

# Геохимия датолитовых скарнов гор Змейка и Золотой Курган

(Кавказские Минеральные Воды, Северный Кавказ)

В.М. Газеев\*, А.Г. Гурбанов\*\*, А.Я. Докучаев\*\*\*, А.М. Курчавов\*\*\*\*

*Приведены результаты геохимического изучения скарновой минерализации, выявленной в районе гор Змейка и Золотой Курган (Кавказские Минеральные Воды). Эта минерализация связана, с одной стороны, с постмагматическими процессами, протекавшими в сиенитовом массиве г. Золотой Курган, а с другой стороны – с вмещающими гранитоиды осадочными породами. Источником рудного вещества для одних элементов (Pb) мог являться остывающий гранитный расплав, для других элементов (V, Zn, As, Mo, Ag, Sc, Sb, Pb) – вмещающие осадочные породы. Механизм формирования подобных образований описывается латераль-секреционной гипотезой формирования рудных тел (конвективная ячейка).*

Группа из 18 гипабиссальных интрузивных массивов, известная в геологической литературе как лакколиты Кавказских Минеральных Вод (КМВ), расположена в пределах Ставропольского сводового поднятия и залегает в верхней части осадочного чехла южного блока Скифской плиты. Внедрились они в позднем миоцене в интервале от 7,79±0,13 до 8,25±0,19 млн лет (<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar-метод [9]) и контролируются зоной сочленения меридиональной Транскавказской системы глубинных дислокаций с субширотным Терским разломом глубинного заложения. Интрузивные массивы сложены гранитоидами латитового типа, образующими в плане субизометричную зональную структуру размером 60х40 км<sup>2</sup>. Внешняя зона сложена телами сиенитового, промежуточная – граносиенитового, а центральная – лейкогранитного составов [11]. Массивы сиенит- и граносиенит-порфириров в большинстве случаев однофазные (Верблюд, Змейка, Золотой Курган, Железная, Юца), редко с маломощными дайками аплитов (Развалка). Массивы более кислых пород преимущественно сложены гранит-порфирами (Бештау, Шелудивая) или лейкогранит-порфирами (Бык, Козьи Скалы). Постмагматические образования в массивах представлены жилами и прожилками кальцит-флогопитового состава, зонами аргиллизации, лимонитизации и карбонатизации. С линейными зонами окисления и вторичного сульфидного обогащения, развитыми в массивах гор Бештау и Бык, связана прожилково-вкрапленная карбонат-сульфидная минерализация и сульфидно-урановое оруденение [2]. В экзоконтактовых зонах интрузивных тел (горы Бык, Джуца, Козьи Скалы, Змейка, Шелудивая, Верблюд) и в районе горы Машук отмечены проявления датолита.

Гранат-датолитовые проявления наблюдаются на расстоянии до 100 м в направлении от контакта с интрузивными телами [12]. Скарновые проявления с датолитовой минерализацией в районе гор Золотой Курган, Змейка и Бык содержат полиметаллическую минерализацию [4].

## Геологическое строение участка с датолитовой минерализацией

Золотой Курган представляет собой куполообразную пологую гору с относительным превышением около 200 м. Вершина, северный и западный ее склоны сложены верхнемеловыми, слабо мраморизованными известняками и мергелями. На южном склоне на верхнемеловые отложения налегает толща песчано-глинистых пород палеоценового и эоценового возрастов. Контакт верхнемеловой и палеоцен-эоценовой толщ тектонически осложнен. Интрузивные породы г. Золотой Курган образуют два крупных выступа, вытянутых в северо-восточном направлении. Один из них (Южный Бугор) образует на дневной поверхности небольшое овальное в плане тело, сложенное сиенит-порфирами, которое на глубине 200 м соединяется со вторым выступом (Главным Куполом), интрузивные породы которого не обнажены на поверхности [10]. Скарны горы Золотой Курган вскрыты на поверхности горными выработками. Они залегают в виде пластообразной залежи, локализованной на контакте верхнемеловой и палеоцен-эоценовой толщ. В основании скарнового тела развиты мраморизованные и брекчированные известняки, от которых оно отделено волнистой поверхностью резкого контакта. Верхний контакт с трещиноватой толщей известковистых алевролитов постепенный, а новообразованная минерализация убывает на протяжении 1–2 м по мере удаления от интрузии.

\* Газеев В.М. – к.г.-м.н., н.с. Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ РАН).

\*\* Гурбанов А.Г. – к.г.-м.н., в.н.с. ИГЕМ РАН.

\*\*\* Докучаев А.Я. – к.г.-м.н., с.н.с. ИГЕМ РАН.

\*\*\*\* Курчавов А.М. – д.г.-м.н., вед. н.с. ИГЕМ РАН.

Главной разновидностью скарнов являются датолит-гранатовые образования. Менее распространены скарны преимущественно везувиан-гранатового и гранат-пироксенового составов, образующие узкие зоны в приконтактовой части с мраморами.

### Фактический материал, методы и результаты исследований

В 2008 г. нами были отобраны образцы сиенит- и граносиенит-порфиров, скарнов и вмещающих их пород в районе гор Змейка (рис. 1) и Золотой Курган. Было проведено: микроскопическое изучение шлифов; определение содержаний петрогенных и малых элементов рентгенофлуоресцентным методом на квантометре СРМ-25, редкоземельных элементов – инструментальным нейтронно-активационным методом в лаборатории ядерно-физических исследований ИГЕМ РАН; исследование составов и температур гомогенизации флюидных включений на термодатчике Linkam-THMSG 600 в ИГЕМ РАН.

Датолит-гранатовые скарны представляют собой серовато-зеленую мелкозернистую породу, в которой заметны изометричные выделения светло-коричневого граната, везувиана, прожилки кальцита, датолита, эпидота, пироксена, реже галенита; иногда сохраняются унаследованные кластогенные зерна кварца и плагиоклаза. Ранние выделения серого датолита, как и вся порода в целом, пересечены прожилками прозрачного датолита второй генерации и карбонат-цеолитовыми, реже халцедоновыми жилками. Главным минералом везувиан-гранатовых и гранат-пироксеновых скарнов является кальцит, содержание которого превышает 50%. Датолит присутствует в этих разновидностях скарнов в аксессуарных количествах.

Датолитовые скарны горы Золотой Курган имеют повышенные концентрации (в г/т) свинца (823–8 000) и цинка (424–5 043) (табл. 1). Иногда отмечаются повышенные содержания (в г/т) стронция (до 28 409), бария (до 6 921), мышьяка (120–254), молибдена (75), серебра (9,9) и сурьмы (7,8). В скарнах горы Змейка содержание свинца достигает 302–399 г/т.

В граносиенитах горы Змейка и в сиенитах горы Золотой Курган, с которыми пространственно ассоциируют скарновые залежи, установлены повышенные концентрации (в г/т) свинца (188 и 170 соответственно), молибдена (4,4 и 23),

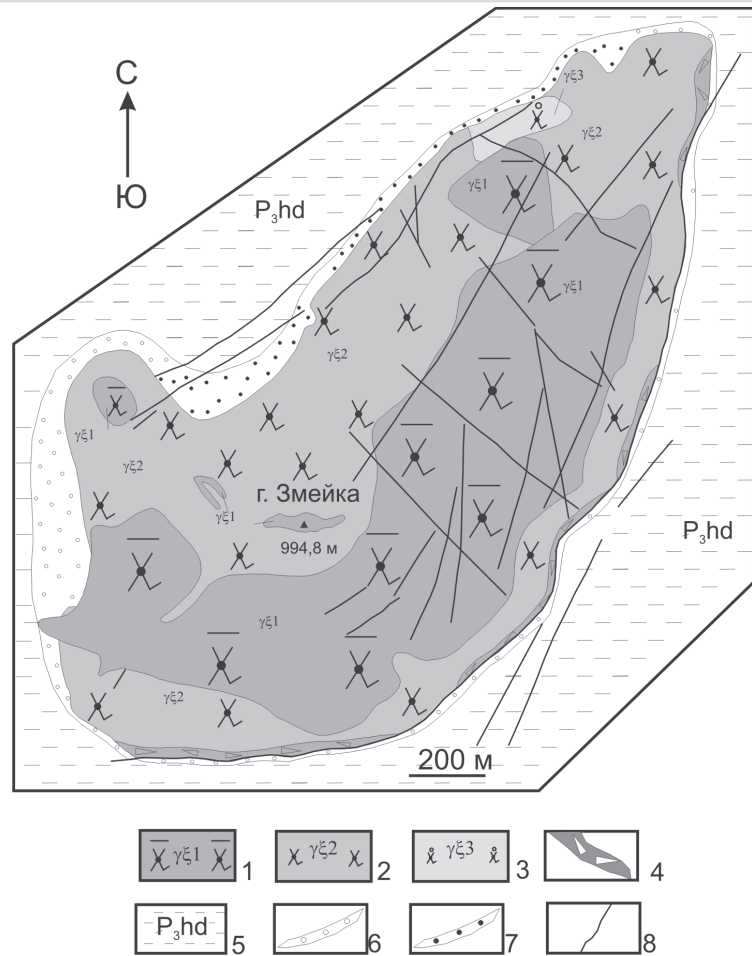


Рис. 1. Схематическая геологическая карта района горы Змейка и позиция датолитовых скарнов (составлена по данным ФГУГП «Кавказгеолсъемка», 2003)

1–3 – позднемиоценовые интрузивные образования (граносиенит-порфиры): 1 – серые полосчатые первой фазы внедрения, 2 – светло-серые однородные первой фазы внедрения, 3 – кварцевые второй фазы внедрения, 4 – приконтактовые магматические брекчии, 5 – олигоценые аргиллиты с прослоями мергелей (хадумская свита), 6 – окремненные (контактово-измененные) породы, 7 – скарнированные (датолитизированные) породы, 8 – разрывные нарушения

стронция (996 и 1058), урана (23,5 и 25), тория (45 и 46), сурьмы (0,8 и 0,87), серебра (0,6), при кларковых содержаниях бария (1646 и 1643) и низких концентрациях цинка (43 и 30). Содержание этих элементов, по сравнению с кларками для сиенитов [3], превышает их соответственно по: Pb – в 15 и 14,2 раза, Mo – в 7,3 и 38,3 раза, U – в 7,8 и 8,3 раза, Sr – в 4,9 и 5,3 раза, Th – в 3,5 раза. Содержание Ba соответствует кларковому, а Zn – понижено (0,3 кларка). Сравнение содержаний этих элементов в изученных гранитоидах с гранитоидами латитового ряда [14] свидетельствует о том, что свинец, уран и молибден в граносиенитах и сиенитах содержатся в повышенных количествах (в г/т): Pb – 8,2 и 7,4 соответственно, Mo – 2,9 и 13,5, Sr – 1,5, Ba – 0,96, Zn – 0,6. Также отметим, что содержание BeO в лакко-

Таблица 1

Средние содержания химических элементов в граносиенитах, сиенитах, скарнах, мергелях и песчаниках

Оксид, элемент	Место взятия пробы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	69.83	66.23	59.82	48.08	16.88	32.26	19.78	15.58	39.53	69.00
TiO <sub>2</sub>	0.28	0.40	0.37	0.46	0.24	0.24	0.6	0.59	0.55	0.56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.36	14.37	12.49	6.60	2.26	2.46	7.35	6.97	7.9	6.28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.95	2.72	2.74	12.57	11.59	10.38	5.27	2.22	5.16	5.02
MnO	0.05	0.05	0.48	0.52	0.97	0.93	0.12	0.14	0.09	0.14
MgO	0.8	2.19	1.50	1.01	0.59	1.10	0.47	0.19	1.63	0.67
CaO	1.76	2.28	10.00	18.41	34.96	26.35	34.15	34.68	29.26	10.51
Na <sub>2</sub> O	4.30	3.80	3.56	1.97	0.29	0.34	0.09	0.47	1.59	0.90
K <sub>2</sub> O	5.15	5.82	4.85	2.74	0.10	0.10	0.91	4.25	1.61	1.7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.27	0.46	0.37	0.14	0.16	0.07	0.09	0.09	0.05	0.25
S	0.04	0.06	0.01	0.02	0.39	0.48	0.11	0.1	0.02	0.04
Cl	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
Сумма	98.80	98.40	96.21	92.53	68.44	74.73	68.95	65.29	87.4	95.09
Sc	3	7	17	31	52	4	51	56	24	20
Cr	15	83	56	113	45	40	90	68	85	67
Co	6	10	11	20	17	20	11	13	13	14
Cu	10	21	15	14	42	45	46	53	22	54
V	29	47	56	138	35	5	139	114	176	110
Pb	188	170	940	823	4225	8000	302	399	56	42
Zn	43	30	28	424	1962	5043	19	65	53	140
As	21	4	-	120	564	254	24	99	27	34
Y	15	13	10	9	12	99	15	21	12	31
Sr	996	1068	1454	1145	1566	28409	1530	1733	670	372
Mo	4.4	23	-	-	-	75	-	-	-	-
Ag	0.6	-	-	-	-	10	-	-	-	-
Sb	0.8	0.87	-	-	-	7.8	-	-	-	-
Ba	1646	1613	1523	1207	612	6921	426	1805	403	680
Th	45	46	-	-	-	3.4	-	-	6.2	-
U	23.5	25	-	-	-	1.4	-	-	4.4	-
Zr	223	215	175	152	62	48	94	79	79	268

**Примечание.** Место взятия проб: 1 – граносиениты горы Змейка (10 проб); 2 – сиениты горы Золотой Курган (2 пробы); 3 – карбонат-флогопитовые прожилки в сиенитах горы Золотой Курган (2 пробы); 4–6 – скарны горы Золотой Курган (по 1 пробе); 7–8 – скарны горы Змейка (по 1 пробе); 9 – мергели (7 проб); 10 – песчаники (5 проб).

литах КМВ достигает 0,002–0,008 масс. % [12], что в пересчете на элемент соответствует 20–80 г/т (при кларке в сиенитах 1 г/т и гранитоидах латитового ряда 2,2 г/т).

Сравнение содержаний ряда элементов в неизменных сиенитах горы Золотой Курган и секущих их прожилках кальцит-флогопитового состава показало, что в процессе остывания магматического расплава в гидротермальном растворе, связанном с сиенитами, происходит значительное увеличение концентраций свинца – до 940 г/т (Кн 5,5), умеренное накопление стронция (Кн 1,36), в то время как барий (Кн 0,9) и цинк (Кн 0,9) практически не накапливаются. Термобарогеохимическими исследованиями газовой-жидких включений в карбонат-флогопитовых жилах определены температуры их гомогенизации, располагающиеся в интервале от 158 до 186°C. Основным компонентом растворов являлся NaCl, с концентрацией 2,9–4,2 мас.%, экв. NaCl.

Сравнение концентраций свинца и цинка в неизменных песчаниках и мергелях, обнажающихся в районе гор Змейка, Золотой Курган и Бык, с их средним содержанием в близких по составу породах [3] показало, что в нашем случае имеют место высокие содержания свинца (6,0 кларков), а в песчаниках – также и высокие концентрации цинка (140 г/т, или 8,8 кларка).

### Обсуждение результатов

Отложения майкопской серии олигоцен-миоценового возраста, широко распространенные в Северном Предкавказье и в том числе на КМВ, часто включают пластовые скопления костных остатков рыб, содержащих (сорбирующих) сульфидную, урановую и редкоземельную минерализацию. К ним также приурочены месторождения

марганца, из которых наиболее крупными являются олигоценовые месторождения Южной Украины и Западной Грузии. Существуют представления о генетической связи как ураново-редкометалльных, так и марганцевых месторождений с сероводородным заражением наддонных вод майкопского бассейна [8]. Нами проанализированы образцы глин из разреза майкопской серии Краснодарского края, безусловно предоставленные геологами ФГУП «Кавказгеолсъемка» (табл. 2). Несмотря на ограниченность выборки,

Таблица 2

## Средние содержания химических элементов в глинах из разрезов майкопской серии Краснодарского края

Элемент	Место взятия						Σ/6	(Σ/6)/кларк
	2036/2	2733/1	2767/5	3007/31	5327/23	5327/40		
P	2000	500	6000	3000	800	1000	2216	3.1
Mn	500	100	1500	1000	200	500	633	0.7
Ti	5000	3000	5000	4000	4000	5000	4333	0.9
Sc	10	10	15	20	15	15	14	10.7
Cr	100	20	60	100	100	100	80	0.9
Co	10	10	100	30	15	20	30	1.6
Ni	50	30	200	60	40	80	76	1.1
Cu	150	50	60	80	100	80	53	1.1
V	200	80	150	200	200	200	171	1.3
Pb	80	20	40	40	40	30	41	2.0
Zn	150	100	200	200	150	100	150	0.2
As	40	30	150	20	40	40	53	40.7
Y	15	10	100	30	30	15	33	4.3
Sr	300	100	300	300	500	100	266	0.8
W	4	2	3	3	4	3	3	1.6
Mo	100	2	60	50	100	10	68	26.1
Ag	0.3	0.08	0.1	0.1	0.15	0.1	0.13	18.5
Sb	-	-	10	-	10	10	5	3.5
B	100	60	50	60	50	50	61.6	6.1
Sn	10	5	5	5	6	5	6	1.0
Be	3	2	2	2	3	4	2.6	0.8
Ba	800	300	1000	1000	800	800	783	1.3
Zr	100	150	150	200	300	200	183	1.1

**Примечание.** Место взятия образцов: 2 036/2 – р. Курджипис, глина; 2 733/1 – р. Фюнт, бентонитовая глина; 2 767/5 и 3 007/31 – р. Убин (2 767/5 – глина с обилием рыбных чешуек, 3 007/31 – глина; 5 327/23 – р. Белая, глина; 5 327/40 – р. Абин, глина.

У/6 – среднее по 6 пробам; (У/6)/кларк – содержание в кларковых долях (использованы кларковые величины для глин, по К. Таркьяну и К. Ведеполю [3])

отметим высокие средние содержания и величины кларков концентрации (Кк) по ряду элементов: мышьяк (53 г/т, Кк 41), молибден (68 г/т, Кк 26), Ag (0,13 г/т, Кк 18), скандий (14 г/т, Кк 11), бор (62 г/т, Кк 6,5), Sb (5 г/т, Кк 3,5). Последние рассчитаны с использованием данных о средних содержаниях элементов в глинах [3].

Г.Н. Мелитаури [7] при изучении распределения бора в мезокайнозойских породах КМВ установил его повышенные содержания в осадочных образованиях. Так, содержание бора в аргиллитах достиг

200 г/т (Кк 20), в песчаниках – до 80–90 г/т (Кк 22–25), в известняках – до 24 г/т (Кк 1,2). Им установлено, что внедрение расплавов не влияет на концентрации бора в контактово-измененных и неизмененных вмещающих породах. Кроме того, для горы Верблюд приведены данные по разрезу граносиенит – эндоконтат – экзоконтат (осадочные породы). Во вмещающих породах наблюдается постепенное повышение содержания бора по направлению к неизмененным осадочным породам.

По данным А.С. Авдеенко [1], в сиенитах и граносиенитах величина  $\delta^{18}\text{O}$  составляет 8–10‰, в амфиболовых гранитах – 7,0–7,1‰, лейкогранитах – 12,5–13,7‰, во вмещающих палеогеновых аргиллитах, алевролитах и алевро-песчаниках – 7,7–14,5‰, в палеогеновых мергелях – 16,3–22,8‰, в известняках мело-

вого возраста – 24,0‰, в скарнах Золотого Кургана – 17,2‰. В кальците из кальцит-эпидот-гранатовых прожилков, секущих скарны, величина  $\delta^{18}\text{O}$  составляет 24,4‰, в кальците из флогопит-карбонатных прожилков, секущих сиениты Золотого Кургана, – 19,8–23,5‰. Формирование изотопно-кислородной системы лейкогранитов не может быть описано в рамках процессов кристаллизационной дифференциации и ассимиляции пород карбонатного состава. Ведущую роль, по-видимому, здесь играло флюидно-магматическое взаимодействие, имевшее место на стадии остывания интрузивных тел [1].

По существующим представлениям [5], при возникновении теплового очага во вмещающих толщах вначале наблюдается растекание подземных вод в сторону от него, но при падении давления

направление движения подземных вод в зоне действия теплового очага меняется на обратное. При тепловом воздействии «сухой», недосыщенной водой магмы во вмещающих породах создаются условия, способствующие движению надкритического водяного флюида к теплому очагу [13], т.е. включается механизм «конвективной ячейки».

### Выводы

Приведенные данные свидетельствуют о высоких содержаниях ряда элементов (В, Zn, As, Мо, Ag, Sc, Sb, Pb, U [8]) в палеогеновых осадочных толщах, вмещающих лакколиты КМВ и Sr в лагунно-континентальных отложениях верхней юры и мела (валанжин) [15]. В изученных скарнах установлены повышенные концентрации этих же элементов.

Лакколиты КМВ имеют резко повышенные концентрации элементов, не характерных для гранитоидов латитового геохимического типа (Pb, Мо, U, Be, Sr). Эти же элементы, за исключением Be, в повышенных концентрациях отмечаются в осадочных толщах. При циркуляции в сиенитах постмагматических гидротермальных растворов происходит значительное увеличение в них концентраций Pb и уменьшение концентраций Zn. Содержание Мо в неизмененных сиенитах варьирует от 4,4 г/т (Змейка) до 23 г/т (Золотой Курган).

Имеющиеся геологические (формирование сиенитов из «сухого» расплава; удален-

ность скарнов от контактов интрузивов; тектонический контроль контакта между меловой и палеоген-эоценовой толщами; несколько генераций датолита) и геохимические факты (подобие набора элементов, имеющих повышенные концентрации в осадочных толщах, скарнах и отчасти в магматических образованиях, а также различие Кн свинца и цинка, вариации содержания молибдена в сиенитах) хорошо объяснимы с позиции латераль-секреционной модели формирования рудных тел. Согласно этой модели, руды гидротермальных месторождений образуются в результате извлечения рудных компонентов из вмещающих горных пород и их последующего переотложения поровыми растворами преимущественно метеорного происхождения, вовлеченными в глобальную циркуляцию.

Приведенные выше данные позволяют по-иному рассматривать генезис оруденения, связанного с лакколитами КМВ, и использовать этот подход при поисках и оценке рудных тел в районах развития новейшего вулканизма Северного Кавказа и Южной Осетии.

*Работа выполнена при финансовой поддержке госконтракта Научной Школы №02-515 12 0009 (рук. академик О.А. Богатиков) с Миннаукой РФ; Грантов РФФИ №№ 08-05-00423-а и 09-05-90360-Ю-Осет-а*

## Литература

- 1. Авдеенко А.С.** Поведение изотопно-кислородной системы в процессах контаминации магм и взаимодействия флюид-пород (на примере неогеновых гранитоидов и минерализованных вод района Кавказских Минеральных Вод) // Автореф. дисс. на соискание ученой степени кандидата геол.-мин. наук. – М.: ИГЕМ РАН, 2009. 25 с. (Текст 118 с.).
- 2. Белова Л.Н., Цейтлин С.Г.** Минералогические особенности зон окисления месторождений Бештау и Бык. – М.: Геолфонд ИГЕМ РАН, 1959. 34 с.
- 3. Войткевич Г.В., Кокин А.В., Мирошников А.Е., Прохоров В.Г.** Справочник по геохимии. – М.: Недра, 1990. 476 с.
- 4. Герасимов А.П.** Месторождение датолита на г. Бык в районе Кавказских Минеральных Вод // Изв. Главного геол.-развед. управления. 1931. Т. 50. Вып. 60. С. 939–942.
- 5. Кононов В.И.** Тезисы доклада на II совещании по геотермальным исследованиям в СССР. – М.: Наука, 1964.
- 6. Ляхович В.В.** Факторы рудогенерирующей способности гранитов. – М.: Наука, 1983. 219 с.
- 7. Мелитаури Г.Н.** Об источнике бора в датолитовых скарнах // Известия АН СССР. Сер. геол. 1972. №5. С. 141–143.
- 8. Недумов Р.И.** Об изменениях уровня сероводородного заражения наддонных вод майкопского бассейна // Литология и полезные ископаемые. 1998. № 4. С. 371–382.
- 9. Поль И.Р., Хесс Ю.С., Кобер Б. и др.** Происхождение и петрогенезис миоценовых трахириолитов (А-тип) из северной части Большого Кавказа // Магматизм рифтов и складчатых поясов. – М.: Наука, 1993. С. 108–125.
- 10. Родзянко Н.Г.** Новые данные о кристаллических породах горы Золотой Курган на Северном Кавказе // Мат. второй науч. конф. аспирантов. – Ростов-на-Дону: Изд. РГУ, 1960. С. 108–110.
- 11. Сазонова Л.В., Носова А.А., Докучаев А.Я., Гурбанов А.Г.** Латитовый тип позднеколлизийных гранитоидов (Северный Кавказ): геохимические и минералогические особенности // Докл. Академии наук / Геохимия, 2003. Т. 393. № 2. С. 1–5.
- 12. Соболев Н.В., Лебедев-Зиновьев А.А., Назарова А.С., Вилюнова Л.П., Баталов С.Ш., Брылина О.М., Афанасьева А.К.** Неогеновые интрузивы и домезозойский фундамент района Кавказских Минеральных Вод // Труды ВИМС. Москва, 1959. 208 с.
- 13. Сыромятников Ф.В.** Некоторые теоретические вопросы возникновения и развития гидротермальных растворов // Известия АН СССР. Сер. геол. 1955. № 3.
- 14. Таусон Л.В.** Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. – М.: Наука, 1977. 278 с.
- 15. Черницын В.Б., Андрущук В.Л., Рубцов Н.Ф.** Металлогенические зоны Центрального и Северо-Западного Кавказа. – М.: Недра, 1971. 201 с.