

---

---

**ДИСКУССИЯ, БИБЛИОГРАФИЯ, ОБЗОРЫ**

---

---

**КАРБОНАТИТЫ И ПСЕВДОКАРБОНАТИТЫ**

© 2021 г. д. чл. С. В. Соколов\*

*Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского,  
Старомонетный пер., 31, Москва, 119017 Россия**\*e-mail: vims-sokol@mail.ru*

Поступила в редакцию 05.03.2021 г.

После доработки 10.03.2021 г.

Принята к публикации 14.04.2021 г.

В сравнительном аспекте рассмотрены карбонатиты и псевдокарбонатиты. К последним автор относит породы существенно кальцитового состава, но иного генезиса – метаморфиты (мраморы, кальцифиры), метасоматиты (в том числе известковые скарны), гидротермалиты, метаморфизованные осадочные породы (мергели, известняки), которые некоторые исследователи пытаются перевести в карбонатиты. Карбонатиты, в отличие от псевдокарбонатитов, часто характеризуются локализацией в специфических тектонических структурах на щитах и платформах (глубинные разломы, рифты), парагенетическими связями с щелочными породами разного состава (варьируют от ультраосновных–щелочных до щелочно-гранитных), многостадийным формированием и интрузивно-магматическим генезисом, что подтверждается (1) присутствием в их породообразующих минералах первичных расплавленных включений, (2) геолого-петрографическими данными, (3) результатами экспериментальных исследований петрологических систем, близких к природным. Сравнимые группы пород также существенно различаются геохимическими особенностями кальцита. Среди примесей ведущая диагностическая роль принадлежит стронцию, барию и редким землям, которые в большей степени концентрируются в кальците из карбонатитов по сравнению с псевдокарбонатитами. Данные по изотопии стронция, кислорода и углерода свидетельствуют, что карбонатиты и слагающие их карбонаты соответствуют продуктам мантийных выделок и, при отсутствии вторичных изменений, не содержат признаков взаимодействия с материалом вмещающих пород, тогда как изотопные характеристики кальцита из псевдокарбонатитов, напротив, подтверждают их коровый источник

*Ключевые слова:* карбонатиты, псевдокарбонатиты, геохимия кальцита

DOI: 10.31857/S0869605521030096

На протяжении многих лет сохраняется повышенное внимание геологов, как исследователей, так и практиков, к карбонатитам. На наш взгляд, именно такой интерес к этим рудоносным и петрологически интригующим породам может быть одной из причин, порождающих желание относить к ним образования, обогащенные кальцитом, а иногда содержащие в небольшом количестве некоторые некарбонатные минералы, присущие карбонатитам.

Начиная с последней трети прошлого века в ряде статей, опубликованных в отечественных геологических изданиях, предпринимались неоднократные попытки перевести, без достаточных на то оснований, в семейство карбонатитов породы существенно кальцитового состава, которые давно и обоснованно характеризовались иной генетической природой – метаморфиты (мраморы, кальцифиры), метасоматиты (в

том числе известковые скарны), гидротермалиты и даже метаморфизованные осадочные образования (мергели, известняки). Особенно настойчиво такая тенденция, размывающая по справедливому высказыванию известного исследователя карбонатитов Л.К. Пожарицкой (1968 г.) “формационную и геологическую определенность” этих пород, выразилась в индивидуальных и коллективных публикациях В.А. Попова.

Вследствие этого возникла необходимость провести сравнительный анализ геолого-петрографических и минералого-геохимических особенностей двух групп пород – карбонатитов и перечисленных выше образований, претендующих на статус карбонатитов, которые в дальнейшем изложении мы будем именовать псевдокарбонатитами, т.е. мнимыми, ложными карбонатитами.

В последнее время многие российские геологи и, пожалуй, в меньшей степени наши зарубежные коллеги, годами и десятилетиями изучавшие карбонатиты, понимают под ними изверженные (интрузивные и эффузивные) существенно карбонатные породы мантийного происхождения, содержащие в качестве главных породообразующих минералов не менее 50 об. % карбонатов разного состава<sup>1</sup>, обычно тесно ассоциирующие с щелочными магматитами (Гинзбург, Самойлов, 1983).

В распоряжении исследователей имеются достаточно надежные критерии диагностики карбонатитов, которые обладают рядом общих особенностей, что позволяет уверенно отличать их от псевдокарбонатитов.

1. Карбонатиты являются членами геологических формаций, обычно включающих щелочные породы, варьирующие по минералогии, геохимической специфике (натриевые, калиево-натриевые, калиевые) и кремнекислотности (ультрамафиты, габброиды, нефелиновые и щелочные сиениты, граниты, камафугиты и др.), с которыми они находятся в парагенетических соотношениях, обусловленных общностью источника вещества и геолого-тектоническими условиями образования. Примечательно, что собственно магматических щелочных пород, генетически связанных с псевдокарбонатитами, по существу, не установлено. Более того, для метаморфитов, метасоматитов, гидротермалитов, осадочных пород выделены собственные формации.

2. Содержащие классические карбонатиты породные комплексы (массивы) во многих случаях располагаются в относительно стабильных участках континентальной коры (на щитах и платформах), где группируются в зонах глубинных разломов и рифтовых структурах. В отличие от карбонатитов, подобная четкая локализация псевдокарбонатитов не проявлена.

Следует сказать, что О.К. Иванов (2010, с. 78) обратил внимание на то, что в своих попытках отнести к карбонатитам образования, которые мы называем псевдокарбонатитами, В.А. Попов “не учитывает геологическое положение” этих пород и “что не все изученные им объекты действительно карбонатиты”.

3. Карбонатиты обычно формируются на протяжении нескольких стадий эндогенного процесса, тогда как подобная полистадийность не характерна для псевдокарбонатитов.

4. Интрузивно-магматический генезис карбонатитов разных петрографических формаций неопровержимо доказывается комплексом данных (Соколов, 1993): 1) по нахождению в породообразующих (главных и второстепенных) и акцессорных минералах (в кальците и карбонатах его группы; апатите, флюорите, ньерерите; силикатах – форстерите, клинопироксене, мелилите, монтчеллите, нефелине, волластоните, гранате, клиногумите; редкометалльных минералах – ниокалите, цирконе, бадделеите, пирохлоре) первичных расплавных включений, обладающих высокими температурами гомогенизации; 2) по геолого-петрографическим признакам магматической кристаллизации: развитию в карбонатной матрице порфирировых структур и флюидалных

<sup>1</sup> Преимущественно кальцита, а также представителей его группы – доломита, анкерита, сидерита, и в более редких случаях бариево-стронциевых и щелочных карбонатов.

текстур, присутствию угловатых обломков глубинных пород, зонам закалки и редкой зависимости (а чаще независимости) качественного и количественного состава эндо-контактных зон карбонатитовых тел от петрографических особенностей вмещающих пород; 3) по многочисленным результатам экспериментальных исследований систем, близких к природным. В минералах псевдокарбонатитов расплавные включения полностью отсутствуют; только флюидные включения были обнаружены в кальцитовых метасоматитах (например, в известковых скарнах) и гидротермалитах.

5. В псевдокарбонатитах установлены минеральные виды, которые характерны именно для этих образований, но отсутствуют в классических карбонатитах. Так, в уральских мраморах, залегающих среди гнейсов и амфиболитов, отмечались скаполит, дравит (магниевый турмалин), самарскит, везувиан, эпидот, а в кальцитовых метасоматитах чевкинит и шеелит (Попов и др., 1998). Другой пример относится к месторождению Слюдянка (Прибайкалье), где метасоматиты содержат лазурит и скаполит (Попов, 1999). Именно своим присутствием только в псевдокарбонатитах эти минералы говорят о том, что содержащие их породы не следует относить к карбонатитам.

Подробнее остановимся на различии геохимических свойств кальцита, которые несут важную генетическую информацию о карбонатитах и псевдокарбонатитах, что обуславливает необходимость проведения их более обстоятельного сравнительного анализа. Осуществить подобные исследования оказалось возможным благодаря имеющимся публикациям, в которых приведены данные по геохимическим свойствам кальцита из карбонатитов и псевдокарбонатитов.

Исторически сложилось так, что в нашей стране именно исследователи карбонатитов при изучении химического состава их главных породообразующих минералов не прошли мимо кальцита псевдокарбонатитов. Здесь, прежде всего, следует отметить ранние статьи Е.И. Воробьева (1973а, 1973б, 1973в). Он пришел к выводу, что по химическим особенностям кальцит типичных карбонатитов отличается от кальцита тех пород, которые мы относим к псевдокарбонатитам, повышенными содержаниями типоморфных примесных элементов – магния, марганца, железа, но особенно стронция, бария и редких земель (Воробьев, 1983). Следует также отметить, что во многих статьях и монографиях отечественных и зарубежных авторов обращалось внимание на то, что карбонатиты, по сравнению с псевдокарбонатитами, не всегда, но очень часто, содержат значительно более высокие (вплоть до промышленных) концентрации редких металлов (ниобия, тантала, циркония), лантаноидов и иттрия, которые, в таком случае, надо рассматривать как дополнительный диагностический признак различия сопоставляемых групп пород (Le Bas et al., 2002).

В результате проведенного нами изучения статей В.А. Попова – апологета ревизии генезиса метаморфических, гидротермально-метасоматических и осадочных пород – были найдены только два анализа кальцита. Первый анализ минерала (метод не указан) из малоомной (1.5–2 см) силикатно-карбонатной жилки, секущей кальцитовый “мрамор” и отнесенной авторами к карбонатиту (Попов и др., 1998, табл. 1), явно неудачный. Он характеризуется завышенным для кальцита содержанием CaO (57.90%) и еще более высоким суммарным содержанием оксидов Ca, Mg, Fe, Mn, (59.37%), тогда как в чистом, свободном от примесей кальците количество CaO по стехиометрии составляет лишь 56.03%. В составе второго образца, отобранного по данным В.А. Попова (2009) из хромитсодержащего карбонатита на уральском тальк-магнетитовом месторождении Шабры, были установлены (мас. %) CaO (50.51), MgO (0.63), FeO (2.53) и SO<sub>3</sub> (0.72). В обоих анализах кальцита CO<sub>2</sub> не определялся, а данные по содержаниям стронция, бария и редких земель, очень важные для выявления его генетической природы, отсутствуют. Наиболее вероятная причина этого состоит в очень низких концентрациях перечисленных элементов.

**Таблица 1.** Содержания Sr и Ba (мас. %) и отношение Sr/Ba в кальците из карбонатитов и псевдокарбонатитов  
**Table 1.** Sr and Ba contents (wt %) and Sr/Ba ratios in calcite from carbonatites and pseudocarbonatites

Породы	Sr	Ba	Sr/Ba
Карбонатиты, Восточный Саян (36)*	0.29–0.73	0.030–0.057	15.8
Карбонатиты, Урал (9)	0.45–1.43	0.037–0.095	17.5
Карбонатиты, Кольский п-ов (17)	0.69–1.26	0.057–0.140	16.3
Мраморы (5)	0.040–0.160	0.0068–0.0800	10.7
Флогопит-кальцитовые жилы (23)	0.172–0.295	0.0095–0.0500	8.7

\* В скобках указано количество анализов.

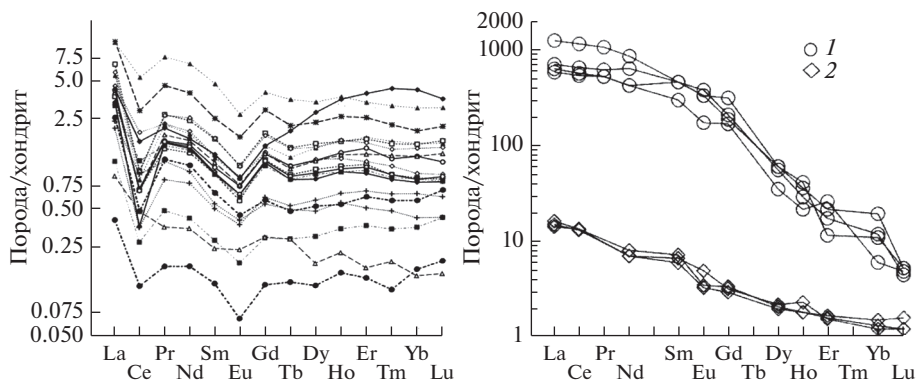
Приведем примеры, подтверждающие химическое и изотопное различие кальцита из карбонатитов и псевдокарбонатитов. Таблица 1 демонстрирует результаты наших и заимствованных из литературных источников анализов по содержаниям стронция и бария, а помимо того показывает средние величины Sr/Ba отношения в кальците ранних карбонатитов массивов Восточного Саяна (Белая Зима), Урала (Вишневогорский<sup>2</sup>) и Кольского полуострова (Ковдор) и, для сравнения, в кальците из мраморов и ассоциирующих с ними гидротермальных флогопит-кальцитовых жил месторождения Слюдянка (Воробьев, 1973б, 1973в; Соколов, 1984). По всем трем показателям значения, соответствующие кальциту карбонатитов, в 1.5–2 раза превышают таковые в кальците псевдокарбонатитов.

В.А. Попов (1999, с. 102) обращает внимание на “необычное вхождение серы в кристаллические решетки карбонатов” псевдокарбонатитов Слюдянки. Следует признать, что такая изоморфная примесь совершенно несвойственна кальциту из типичных карбонатитов.

По данным В.Н. Огородникова с соавторами (2016), графики нормированного по хондриту распределения редкоземельных элементов в образцах из восьми проявлений рубинсодержащих мраморов Среднего и Южного Урала оказались идентичными между собой и соответствуют осадочным карбонатам (рис. 1, слева). Построенные по аналогичному принципу графики (рис. 1, справа) показывают резкое различие карбонатитов (1) и мраморов (2) Северного Забайкалья по содержаниям редких земель и характеру их распределения (Ласточкин, 2008).

Известно, что результаты исследования изотопии стронция, кислорода и углерода дают информацию об источниках вещества, происхождении пород и вторичных изменениях в составе минералов. Изотопный состав стронция в мантийных производных характеризуется низкими отношениями  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  от 0.7033 до 0.7042. Таким значениями близко соответствуют показатели, установленные для щелочных пород различного состава (0.7029–0.7046), кальцитовых карбонатитов (0.7010–0.7057) и кальцита (0.7034–0.7040) в массивах разных регионов мира и России (Паул и др., 1969; Фор, 1989; Sokolov, 2002). В то же время, изотопные метки карбонатов кальция из мраморов, мер-

<sup>2</sup> Авторские анализы кальцита уральских карбонатитов получены по образцам, которые были предоставлены А.С. Таланцевым (ИГиГ УНЦ АН СССР).



**Рис. 1.** Нормированные по хондриту распределения редкоземельных элементов: слева – в рубинсодержащих мраморах; справа – в карбонатитах (1) и мраморах (2).

**Fig. 1.** Chondrite-normalized distributions of rare-earth elements: at left – in ruby-bearing marbles; at right – in carbonatites (1) and marbles (2).

гелей и известняков отличаются более высокими значениями отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0.705–0.711).

В мантийных породах величина  $\delta^{18}\text{O}$  находится в пределах от +2 до +8.5‰, а показания  $\delta^{13}\text{C}$  варьируют от –9 до –2‰. Для карбонатитов подавляющее число определений попадает в довольно узкие интервалы значений  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta^{13}\text{C}$ , сходных с мантийными, что свидетельствует о глубинном (подкоровом) источнике составляющего их вещества.

Согласно данным К.С. Иванова с коллегами (2010) и результатам наших исследований образцов А.С. Таланцева (Соколов, 1996), кальцит уральских карбонатитов и мраморов обладает различной изотопией кислорода и углерода. Значения  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta^{13}\text{C}$  для первых равны, соответственно, +7.0...+10.2‰ и –7.9...–5.1‰, а для вторых изменяются от +18.1 до +27.3‰ и от +1.3 до +3.1‰.

Исходя из приведенных данных по изотопии стронция, кислорода и углерода, можно прийти к выводу, что карбонатиты и слагающий их кальцит, не затронутые процессами поздних преобразований, соответствуют продуктам мантийных выплавов и не содержат признаков, указывающих на взаимодействие с коровым материалом. При этом изотопные характеристики псевдокарбонатитового кальцита, напротив, подтверждают его коровый источник.

В одной из своих статей В.А. Попов (1999, с. 108), характеризуя псевдокарбонатиты как карбонатиты, утверждал, что их “геологические и геохимические характеристики не противоречат такой интерпретации.” Следует, однако, помнить, что *не противоречат* совсем не означает *доказывают*. В нашем же случае все обстоит как раз наоборот. Псевдокарбонатиты, как было показано выше, очень даже противоречат карбонатитам по многим характеристикам: морфологии и строению тел (с чем согласен В.А. Попов), геологической позиции, генетической связи и пространственной ассоциации с щелочными породами, полистадийности формирования, интрузивно-магматическому генезису, геохимическим свойствам породообразующего кальцита.

Таким образом, по совокупности признаков (геолого-петрографических, геохимических и генетических) псевдокарбонатиты заметно отличаются от карбонатитов. На наш взгляд, нет надежно аргументированных фактов, чтобы относить представляю-

щие их метаморфиты, метасоматиты, гидротермалиты и метаморфизованные осадочные породы к карбонатитам.

Автор согласен, что “не всегда генезис карбонатных пород очевиден” (Попов и др., 1998, с. 240). Тем более, когда их происхождение пытаются определить по одной характеристике (имеется в виду используемый В.А. Поповым онтогенетический анализ структур минеральных агрегатов), не учитывая множество других факторов. В то же время, типичные магматические карбонатиты разных формаций надежно выделяются по совокупности выявленных у них общих признаков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Воробьев Е.И.* Геохимическая специфика эндогенных кальцитов как важный геологический признак / Ежегодник 1972. Сибирский институт геохимии. Иркутск, **1973а**. С. 252–255.

*Воробьев Е.И.* Геохимия стронция и бария в карбонатитах В кн.: Стронций и барий в эндогенных образованиях. М.: Наука, **1973б**. С. 160–184.

*Воробьев Е.И.* Некоторые особенности распределения стронция и бария в кальцитах из карбонатных пород Слюдянского флогопитового месторождения В кн.: Стронций и барий в эндогенных образованиях. М.: Наука, **1973в**. С. 152–159.

*Воробьев Е.И.* Кальцитометрические методы поисков месторождений полезных ископаемых / Проблемы прикладной геохимии. Материалы второго международного симпозиума. Новосибирск: Наука, **1983**. С. 142–146.

*Гинзбург А.И., Самойлов В.С.* К проблеме карбонатитов // ЗВМО. **1983**. № 3. С. 164–176.

*Иванов К.С., Ерохин Ю.В., Погромская О.Э.* Изотопия углерода и кислорода в карбонатитах и мраморах Урала / XI Всероссийское петрографическое совещание. Екатеринбург: ИГиГ Уро РАН, **2010**. Т. 1. С. 271–272.

*Иванов О.К.* О принципах систематики карбонатитов и эндогенных карбонатных пород // Уральский геологический журнал. **2010**. № 1. С. 77–81.

*Ласточкин Е.И.* Отличительные признаки метаморфизованных карбонатных пород от карбонатитов В. кн.: Рудоносность ультрамафит-мафитовых и карбонатитовых комплексов складчатых областей. Улан-Удэ, **2008**. С. 38–40.

*Огородников В.Н., Поленов Ю.А., Недосекова И.Л., Савичев А.Н.* Гранитные пегматиты, карбонатиты и гидротермалиты Уфалейского метаморфического комплекса. Екатеринбург: ИГГ РАН, **2016**. 273 с.

*Пауэл Дж.Л., Харли Р.М., Фербэрн Х.В.* Изотопный состав стронция и происхождение карбонатитов. В кн.: Карбонатиты. М.: Мир, **1969**. С. 314–325.

*Попов В.А.* К реинтерпретации генезиса тел карбонатных горных пород на юго-западном побережье озера Байкал // Уральский минералогический сборник. **1999**. № 9. С. 102–109.

*Попов В.А.* Находка хромсодержащих карбонатитов в Шабровском тальк-магнетитовом месторождении (Урал) // Уральский геологический журн. **2009**. № 2. С. 80–82.

*Попов В.А., Макагонов Е.П., Никандров С.Н.* О новых проявлениях карбонатитов на Урале // Уральский минералогический сборник. **1998**. № 8. С. 240–248.

*Соколов С.В.* Карбонаты массивов ультрамафитов, щелочных пород и карбонатитов // Геохимия. **1984**. № 12. С. 1840–1857.

*Соколов С.В.* Генетическая природа, формационная принадлежность и условия образования карбонатитов. Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений твердых полезных ископаемых. Обзорная информация. Вып. 5. М.: “Геоинформмарк”, **1993**. 73 с.

*Фор Г.* Основы изотопной геологии. М.: Мир, **1989**. 590 с.

## Carbonatites and Pseudocarbonatites

S. V. Sokolov\*

*Fedorovsky All-Russian Scientific-Research Institute of Mineral Resources, Moscow, Russia*

\*e-mail: vims-sokol@mail.ru

Carbonatites and pseudocarbonatites are considered in a comparative aspect. The latter include rocks of a substantially calcite composition, but of different genesis – metamorphites

(marbles, calciphyres), metasomatites (including calcareous skarns), hydrothermalites, metamorphosed sedimentary rocks (marls, limestones), which some researchers are trying to convert into carbonatites. Carbonatites, unlike the pseudocarbonatites, are often characterized by localization in specific tectonic structures in shields and platforms (deep faults, rifts), paragenetic relationships with alkaline rocks of various compositions (varying from ultrabasic-alkaline to alkaline-granites), multi-stage formation and intrusive-magmatic genesis, which is confirmed by (1) the presence of primary melt inclusions in their rock-forming minerals, (2) geological and petrographic data, (3) results of experimental studies of petrological systems close to natural ones. The compared groups of rocks are also significantly distinguished in geochemical peculiarities of calcite – by contents of typomorphic trace elements and isotopic composition of strontium, oxygen, and carbon. Among these elements, the leading diagnostic role belongs to strontium, barium and rare earths, which are more concentrated in the mineral of carbonatites than in pseudocarbonatites. Data on the isotopic composition of strontium, oxygen, and carbon indicate that carbonatites and their constituent calcites correspond to products of mantle melting and, in the absence of secondary alterations, do not contain signs of interaction with the material of host rocks, while, on the contrary, isotopic characteristics of pseudocarbonatite calcite, confirm their crustal source.

*Keywords:* carbonatites, pseudocarbonatites, geochemistry of calcite

## REFERENCES

- Faure G.* Principles of isotope geology. New York: John Wiley & Sons, **1986**. 589 p.
- Ginzburg A.I., Samoilov V.S.* To the problem of carbonatites. *Zapiski VMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1983**. N 2. P. 164–176 (in Russian).
- Ivanov K.S., Erokhin Yu.V., Pogranskaya O.E.* Isotopy of carbon and oxygen in carbonatites and marbles of the Urals. Magmatism and metamorphism in the History of the Earth. Abstracts of the XI All-Russian Petrographic Meeting. Ekaterinburg: IGG Uralian branch of the RAS, **2010**. Vol. 1. P. 271–272 (in Russian).
- Ivanov O.K.* On the principles of taxonomy of carbonatites and endogenous carbonate rocks. *Uralian Geol. J.* **2010**. N 1. P. 77–81 (in Russian).
- Lastochkin E.I.* Distinctive features of metamorphosed carbonate rocks from carbonatites. Ore potential of ultramafic-mafic and carbonatite complexes of folded areas. Ulan-Ude, **2008**. P. 38–40 (in Russian).
- Le Bas M.J., Subbarao K.V., Walhs J.N.* Metacarbonatite or marble? – the case of the carbonate, pyroxenite, calcite-apatite rock complex at Borra Eastern Ghats, India. *J. Asian Earth Sci.* **2002**. Vol. 20. N 2. P. 127–140.
- Ogorodnikov V.N., Polenov Yu.A., Nedosekova I.L., Savichev A.N.* Granite pegmatites, carbonatites and hydrothermalites of the Ufaley metamorphic complex. Ekaterinburg: IGG Uralian branch of the RAS, **2016**. 273 p. (in Russian).
- Powell J.L., Hurley R.M., Fairbairn H.W.* Strontium isotopic composition and origin of carbonatites. In: *Carbonatites*. Eds. O.F. Tuttle and J. Gittins. New-York: Interscience Publishers, **1966**. P. 365–378.
- Popov V.A.* To reinterpreting the genesis of carbonate rock bodies on the southwestern coast of Baikal Lake. *Ural Miner. Miscellany*. **1999**. N 9. P. 102–109 (in Russian).
- Popov V.A.* Finding chromium-bearing carbonatites in the Shabrovskoe talc-magnetite deposit (Urals). *Uralian Geol. J.* **2009**. N 2. P. 80–82 (in Russian).
- Popov V.A., Makagonov E.P., Nikandrov S.N.* About new occurrences of carbonatites in the Urals. *Ural Miner. Miscellany*. **1998**. N 8. P. 240–248 (in Russian).
- Sokolov S.V.* Carbonates in ultramafic, alkali-rocks, and carbonatite intrusions. *Geochemistry Int.* **1985**. Vol. 22. N 4. P. 150–166.
- Sokolov S.V.* Genetic nature, formational affiliation and formation conditions of the carbonatites. Geology, methods of prospecting and evaluation of solid mineral resources. Survey information. Issue 5. Moscow: Geoinformmark, **1993**. 73 p. (in Russian).
- Sokolov S.V.* Melt inclusions as indicators of the magmatic origin of carbonatite rare metal and rare earth minerals. *Chem. Geol.* **2002**. Vol 183. N 1–4. P. 373–378.

---

*Vorobyev E.I.* The geochemical specific of endogenous calcites as an important geological feature. Yearbook 1972. Irkutsk: Siberian Institute of Geochemistry, **1973a**. P. 252–255 (*in Russian*).

*Vorobyev E.I.* Geochemistry of strontium and barium in carbonatites. Strontium and barium in endogenous formations. Moscow: Nauka, **1973b**. P. 160–184 (*in Russian*).

*Vorobyev E.I.* Some features of the distribution of strontium and barium in calcites from carbonate rocks of the Slyudyanka phlogopite deposit. Strontium and barium in endogenous formations. Moscow: Nauka, **1973c**. P. 152–159 (*in Russian*).

*Vorobyev E.I.* Calcitometric methods of prospecting of mineral deposits. Problems of applied geochemistry. Novosibirsk: Nauka, **1983**. P. 142–146 (*in Russian*).