продукты изменения их могут служить поисковым признаком на грейзены.

7. Наконец, В. А. Ермолаев [4] морфологию акцессорного циркона успешно использовал не только для корреляции гранитоидов Забайкалья, но и для установления роли и источника отдельных магматических массивов в питании (создании) цирконово-ильменитовых рассыпей.

Итак, на приведенных выше примерах показано, как акцессорные минералы позволяют решать практические вопросы. Необходимо дальнейшее их изучение в наметившихся направлениях с применением более совершенных методов изучения их состава и законов количественного распределения в магматических породах с глубиной для решения ряда

проблем, связанных с рождением самой магмы и ее роли в создании месторождений полезных ископаемых и их распределения в земной коре.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев Г. Д. Проблема гранитоидов и некоторые вопросы связанной с ней металлогении. Сб. «Магматизм и связь с ним полезных ископаемых». Тр. первого Всесоюзного петрографического совещания. Изд. АН СССР, 1955.

2. Баженов А. И. Изменение радиоактивности акцессорного циркона в вертикальных и горизонтальных сечениях Элекмонарского многофазного гранитоидного массива (Горный Алтай). Сб. «Материалы по минералогии, петрографии и полезным ископаемым Западной Сибири». Изд. ТГУ, 1962.

3. Баженов А. И. К вопросу об изменении радиоактивности акцессорного сфена на примере пород Элекмонарского многофазного гранитоидного массива (Горный Алтай). Изв. ТПИ, т. 121, 1963.

4. Баженов А. И., Ермолаев В. А. Распределение и типоморфия акцессорного циркона в породах Элекмонарского гранитоидного интрузивного массива (Горный Алтай). Сб. «Материалы по минералогии и полезным ископаемым Западной Сибири и Красноярского края». Изд. ТГУ, 1964.

5. Борисова К. Д., Горохов И. М., Лобач-Жученко С. Б. Акцессорные минералы метасоматически преобразованных архейских гранитоидов (на примере одного из районов центральной Карелии). Тр. лаборатории докембрия, вып. 12, 1961.

6. Воловикова И. М. Особенности вещественного состава и формирования гранитоидов юго-западной части Чаткальского хребта. Тр. ИГЕМ АН СССР, вып. 21, 1958.

7. Изох Э. П. и др. Позднемезозойские интрузии Центрального Сихотэ-Алиня и связь с ними оруденения. Тр. ВСЕГЕИ, вып. 21, 1957.

8. Конюк А. А., Туровский С. Д. К вопросу о морфологии и вещественном составе гранитоидных массивов северной Киргизии. Тр. ин-та геологии АН Кирг. ССР, вып. 7, 1956.

9. Коптев-Дворников В. С., Григорьев И. Ф. и др. Интрузивы гранитной формации малых глубин. Поведение в их породах элементов-примесей и критерии генетических связей рудообразования с ними. Сб. «Магматизм и связь с ним полезных ископаемых», 1960.

10. Криволицкая В. Н., Туровский С. Д. Стратиграфия и последовательность формирования Бабаханского интрузива. Тр. ин-та геологии АН Кирг. ССР, вып. 7, 1956.

11. Кузьмин А. М. О сохранности аргона в микроклине. Геохимия, № 5, 1961.

12. Лодочников В. Н. К петрологии Воронежской кристаллической глыбы Русской платформы. Изд. геол. ком., 1927.

13. Ляхович В. В., Нонешникова В. И., Червинская А. Д. Некоторые данные об акцессорных минералах гранитоидов. Тр. ИМГРЭ, вып. 3, 1959.

14. Ляхович В. В., Червинская А. Д. О характере распределения акцессорных минералов в гранитоидных массивах. Тр. ИМГРЭ, вып. 4, 1960.

15. Ляхович В. В., Нонешникова В. И. О влиянии поздних процессов на содержание акцессорных минералов в гранитоидах. Тр. ИМГРЭ, вып. 4, 1960.

16. Ляхович В. В. Акцессорные минералы и абсолютный возраст изверженных пород. Тр. ИМГРЭ, вып. 7, 1961.

17. Ляхович В. В. О некоторых особенностях акцессорного циркона гранитоидов. Тр. ИМГРЭ, вып. 15, 1963.

18. Ляхович В. В. Акцессорные минералы как индикаторы геологических процессов. Сб. «Новые методы в минералогии и петрографии и результаты их применения». Госгеолтехиздат, 1963.

19. Матковский О. И. О понятии термина «акцессорный минерал». Минералогич. сб. Львовск. ун-та, вып. 2, 1965.

20. Монич В. К., Гогель Г. Н. Некоторые акцессорные минералы из гранитов и грейзенов Баяноульского массива. Изв. АН СССР, сер. геол., вып. 13, 1951.

21. Монич В. К. Петрология гранитных интрузий Баяноульского района в центральном Казахстане. Изд. АН Каз. ССР, 1957.

22. Преображенский И. А. Акцессорные минералы в изверженных породах. Тр. ИГН АН СССР, вып. 56, сер. геол. 1941.

23. Пугалова Р. В. Некоторые данные о замещении ильменита рутилом и анатазом. Изв. АН Каз. ССР, сер. геол. вып. 3, 1959.

24. Рабинович А. В. Закономерности распределения акцессорных минералов в гранитоидах различных металлогенических зон. Сб. «Магматизм и связь с ним полезных ископаемых», 1960.

25. Розенбуш Г. Описательная петрография. ОНТИ, 1934.

26. Руб М. Г. Взаимоотношение жильных пород с оруденением в юго-западной части Приморского края. Советская геология, № 51, 1956.

27. Руб М. Г. Гранитоиды Приханкайского района и основные черты их металлоносности. Тр. ИГЕМ АН СССР, вып. 33, 1960.
28. Руб М. Г. Значение акцессорных минералов для решения некоторых вопросов петрологии и металлогении. Советская геология, № 1, 1964.
29. Руб М. Г., Ашихмина Н. А., Магидович Т. С. Акцессорные минералы как один из индикаторов комагматичности и металлогенической специализации эффузивных, субвулканических и интрузивных образований (на примере Северо-Востока СССР). Сб. «Акцессорные минералы и элементы как критерий комагматичности и металлогенической специализации магматических комплексов». «Наука», 1965.
30. Сморчков И. Е. Значение акцессорных минералов в изучении изверженных пород. М., 1958.
31. Хамрабаев И. Х. Магматизм и постмагматические процессы в западном Узбекистане. 1958.
32. Хамрабаев И. Х. и др. К методике изучения и классификации акцессорных минералов гранитоидов с целью расчленения и корреляции магматических формаций (на примере гранитоидов западного Узбекистана и Чаткало-Кураминских гор). Первое средне-азиатское петрографическое совещание, 1965.
33. Хасанов А. Х., Кривошекова Н. И. Роль метасоматоза в образовании титановых акцессорных минералов (на примере гранитоидов южного Гиссара). Сб. «Проблемы геологии Таджикистана». Изд. АН Тадж. ССР, 1964.
34. Шипулин Ф. К. О малых интрузиях юго-восточного Приморья. Тр. ИГЕМ АН СССР, вып. 3, 1956.
35. Larsen E. S. Method for determining the age of igneous rocks using the accessory minerals. Bull. Geol. Soc. Amer., No. 10, vol. 63, 1952.
36. Hoppe Günter. Die Formen des akzessorischen Apatits. Berichte der Geologischen Gesellschaft, H. 2, 1962.
37. Read H. The Study of accessory minerals in igneous and metamorphic rocks. Amer. Mineralogist, No. 2, 22, 1937.
38. Rosenbusch H. Ueber das Wesen der Körnigen und porphyrischen Struktur bei Massengesteinen. N 7, 2, 1882.
-