

УДК 550.837.211: 553.3/9 + 553.22

**ПЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ  
ОСОБЕННОСТИ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ  
ПРИАЗОВЬЯ И ПРИБАЙКАЛЬЯ И ИХ РУДОНОСНОСТЬ**

**Пономаренко А. Н., Кривдик С. Г., Моргун В. Г.,  
Дубина А. В.**

*(Институт геохимии, минералогии и рудообразования  
им. Н. П. Семеновко НАНУ, г. Киев, Украина)*

**Шеремет Е. М., Николаев И. Ю., Николаев Ю. И.,  
Сетая Л. Д., Мартынов Г. П., Лунев Е. С.**  
*(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)*

**Склярров Е. В., Шарыгин В. В., Старикова А. Е.,  
Савельева В. Б.**

*(Институт геологии и минералогии СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия)*

*У статті розглядається порівняльна оцінка протерозойських лужних метасоматитів Приазов'я і Прибайкалля. Робиться висновок про їхню подібність за рахунок генетичного зв'язку з карбонатитовою магмою. Прояви лужних метасоматитів, за даними геоелектричних досліджень, фіксуються у вигляді аномалій підвищеної електропровідності, що може служити пошуковою ознакою.*

*Comparative evaluation of Proterozoic alkaline metasomatites of Azov region and Cisbaikalia is considered. Conclusion of their similarity due to their genetic affinity to carbonatite magma is made. Manifestations of alkaline metasomatites, according to data from geoelectrical surveys, are recorded as highly conductive anomalies that can serve as a prospecting indicator.*

## **Петрологические особенности, геоэлектрика и рудоносность щелочных метасоматитов Приазовья**

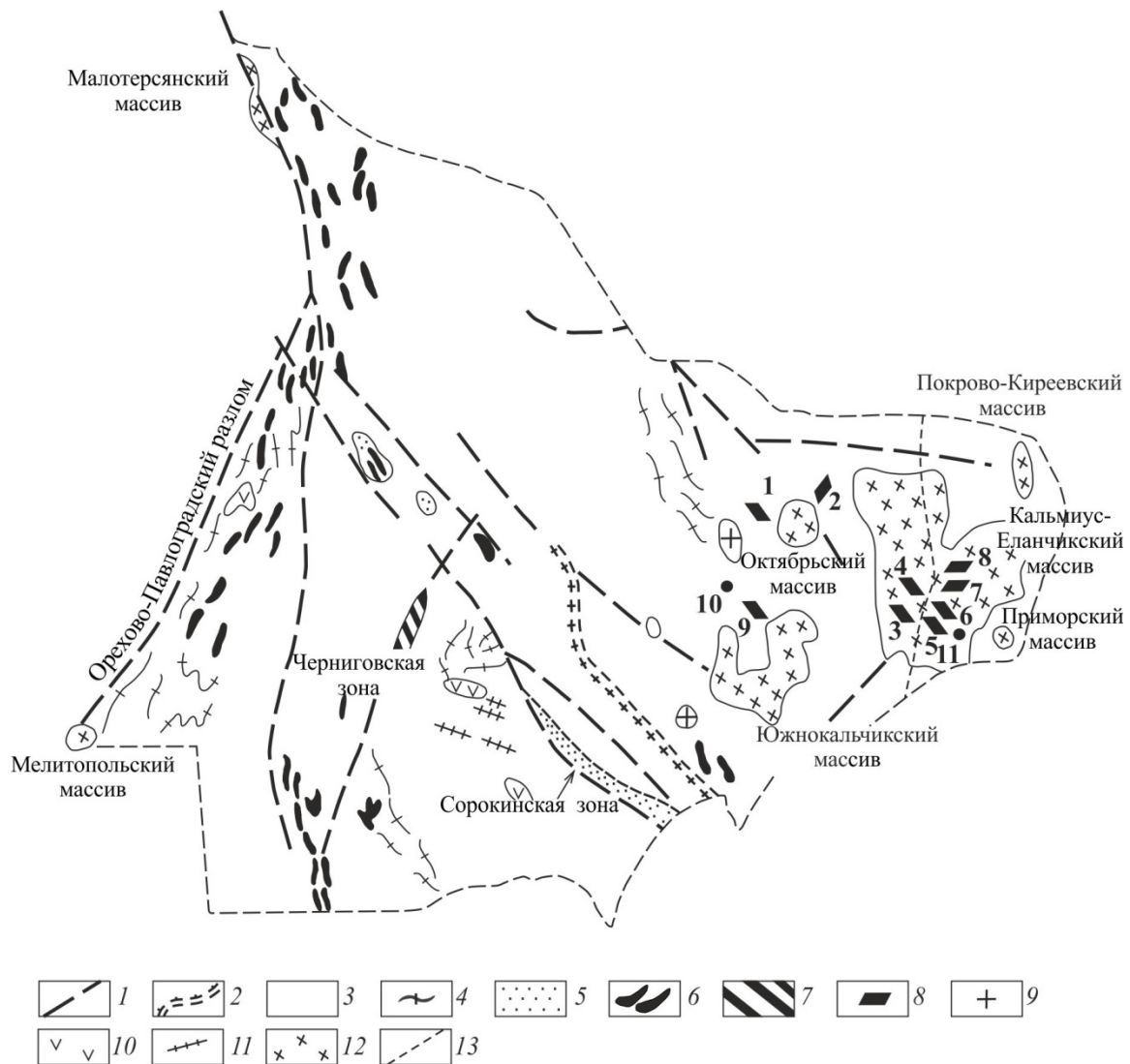
Петрологические особенности и рудоносность.

Украинский щит (УЩ) в целом и Приазовье в частности являются классическими районами развития протерозойских магматических щелочных пород и щелочных метасоматитов. При этом массивы и небольшие проявления щелочно-ультраосновной (карбонатитовой) формации всегда сопровождаются экзоконтактовыми щелочными метасоматитами (фенитами) в тех случаях, когда они залегают среди разнообразных кварцсодержащих пород (чаще всего гранитоидов).

Анализ данных по условиям геологического залегания, текстурно-структурным особенностям и вещественному составу проявлений метасоматитов по Восточному Приазовью, которые не проявляют прямой пространственной связи с определенными магматическими породами, позволил прийти к выводу об их фенитовой природе, т.е. генетической связи с породами невоскрытого карбонатитового комплекса [1 - 4]. Это значительно расширяет перспективу поисков месторождений карбонатитового типа в Восточном Приазовье. Более того, один из авторов этой статьи [5] пришел к выводу, что практически все щелочные метасоматиты УЩ, включая и ураноносные альбититы, связаны с глубинными флюидами, которые сопровождают щелочно-ультраосновные массивы.

Район Восточного Приазовья является, очевидно, одним из наиболее насыщенных щелочными метасоматитами, которые мы относим к фенитам [1, 3, 5-7]. Схема их расположения составлена ранее [2] и приведена на рисунке 1.

Отметим лишь, что в настоящее время четко выделяется два района развития этих метасоматитов – участок по р. Кальмиус и его притокам и балка Вали-Тарама с окрестностями Октябрьского массива. Очевидно, щелочные метасоматиты развиты более широко, включая водоразделы, которые в настоящее время задернованы или находятся под пахотными землями.



1 – тектонические нарушения; 2 – граница Восточно-Приазовского батолита по П. С. Кармазину; 3 – граниты и мигматиты архея и протерозоя; 4 – главные области линейной складчатости гранулитовых комплексов; 5 – формации наложенных проторифтогенных структур; 6 – железисто-кремнистые формации; 6 – интрузивно-магматические формации платформенного этапа; 7 – щелочно-ультраосновные породы и карбонатиты Черниговского массива; 8 – щелочные метасоматиты; 9 – граниты каменноугольного типа; 10 – дайки и небольшие тела основных пород; 11 – дайки метаякопирангитов; 12 – массивы щелочно-ультраосновных формаций; 13 – русло р. Кальмиус.

Цифры на схеме – рис.1-б (проявления щелочных метасоматитов): 1 – Хлебодаровський масив; 2 – Дмитрієвський кар'єр; 3 – б. Монашеска (с. Орлівське); 4 – б. Вербовая; 5 – Петрово-Гнутове рудопроявлення; 6 – б. Калмыцкая; 7 – с. Капланы; 8 – с. Николаевка; 9 – б. Туникова; 10 – б. Вали-Тарама; 11 – с. Набережное.

Рис. 1. Схема расположения щелочных метасоматитов Восточного Приазовья [1]

На р. Кальмиус щелочные метасоматиты обнажаются, начиная несколько южнее с. Орловского, б. Чернечья (приустьевая ее часть), б.б. Вербовая, Калмыцкая, район с.с. Набережное, Капланы и до с. Николаевка. Кроме того, имеется ряд небольших проявлений начальной стадии фенитизации в других пунктах по р. Кальмиус. Здесь же расположено и известное, ныне отработанное небольшое Петрово-Гнутовское месторождение паризита, которое также сопровождается щелочными метасоматитами. Похоже на то, что севернее этого района в коренных обнажениях по р. Кальмиус щелочные метасоматиты отсутствуют (во всяком случае, нами не наблюдались и не описаны в литературе).

Практически все метасоматиты этого участка развиваются по двуполевошпатовым гранитоидам т.н. хлебодаровского комплекса. И только в районе с. Орловское (левый берег) имеются меланократовые метасоматиты, которые считаются апобазитовыми (здесь имеются дайки субщелочных габброидов) [2].

Мощность отдельных выходов метасоматитов обычно не превышает первых метров, однако они с перерывами могут прослеживаться на значительное расстояние (например, по б. Калмыцкая до 500 м и более). Простираение зон метасоматитов северо-восточное (на Петрово-Гнутовском месторождении и б. Чернечья) или северо-западное (б. Калмыцкая, с.с. Капланы и Набережное). На Петрово-Гнутовском месторождении, в с.с. Капланы и Набережное апогранитоидные щелочные метасоматиты сопровождаются флюорит-кальцитовыми породами, а в с. Набережное также метасоматитами, состоящими из минералов группы кварца (халцедона, опала, кварца), оксидов железа и марганца и карбонатов.

Более разнообразными являются щелочные метасоматиты второго района. Они давно известны, а также вскрыты действующими карьерами в с. Дмитровка и Хлебодаровка, обнажены по правому борту и в русле б. Вали-Тарама в с. Калинино, а также южнее с. Красновка (б. Туникова, левая притока б. Вали-Тарама). К этому же участку, вероятно, следует относить метасоматиты в с. Шевченко (правый борт р. Калка). Отметим некоторые особенности метасоматитов этого района, которые их отличают от метасоматитов первого района. В Хлебодаровском карьере метасома-

титы развиваются по эндербитам и являются экзоконтактовыми образованиями карбонатитовых жил (т.е. фенитами). Фениты прослеживаются и после выклинивания карбонатитовых жил в направлении их мнимого простирания. Следовательно, щелочные флюиды, сопровождающие карбонатиты, мигрировали на более значительное расстояние, чем карбонатиты (которые считаются магматическими образованиями).

В карьере с. Дмитровка, кроме преобладающих «типичных» щелочных метасоматитов (фенитов), имеются альбититы или микроклин-альбитовые породы жильного типа с минералами группы астрофиллита (Mn-астрофиллит – куплетскит), повышенным содержанием циркона, с пирохлором, иногда перротитом [8]. Кроме того, здесь были вскрыты мезо- и меланократовые (иногда существенно эгириновые) разновидности метасоматитов с обильной вкрапленностью молибденита [9].

В балке Туникова имеются как обычные апогранитоидные, так и апокварцитовые щелочные метасоматиты, ранее рассмотренные в [2, 7, 10]. Следует отметить, что подобные метасоматиты образуются также по кварцевым участкам (ядрам) пегматитов и кварцевым жилам в тех редких случаях (например, б. Калмыцкая), когда они залегают среди гранитов, подверженных ощелачиванию (фенитизации). В б. Туникова недавно открыта мало-мощная жила апофенитового альбитита с цирконовой и пирохлоровой минерализацией [4, 10].

Наиболее интересным моментом и выводом, который был сделан при сопоставлении щелочных метасоматитов из названных выше пунктов, это их подобие по текстурно-структурным признакам и вещественному составу. Несмотря на некоторые различия, все апогранитоидные метасоматиты подобны между собой как в бассейне р. Кальмиус, так и в б. Вали-Тарама и окрестностях Октябрьского массива. Более того, они подобны именно тем метасоматитам, которые развиваются в экзоконтактах карбонатитовых жил (фениты) в Хлебодаровском карьере. Очевидно, что их генезис, т.е. фенитовая природа в последнем пункте не вызывает сомнения. Это было одним из оснований для отнесения всех щелочных апогранитоидных метасоматитов Восточного Приазовья к фенитам.

Альбититы встречаются как апофенитовые образования и в хорошо изученном Черниговском карбонатитовом массиве [11, 12]. Более того, именно с апофенитовыми альбититами этого массива связано повышенное содержание ниобия и циркония (как и с рассматриваемыми восточно-приазовскими альбититами). По аналогии апокварцитовые щелочные метасоматиты рассматриваются нами как апокварцитовые фениты. Апокварцитовые и апопесчаниковые фениты имеются в экзоконтактных ореолах карбонатитовых комплексов Маймеча-Котуйской провинции (например, Маган) и Кольского полуострова (Турий Мыс).

О родственности и едином генезисе (фенитовой природе) рассматриваемых метасоматитов свидетельствует также их вещественный состав и изотопно-геохимические особенности [3-5]. Раньше [1-3], было показано, что изотопный состав углерода из кальцитов Петрово-Гнутовского, Каплановского и Орловского проявлений метасоматитов такой же, как и в типичных карбонатитах, включая хлебодаровские. Некоторые отклонения имеются по изотопии кислорода. Отметим, что «глубинный» углерод фиксировался и в существенно карбонатных метасоматитах, связанных с ураноносными альбититами [3].

Несмотря на разнообразие валового состава рассматриваемых метасоматитов, качественный минеральный состав их довольно близок или идентичен. Главные новообразованные порообразующие минералы апогранитоидных и апокварцитовых (и апокварцевых) щелочных метасоматитов - это микроклин, альбит, редко пертитовые щелочные полевые шпаты, щелочные пироксены и амфиболы. Пироксены представлены чаще эгирином (хотя на первых стадиях фенитизации гранитоидов образуется зеленый пироксен типа эгирин-салита), а амфиболы – разновидностями серии рибекит-арфведсонит. Иногда к темноцветным минералам присоединяются низкоглиноземистые и высокофтористые слюды типа флогопита [6], реже минералы группы астрофиллита.

Распределение названных минералов чаще неравномерное. Эгирин и щелочные амфиболы могут вместе или отдельно образовывать сегрегации или жилки в фенитах. Весьма характерны петельчатые структуры: между более крупными зернами мик-

роклина и альбита располагаются как цепочки или сплошные ленточки агрегатов эгирина и/или щелочного амфибола. В метасоматитах с повышенным содержанием эгирина и щелочного амфибола коэффициент агпаитности больше единицы (табл. 1).

Кварц является реликтовым минералом в апогранитоидных фенитах начальных или промежуточных стадиях процесса фенитизации. Конечные продукты фенитизации гранитоидов чаще представлены бескварцевыми породами сиенитового состава (см. табл. 1). Нереализованный кремнезем выносится, очевидно, в верхнюю часть колонны фенитизации, где могут образовываться существенно кварцевые (халцедоновые) породы с примесью карбоната, оксидов железа и флюорита (с. Набережное).

В то же время при фенитизации кварцитов усваивается только незначительная доля кремнезема и метасоматиты представлены существенно кварцевыми породами с вкрапленностью и прожилками щелочных пироксенов и амфиболов (б. Туникова) (см. табл. 1).

Существенно карбонатные и флюорит-карбонатные породы, сопровождающие апогранитоидные фениты, наблюдаются в Петрово-Гнутовском, Капланском и Набережном проявлениях и могут быть дериватами карбонатитовых расплавов или сопровождающих их флюидов (о «глубинных» значениях изотопного состава углерода отмечалось выше и в предыдущих публикациях [2, 3]. Е. Я. Марченко с соавторами считали флюорит-карбонатные породы с паризитом Петрово-Гнутовского месторождения карбонатитами типа Маунтин-Паес [13].

Судя по минеральным парагенезисам, щелочные метасоматиты Восточного Приазовья формировались в гипабиссальных условиях, чем несколько отличаются от фенитов глубоко эродированного Черниговского карбонатитового массива [3].

**Рудоносность.** С отработанным Петрово-Гнутовским месторождением (проявлением) связаны богатые редкоземельные руды, состоящие из паризита, кальцита и флюорита. Поиски подобных руд в окрестностях этого месторождения не увенчались успехом.

Таблиця 1

**Хімічний склад представительних щелочних метасоматитов (фенитов) Восточного Приазов'я**

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
№ образця	Хб-2010/2	Хб-2010/1	Хб-2010/3	чр-1	чр-7	ПГ-1	КЛ-3/3	КЛ-3	Наб-2	Наб-2/1	Наб-2/4	ДМ-Мо-1	99-2Д	ДМ-13	ДМ-8	ДМ-15	ДМ-10а	Мпх-10	Авс-1/6	Хав-34г	Хав-2010/А-10	Хав-2010/А-5	Хав-2010/А-4	ПГ-8
SiO <sub>2</sub>	58,05	58,89	38,54	59,37	59,55	68,74	58,84	15,49	60,98	68,04	53,76	60,32	66,65	65,72	62,99	62,86	65,88	53,61	62,06	67,33	86,99	68,84	63,98	35,04
TiO <sub>2</sub>	0,38	0,35	0,87	0,66	0,32	0,62	0,74	0,64	0,51	0,06	0,03	0,32	0,91	0,86	0,41	0,56	0,02	0,66	0,52	0,01	0,23	1,15	1,02	2,56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,84	12,86	6,24	13,98	12,64	12,76	13,30	5,74	6,86	0,72	0,59	12,78	13,68	14,06	17,70	17,26	15,29	6,22	15,08	18,32	1,39	1,50	2,89	19,05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,88	5,38	8,58	6,62	9,36	1,91	7,21	5,69	14,15	17,03	19,54	7,31	2,88	1,86	2,93	1,61	1,88	17,28	2,19	0,38	4,02	11,30	12,82	12,73
FeO	2,82	4,15	1,14	1,86	1,29	2,15	4,93	0,14	2,43	0,14	3,43	2,29	1,50	2,00	1,43	1,72	0,93	4,86	3,43	0,72	2,00	3,15	3,43	9,30
MnO	0,15	0,15	0,36	0,17	0,19	0,08	0,28	1,34	0,14	3,48	4,55	0,10	0,11	0,08	0,17	0,65	0,06	0,23	0,08	0,01	0,10	0,54	0,58	0,24
MgO	1,23	2,24	1,68	1,28	2,30	0,17	1,89	3,74	0,82	0,30	0,20	1,06	0,49	1,20	0,58	0,81	0,54	1,47	0,27	0,61	1,66	3,53	3,67	3,56
CaO	3,62	1,55	18,11	0,81	1,27	1,04	1,39	40,96	1,27	3,27	2,59	1,04	1,27	1,58	1,28	1,21	0,88	2,43	0,69	0,21	0,62	0,83	1,25	7,98
Na <sub>2</sub> O	6,46	5,99	5,25	5,72	5,87	4,44	6,69	1,60	5,60	0,08	0,20	4,98	5,14	7,15	8,64	8,48	11,10	7,47	7,38	10,87	2,10	5,89	5,57	0,20
K <sub>2</sub> O	4,48	6,08	3,70	7,48	5,45	6,90	2,96	0,40	2,16	0,12	0,19	7,76	6,16	4,76	2,56	3,85	0,30	3,95	6,87	0,10	0,30	0,70	0,80	3,16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,22	0,79	1,83	0,14	0,14	0,11	0,34	0,06	0,15	0,21	0,49	0,09	0,09	0,17	0,05	0,04	0,24	0,13	0,27	0,04	0,03	0,24	0,25	0,46
H <sub>2</sub> O	0,05	0,09	0,03	0,35	0,10	0,19	0,15	0,23	0,22	1,34	1,76	0,22	0,03	0,04	0,02	0,10	0,08	0,22	0,20	0,04	0,10	0,22	0,24	0,98
П.п.п.	1,22	0,99	12,67	0,95	0,89	0,86	1,40	22,26	2,15	5,54	11,28	1,40	0,74	0,37	0,92	0,71	0,38	0,85	1,12	0,35	0,13	0,88	1,72	4,28
S	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,05	0,02	0,01	He	0,05	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
F	-	-	-	0,22	0,39	-	0,15	1,90	-	-	0,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,24	-	0,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,45	1,48	-
Сумма	99,40	99,51	98,82	99,61	99,81	99,97	100,28	100,19	98,73	100,44	99,78	99,67	99,65	99,85	99,68	99,88	97,58	99,41	100,20	98,98	99,69	99,22	99,70	99,54
(Na+K)/Al	1,31	1,29	2,03	1,25	1,23	1,14	1,07	0,54	1,65	0,43	0,83	1,30	1,10	1,21	0,96	1,05	1,21	2,67	1,29	0,98	2,72	6,50	3,50	0,19

Примечание. **1-3** – фениты Хлебодаровского карьера в контактах с карбонатитовой жилой; **1, 2** – мезократовые разновидности; **3** – меланократовый фенит, примающий к карбонатитовой жиле. **4-6** – фениты Петрово-Гнутовского месторождения; **4, 5** – бескаршые, **6** – кварцосодержащие (фенитизированные граниты). **7, 8** – фениты с. Калланы. **7** – сленитового состава с редкоземельной минерализацией; **8** – флюорит-карбонатная порода с альбитом. **9-11** – метасоматиты с. Набережное; **9** – меланократовый фенит сленитового состава с редкоземельным фторкарбонатом, **10, 11** – метасоматиты, состоящие из минералов кремнезема, оксидов железа и карбонатов. **12-18** – фениты и альбититы Дмитриевского карьера; **12** – фенит мезократовый с вкрашенностью молибдена, **13** – альбит-микроклиновидный фенит с астрофилином, акцессорным цирконом и бритолином, **14** – фенит "обычный", **15, 16** – микроклин-альбитовые фениты с астрофилином; **17** – альбитит, **18** – меланократовый эгиринитовый фенит. **19** – фенит апогранитоидный, **б. Вали-Гарама, с. Каллино. 20** – альбитит, **б. Туникова. 21-23** – апокаршитовые фениты, **б. Туникова. 21** – фенитизированный кварцит; **22, 23** – меланократовые апокаршитовые фениты с эгиринитовыми прожилками. **24** – апоазитовый метасоматит, левый берег р. Кальмиус, напротив с. Орловское.



Однако в Восточном Приазовье были открыты месторождения редких земель других генетических типов – Азовское цирконий-редкоземельное и Анадольское (Тавловское) ортитовое (с флюоритом).

Возможно, последнее имеет генетическую связь со щелочными породами. Вместе с тем в некоторых проявлениях рассматриваемых щелочных метасоматитов было обнаружено повышенное или высокое содержание редких земель (до 1,5 %  $TR_2O_3$ ) в метасоматитах сиенитового состава, а также в апокварцитовых фенитах б. Туникова (см. табл. 1). Редкоземельные минералы в этих метасоматитах представлены преимущественно бастнезитом или редкоземельным карбонатом промежуточного состава между бастнезитом и паризитом (возможно, это тонкое проростание этих двух карбонатов), реже монацитом и TR-Y-содержащим сфеном.

Апофенитовые альбититы характеризуются повышенным содержанием ниобия (до 0,2 %) и циркония (до 1 %), хотя содержание редких земель в них несколько ниже, чем в фенитах. Как отмечалось выше, и было замечено ранее [11, 12], подобное обогащение ниобием и цирконием апофенитовых альбититов характерно для Черниговского и, отчасти, для Малотерсянского массивов.

В меланократовых фенитах Дмитровского карьера отмечалась молибденовая минерализация. В связи с этим следует подчеркнуть, что молибденит является характерным минералом фенитов и щелочных сиенитов Черниговского массива, а также довольно часто встречается в других карбонатитовых комплексах.

Принципиально перспективными на апатитовое оруденение могут быть апокварцитовые сиениты. С подобными фенитами в массиве Маган известны богатые эгирин-апатитовые породы (эгипаиты) [14, 15]. Отметим лишь, что в карбонатитовых жилах Хлебодаровки наблюдалась приуроченность выделений апатита к контакту с фенитами. Апатитом обогащены и экзоконтактные фениты этого проявления (см. табл. 1). Несколько повышенное по сравнению с другими проявлениями содержание апатита и в бастнезитсодержащих фенитах с. Капланы. Микронзондовыми исследованиями (аналитик В. В. Шарыгин, г. Новосибирск) выяв-

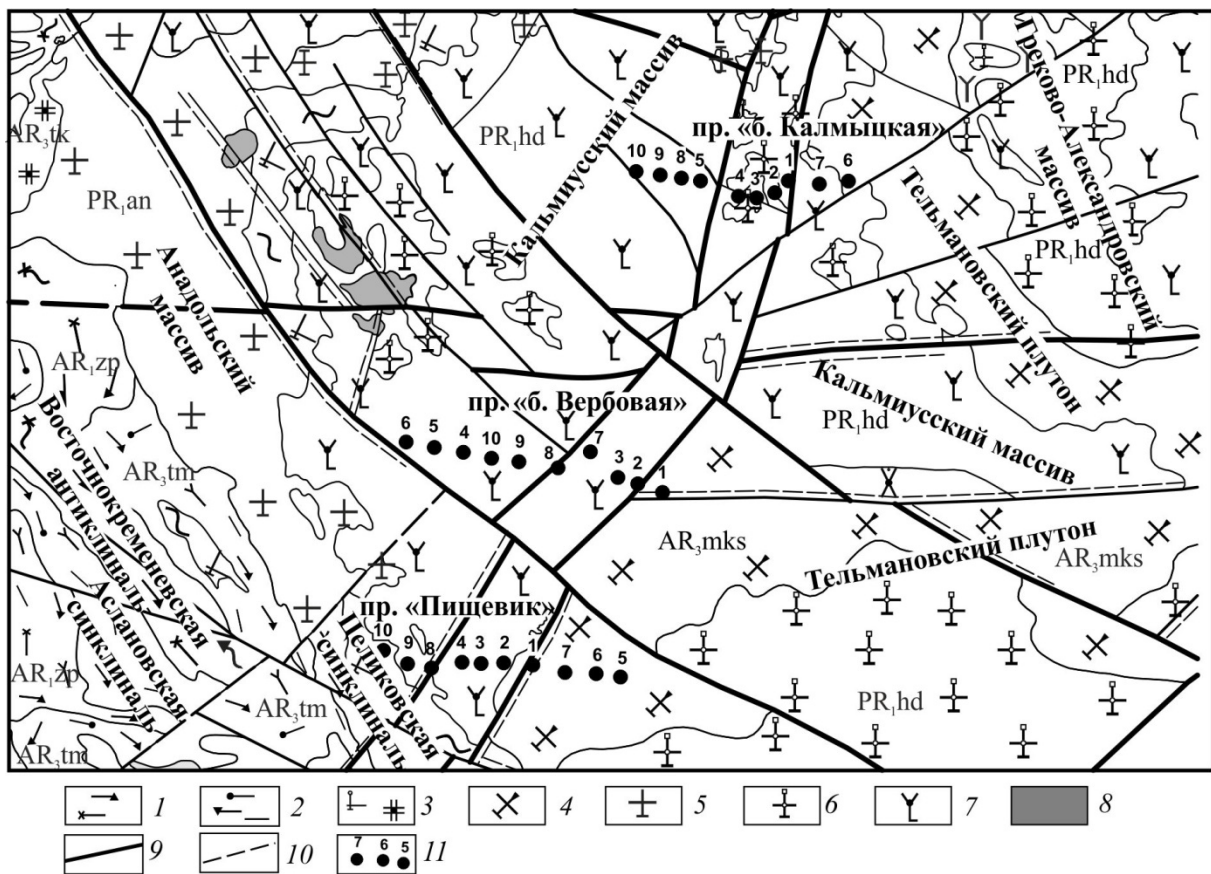
лено зональное строение этого апатита, по периферии зерен которого сильно возрастает содержание редких земель (%) – (до 3,8  $\text{Ce}_2\text{O}_3$ , 1,1  $\text{La}_2\text{O}_3$  и 2,1  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ ) и натрия (1,9 %  $\text{Na}_2\text{O}$ ), т.е. имеется беловитовая схема изоморфизма, как это наблюдались в некоторых карбонатитах (бефорситах) Черниговского массива и агпатитовых фонолитах Октябрьского массива [16]. Кроме того в этом же апатите фиксируется и высокое содержание  $\text{SrO}$  (до 1,5 %), что вместе с высокой концентрацией цериевых редких земель может быть доказательством генетической связи этих щелочных метасоматитов с карбонатитовым комплексом.

Следовательно, в Восточном Приазовье есть перспективы обнаружения рудопроявлений или месторождений типа Петрово-Гнутово или Байянь-Обо (Китай), а также с минерализацией Nb и Zr, P. В последние годы появились новые доказательства генетической связи последнего с карбонатитами. На месторождении обнаружена дайка карбонатитов [17]. Интересно, что изотопный состав углерода и кислорода в кальците из этой дайки, а также других пород месторождения Байянь-Обо подобны или идентичны таковым в карбонатных породах из проявлений щелочных метасоматитов Восточного Приазовья.

**Геоэлектрические исследования.** Полевые работы методом АМТЗ проводились в профильном варианте вкрест простирания Кальмиусской зоны разломов Восточного Приазовья в местах проявлений щелочных метасоматитов, обнаруженных при геологических наблюдениях (рис. 2).

*Профиль «Балка Калмыцкая»* расположен в 2 км на юг от села Николаевка, вдоль балки Калмыцкой. Длина профиля составляет 5700 м, количество физических точек наблюдений АМТЗ – 10. Среднее расстояние между наблюдениями составляет 500 м.

*Профиль «Балка Вербовая»* расположен между селами Чермалык и Павлополь, вдоль балки Вербовой. Длина профиля составляет 6700 м, количество физических точек наблюдений АМТЗ – 10. Средний шаг наблюдений составляет 700 м.



1 - нерасчлененные образования западноприазовской серии ( $AR_{1zp}$ ) - плагиогнейсы, кристаллосланцы и амфиболиты, 2 - центральноприазовская серия, темрюкский света ( $AR_{3tm}$ ) - плагиогнейсы и гнейсы, амфиболиты, кристаллические сланцы, диопсидиты, кальцифиры, мрамор; кварциты железистые; 3 - плагиомигматиты и эндербиты токмакского комплекса ( $AR_{3tk}$ ) 4 - гранодиориты ассоциации максимовских гранодиритив ( $AR_{3mks}$ ) 5 - граниты анадольского комплекса ( $PR_{1an}$ ) 6-7 - хлебодаровский комплекс ( $PR_{1hd}$ ): 6 - граниты порфироподобные, 7 - кварцевые сиениты порфироподобные, 8 - трахиты, трахит-порфиры, лавобрекчии южнодонбасского комплекса, 9 - разрывные нарушения, 10 - милонитизация, 11 - профили и точки АМТЗ

Рис. 2. Карта фактического материала исследований АМТЗ Кальмиусской зоны разломов

*Профиль «Пищевик»* расположен между селом Пищевик и дачным поселком Черненко. Длина профиля составляет 6200 м, количество физических точек наблюдений АМТЗ – 10. Средний шаг наблюдений составляет 600 м.

Общее количество наблюдений АМТЗ – 141 (четыре наблюдения по разным диапазонам на физическую точку), из них дополнительно – 21 контрольное наблюдение.

Ниже приводятся геоэлектрические разрезы по вышеотмеченным профилям в диапазонах high - диапазон до 4000 Гц (глубина 0-500 м), m1- диапазон до 600 Гц (глубина 0-2 км), low - диапазон до 8 Гц (глубина 0-10 км).

***Профиль «Балка Калмыцкая».***

Как видно из рис. 3а по всей длине профиля развита низкоомная аномалия интенсивностью 0-300 Ом·м. В т. н. 9, 4, 3 и т. н. 2, 1 низкоомные аномалии распространяются на всю глубину разреза в 500м с некоторым увеличением сопротивлений до 500 Ом·м. Скорее всего, они отражают их приуроченность к зонам разломов.

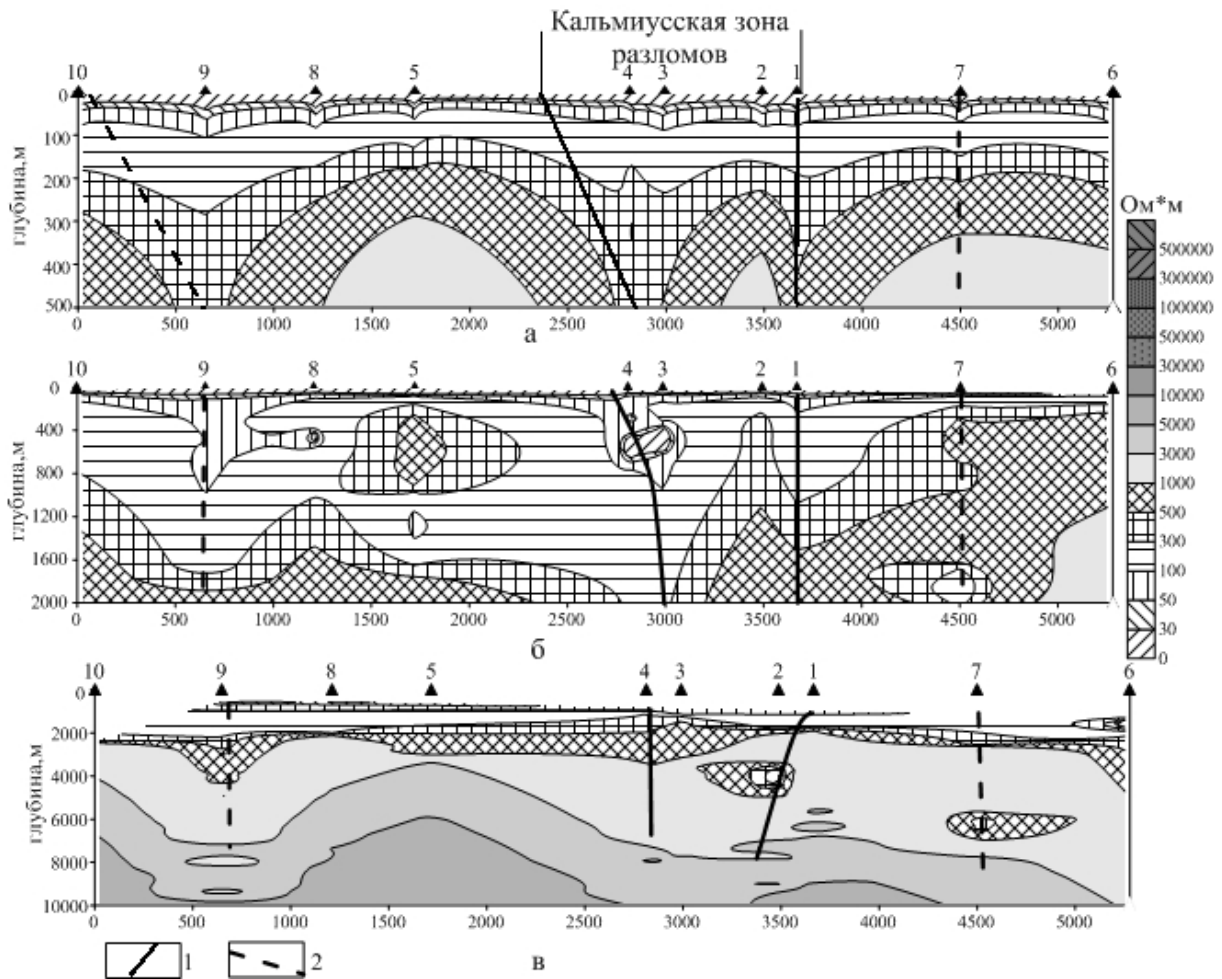
На разрезе до глубины 2000 м рисунок 3б низкоомная аномалия сократилась по длине в районе т. н. 7, но зафиксирована на глубинах 1,5-2,0 км в т.н., приуроченных к зонам разломов, что дает основание предполагать поступление метасоматизирующих растворов по этим зонам.

Результаты исследований в более низком частотном диапазоне low - диапазон до 8 Гц (глубина 0-10 км) отображены в виде геоэлектрического разреза на рисунке 3в.

Низкоомная аномалия на этом разрезе зафиксирована только на глубинах 0-2 км. К точкам наблюдений, которые на предыдущих разрезах являются осевыми точками зон разломов, приурочены низкоомные аномалии на глубинах: в т. н. 9 – 2-6 км; в т. н. 2 и 2 – 3-5 км; и в т. н. 7 – 6-7 км.

***Профиль «Балка Вербовая».***

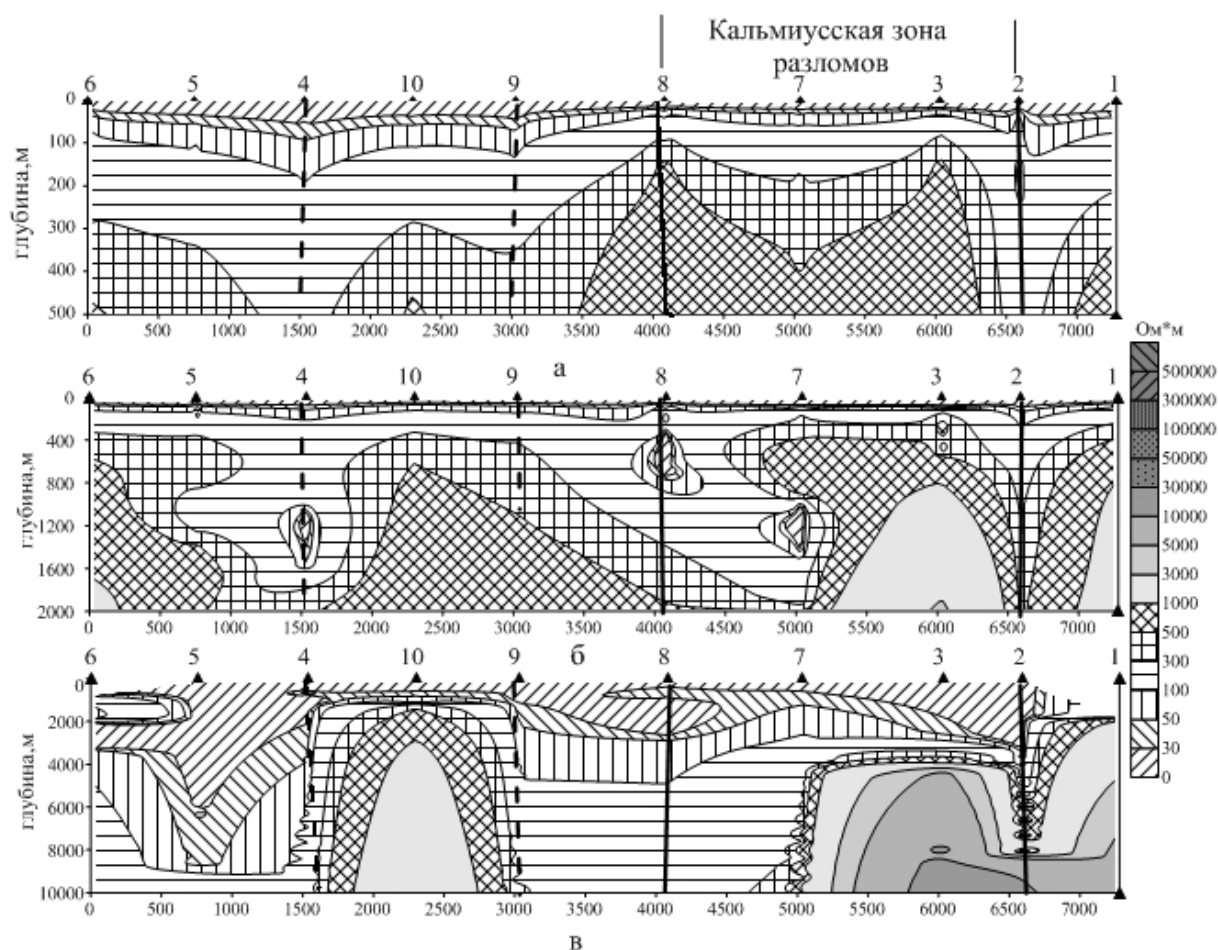
Результаты исследований по профилю отображены на рисунке 4. На глубине 0-500 м (рис. 4а) низкоомная аномалия интенсивностью 0-300 Ом·м распространена по всей ширине разреза. Как видно из рис. 4а разломы Кальмиусской зоны в т. н. 2 и т. н. 7 и 8 выражены низкоомными трогообразными аномалиями. Еще такая же аномалия зафиксирована в т. н. 4 – вероятно не отображенный на карте разлом.



тектонические нарушения: 1- достоверные, 2- предполагаемые

Рис. 3. Результаты геоэлектрических исследований методом АМТЗ в диапазоне high - до 4000 Гц (глубина 0-500 м) (а), m1 - до 600 Гц (глубина 0-2000 м) (б), Low- до 8 Гц (глубина 0-10 км) (в) по профилю б. Калмыцкая

На глубинах 0-2 км (рис. 4б) низкоомная аномалия фиксируется по всей ширине разреза до глубины 0,2 – 0,3 км и до глубины 2 км в точках наблюдения 2, 7, 8, и т. н. 4, приуроченных к зонам разломов. Геоэлектрический разрез глубины 0-10 км (рис. 4в) отображает дифференциацию низкоомной аномалии на участки, привязанные к реперным точкам наблюдения разломов. Это участок между т. н. 2 и 7-9, приуроченный к Кальмиусской зоне разломов и участок между т. н. 4 и 6, который находится вблизи крупного разлома субширотного простирания.

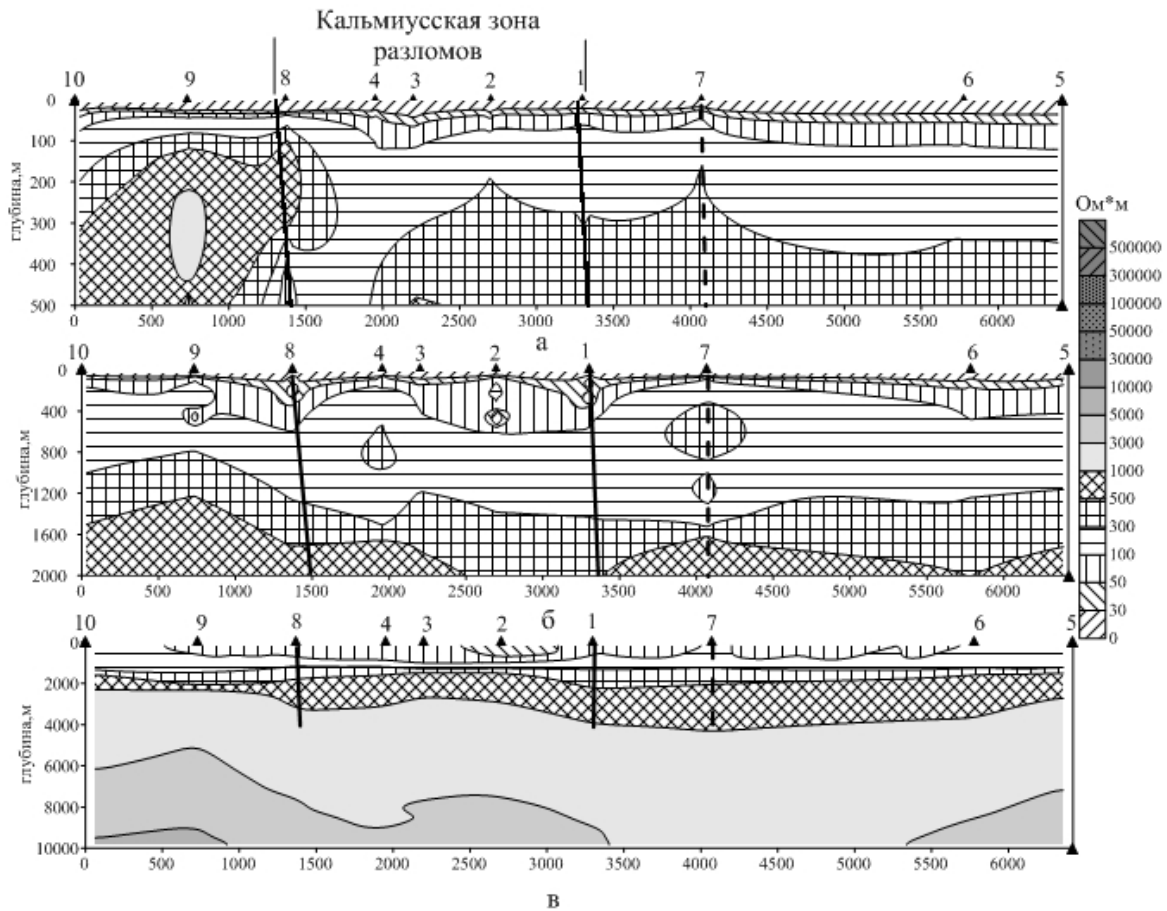


Условные обознач. см. рис. 3

Рис. 4. Результаты геоэлектрических исследований методом АМТЗ в диапазоне high - до 4000 Гц (глубина 0-500 м) (а), m1 - до 600 Гц (глубина 0-2 км) (б), Low- до 8 Гц (глубина 0-10 км) (в) по профилю б. Вербовая

### *Профиль «Пищевик».*

Результаты исследований по профилю отображены на рисунке 5. На разрезе до глубины 500 м (рис. 5а) низкоомная аномалия интенсивностью 0-300 Ом·м распространена по всей ширине разреза, дифференцируясь на участки по глубинам. Это участок между т. н. 8 и 10 – глубина до 200м, участок между т. н. 8 и т. н.5 – глубина до 400м.



Условные обознач. см. рис. 3

Рис. 5. Результаты геоэлектрических исследований методом АМТЗ в диапазоне high - до 4000 Гц (глубина 0-500 м) (а), m1 - до 600 Гц (глубина 0-2 км) (б), Low - до 8 Гц (глубина 0-10 км) (в) по профилю б. Пищевик

На разрезе до глубины 2 км (рис. 5б) рассматриваемая аномалия дифференцируется более четко на два участка до глубины 1200 м – это участок между т. н. 9 и т. н. 1, приуроченный к Кальмиусской зоне разломов и участок между т. н. 7 и т. н. 5, который также находится вблизи субширотной зоны разломов.

Рассматриваемая низкоомная аномалия на разрезе до глубины 10 км (рис. 5в) не распространяется на глубины свыше 2 км.

Таким образом, геоэлектрические разрезы по профилям «Балка Калмыцкая», «Балка Вербовая», «Балка Пищевик», пройденные в местах проявления щелочного метасоматоза, однозначно указывают на приуроченность к ним низкоомных аномалий.

Эти аномалии зафиксированы как в площадном распространении, так и в локализации в пределах них к участкам зон развития разломных зон, что дает основание предполагать поступление метасоматизирующих растворов по этим зонам.

### **Щелочные метасоматиты Прибайкалья**

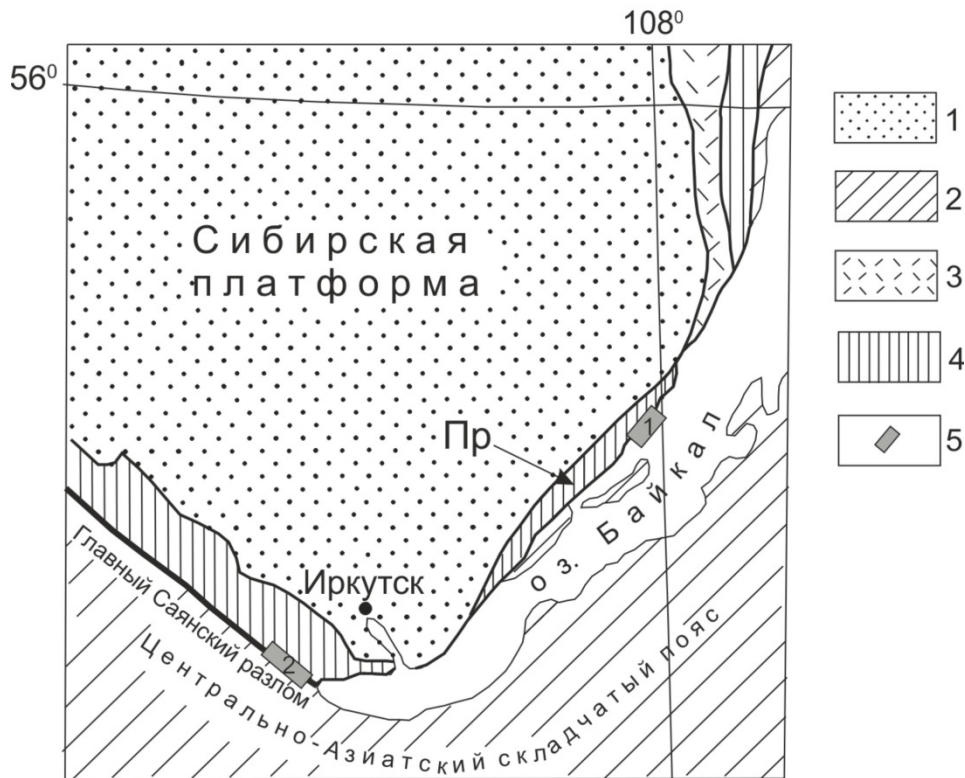
В Прибайкалье щелочные метасоматиты разного состава распространены в пределах Ольхонской коллизионной системы (Западное Прибайкалье) и в зонах глубинных разломов краевого шва Сибирской платформы (Южное и Западное Прибайкалье, рис. 6).

В Приольхонье наиболее развиты метасоматиты (скарны разного состава и др.), находящиеся в ореоле интрузий щелочно-основного состава. В зонах глубинных разломов метасоматиты имеют ярко выраженную натровую специализацию и образуются по кислым-основным магматическим и метаморфическим породам (гнейсы, мигматиты, граниты, диабазы). По своей специфике они очень близки к натровым метасоматитам Приазовья.

Тажеранский массив щелочных и нефелиновых сиенитов расположен на берегу оз. Байкал в Приольхонье (Западное Прибайкалье). Он великолепно обнажен и включает широкий спектр магматических, метаморфических и метасоматических пород [18, 19]. По распространению и характеру проявления можно выделить три основных типа метасоматических пород в пределах и в обрамлении Тажеранского массива: известковые скарны гранат-пироксенового состава; магнезиальные скарны и кальцифиры; щелочные метасоматиты.

Известковые скарны распространены по периферии массива в виде линзовидных тел в полосе кальцитовых мраморов, обрамляющих массив. Прямых контактов с интрузивными сиенитами нет. Магнезиальные скарны и кальцифиры локализованы в зоне развития бруситовых мраморов внутри массива и представлены контактными зонами (часто зональными) между бруситовыми мраморами и нефелиновыми сиенитами, а также самостоятельными жильными и линзовидными телами [20].





1 – осадочный чехол Сибирской платформы; 2 – образования фанерозойских складчатых поясов; 3 – дорифейский Ахитканский вулканический пояс; 4 – архейско-нижнепротерозойские комплексы метаморфических выступов Сибирского кратона (Пр – Приморский выступ); 5 – районы работ (1 – Приморский, 2 – Саянский)

Рис. 6. Схема основных структурных элементов Прибайкалья

К группе щелочных метасоматитов с нефелином или кальсилитом отнесены титанфассаитовые, нефелин-титанфассаитовые и гранат-мелилит-волластонитовые породы, а также некоторые другие типы пород [21]. Щелочные метасоматиты присутствуют, в основном, в центральной части массива в пределах мраморной полосы и на ее западном продолжении. Иногда мелилит-гранат-волластонитовые породы встречаются среди щелочных сиенитов в виде небольших самостоятельных блоков. В целом, здесь тоже нет прямой связи с магматическими породами и генезис этих пород пока не ясен.

В титанфассаитовых и нефелин-титанфассаитовых породах в качестве второстепенных минералов обычно присутствуют паргасит, кальцит и апатит. Для них характерно повсеместное разви-

тие более поздних метасоматических воздействий. Они выражаются в появлении граната гроссуляр-андрадитового ряда (Grs от 60 до 85 мол. %) с варьирующими содержаниями  $TiO_2$  (от 0 до 1,5 мас. %), второй генерации клинопироксена (диопсид, Mg – 89,0-91,5) и нефелина, иногда с образованием флогопита. В прилегающих к мраморам участках нередко встречаются идиоморфные зерна мелилита, который по своему составу относится к алюмоакерманиту ряда акерманит ( $Ca_2MgSi_2O_7$  – 30-36 мол. %) – Na-мелилит ( $CaNaAlSi_2O_7$  – 50-59 мол. %) с примесью геленитового компонента ( $Ca_2Al_2SiO_7$  – до 11 мол. %). Высокие содержания  $Na_2O$  (до 6,9 мас. %) близки к максимальным значениям, отмеченным как для природных [22, 23], так и для искусственных мелилитов [24]. Акцессорная минерализация представлена сульфидами (пирротин, троилит) и арсенидами (никелин, леллингит, вестервелдит).

Основными минералами, слагающими гранат-мелилит-волластонитовые породы, являются мелилит, гранат, волластонит и кальцит. В подчиненном количестве встречаются минералы ряда монтичеллит-кирштейнит, куспидин, диопсид, графит и более поздний нефелин. Из рудных минералов обычны перовскит и сульфиды. Для этих пород характерно наличие большого количества кайм и симплектитовых структур, в которых практически всегда присутствует гранат гроссуляр-андрадитового ряда. Мелилиты из гранат-мелилит-волластонитовых пород очень близки по составу к таковым из титанфассаитовых пород и относятся к ряду акерманит (40-60 мол. %) – Na-мелилит (35-45 мол. %). Среди акцессориев наибольшее распространение имеют сульфиды (пирротин, халькопирит, пентландит, троилит и сульфиды калия, близкие к джерфишериту) [25].

Не менее интересна геологическая ситуация за пределами Тажеранского массива. Вблизи восточной окраины крупного Крестовского массива габброидов, среди мраморов и ороговикованных сланцев ангинской серии, известно Улан-Гантинское проявление нефелин-роговообманково-пироксеновых, биотит-нефелин-пироксеновых, пироксен-нефелиновых фенитов с прожилками нефелин-кальсилитовых и кальсилит-ортоклазовых сиенитов. Подобные породы известны и внутри Бирхинского масси-

ва габброидов. За последние годы в пределах Приольхонья были также выявлены и изучены многочисленные жильные тела разных размеров и разнообразной конфигурации, сложенные «мраморами» и кальцифирами. Они присутствуют среди габброидов бирхинского комплекса, сиенитов Тажеранского массива и амфиболитов ангинской серии [26 - 28]. Эти тела рассматривались ранее в качестве ксенолитов или провесов кровли [18]. Детальные исследования позволили однозначно обосновать инъекционную природу таких образований и показать, что по своим изотопно-геохимическим характеристикам они не соответствуют мантийным карбонатитам [26-28]. Подобные карбонатные породы нередко участвуют в сложной мозаике преимущественно карбонатно-базитового состава, формируя сложные «смеси» мраморов, гранулитов основного состава или амфиболитов, а также метагабброидов. Такие образования были отнесены к мраморному меланжу [29] с обоснованием их тектонической природы. Представляется вполне вероятным, что существенная часть карбонатных образований Приольхонья находится не “in situ”, то есть была инъецирована в силикатные породы в процессе сдвигового тектогенеза.

Помимо Приольхонья, щелочные (натровые) метасоматиты на территории Прибайкалья известны в зонах глубинных разломов краевого шва Сибирской платформы: в северо-восточной части Приморского метаморфического выступа фундамента Сибирской платформы (Западное Прибайкалье) и юго-восточной части зоны Главного Саянского разлома (Южное Прибайкалье) (см. рис. 6).

Северо-восточная часть Приморского метаморфического выступа сложена биотитовыми и биотит-амфиболовыми гнейсами, гранито-гнейсами, мигматитами, амфиболитами, кварцитами, карбонатными породами сарминской серии  $PR_1$ . Метаморфические породы интродуцированы гранитами кочериковского комплекса раннего протерозоя и дайками габбро-диабазов, возраст которых отвечает интервалу 700-800 млн лет [30]. Помимо диабазов, на данном участке обнаружены многочисленные жилы метаморфизованных карбонатитоподобных пород кальцитового и доломит-анкеритового состава, в основном северо-восточного про-

стирания, мощностью до 1 м; с некоторыми из них ассоциируются апатит-магнетит-амфиболовые породы. Эти жилы отчетливо приурочены к полям развития щелочных метасоматитов, среди которых выделяются натриевые и калиевые. Проявление Na-метасоматоза выражается в альбитизации и рибекитизации гнейсов, мигматитов и гранитов. Эти процессы развиты в зонах катаклаза и милонитизации протяженностью до 10 и шириной до 2 км. Метасоматическая колонка по биотитовым гнейсам и гранитам имеет вид, характерный для натровых метасоматитов [31]:  $Kв+Микр+Пл+Би \rightarrow Kв+Аб+Микр+Риб \rightarrow Kв+Аб+Риб \rightarrow Аб+Риб$ , однако в площадном отношении абсолютно преобладают парагенезисы промежуточных зон. В альбитизированных гнейсах и гранитах амфиболы представлены натриевыми (магнезиорибекитами) и натриево-кальциевыми (винчитами) амфиболами:  $(Na+K)_B = 0,91-1,95$ ;  $(Na+K)_A \leq 0,16$ ;  $Ca_B = 0,04-1,09$ ;  $Al^{IV} \leq 0,15$  на формульную единицу (ф.е.);  $Mg/(Mg+Fe^{2+}) = 0,53-0,81$ ,  $mg = 0,36-0,54$ . Наиболее богатый кальцием амфибол-асбест характерен для поздних кварцевых прожилков: в нем  $(Na+K)_B = 0,56$ ;  $(Na+K)_A = 0,11$ ;  $Ca_B = 1,44$ ;  $Si=7,95$  на ф.е.;  $Mg/(Mg+Fe^{2+}) = 68$ ,  $mg = 62$ , т.е. амфибол имеет состав, промежуточный между винчитом  $(Na, Ca)(Mg, Fe^{2+})_4(Al, Fe^{3+})Si_8O_{22}(OH)_2$  и актинолитом  $Ca_2(Mg, Fe^{2+})_5Si_2O_{22}(OH)_2$ . По химическому составу альбитизированные и рибекитизированные гнейсы отличаются от исходных пород повышенными содержаниями  $Na_2O$ ,  $CaO$ ,  $P_2O_5$ ,  $CO_2$ , отношением  $Fe_2O_3/FeO$  и агпаитностью. Натриевый метасоматоз сопровождается увеличением в породах содержаний Sr, Zr, Nb, в тыловой зоне (рибекитовый метасоматит) также Mg, Ti, Zn, Th,  $TR_{Ce}$ , Y, V (табл. 2).

Микроклинизация проявлена в зонах катаклаза и брекчирования протяженностью в сотни метров, при ширине до 100-150 м. Микроклиниты имеют катакластическую неравномернозернистую структуру и сложены микроклином, среди которого в резко подчиненном количестве присутствуют зерна кварца и альбита.

Таблица 2

Средние составы метасоматитов и вмещающих пород  
 Прибайкалья

Компоненты, мас. %	1 (9)	2 (8)	3 (1)	4 (7)	5 (10)	6 (16)	7 (7)
SiO <sub>2</sub>	66,81	64,37	49,18	60,52	74,01	72,75	74,20
TiO <sub>2</sub>	0,55	0,66	4,33	0,55	0,20	0,40	0,32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,56	13,51	3,70	14,97	13,41	11,72	11,43
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,78	3,65	9,11	3,49	0,94	2,62	2,76
FeO	3,76	2,83	3,88	1,37	1,11	2,56	2,34
MnO	0,04	0,05	0,12	0,08	0,05	0,16	0,11
MgO	1,90	2,11	8,16	1,12	0,25	0,29	0,21
CaO	0,77	2,22	9,67	1,64	0,79	0,49	0,41
Na <sub>2</sub> O	3,00	6,03	4,69	1,18	4,14	4,52	4,16
K <sub>2</sub> O	3,98	2,37	1,10	11,35	4,44	3,88	3,73
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,09	0,18	3,30	0,31	0,05	0,04	0,03
CO <sub>2</sub>	0,30	0,86	0,25	1,94	-	-	-
F	0,10	0,04	0,42	0,14	0,06	0,05	0,07

Элементы, г/т

Li	52	49	21	38	13	34	18
Ba	1141	1043	120	1976	573	126	183
TR <sub>Ce</sub>	105	132	462	178	124	142	151
Rb	108	45	10	91	131	121	131
Sr	132	284	420	167	164	35	70
Y	14	19	135	31	34	100	143
Zr	139	221	860	109	196	786	821
Nb	8	22	210	124	22	22	42
Zn	67	65	120	226	47	146	146
Pb	23	24	10	69	30	13	63
Th	12	12	350	176	20	11	15
Sn	Н.о.	2,5	5,8	3,4	4,3	7,3	9,4
Be	4,4	5	6,5	13	3,1	7	10
V	112	95	360	93	15	8	14
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	0,75	2,5	4,3	0,10	0,93	1,2	1,1
K <sub>ar</sub>	0,64	0,92	2,4	0,95	0,87	0,99	0,95

Примечания: в скобках – число проб. 1-4 – Приморский выступ фундамента Сибирской платформы (1 – биотитовые гнейсы, 2 – рибекитизированные гнейсы, 3 – рибекитовый метасоматит, 4 – микроклиновые метасоматиты); 5-7 – юго-восточная часть зоны Главного Саянского разлома (5 – биотитовые гранито-гнейсы, 6, 7 – кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты: 6 – рибекит-эгириновые, 7 – биотит-магнетитовые). Прочерк – данных нет, н.о. – не обнаружено. TR<sub>Ce</sub>=La+Ce+Nd.

Темноцветные гидроксилсодержащие минералы в породе исчезают; вместо них в парагенезисе с микроклином появляются обильные магнетит и пирит. Микроклинизация сменяется интенсивной гематитизацией: гематит цементирует микроклин с образованием структуры типа сидеронитовой. Метасоматическая колонка имеет вид:  $Kв+Пл+Би \rightarrow Kв+Микр+Аб+Флог+Мгт(Пир) \rightarrow Kв+Микр+Аб+Гем \rightarrow Микр+Гем$ .

В целом, микроклиновые метасоматиты характеризуются очень высокими содержаниями  $K_2O$ , высокими Ba, Nb, Zn, Pb, Th, Be (см. табл. 2). К локальным процессам, проявленным в основном на контакте с жилами карбонатитоподобных пород относятся флогопитизация, доломитизация, апатитизация, эгиринизация, окварцевание.

Данные о возрасте карбонатитоподобных пород пока отсутствуют. Однако в целом для краевых частей Сибирского кратона характерна приуроченность к ним комплексов магматических щелочных пород и карбонатитов позднеерифейского (670–630 млн лет) возраста [32] (Присаянье, Енисейский кряж, Алданский щит, Северо-Муйская глыба). Эти карбонатитовые массивы, наряду с близкими к ним по возрасту поясами базитовых даек и образованиями грабенов, рассматриваются как индикаторы позднеерифейского рифтогенеза, приведшего к распаду Лавразии и заложению Центрально-Азиатского палеоокеана [30, 32].

Иной тип щелочных метасоматитов выявлен в восточной части Главного Саянского разлома, на границе Сибирской платформы и Алтае-Саянской складчатой области.

Главный Саянский разлом является крупнейшим линеаментом Восточной Сибири, отделяющим юго-восточную часть Сибирского кратона от Центрально-Азиатского складчатого пояса. Юго-восточная часть разлома служит границей между Шарыжалгайским выступом фундамента Сибирской платформы и раннепалеозойскими террейнами, входящими в состав коллизионного пояса, обрамляющего с юга кратон. Главные коллизионные события датируются значениями в интервале от 473 до 481 млн лет [33, 34]. В более позднее время граница гетерогенных блоков земной коры являлась зоной неоднократных сдвиговых деформаций, милонитизации, катаклаза, с которыми в пределах раннепа-

леозойского складчатого обрамления на границе с кратоном связаны проявления щелочного метасоматоза. Зоны щелочного метасоматоза прослежены в долинах рек Иркут и Китой и имеют мощность до 250-300 м при протяженности 8-12 км. Субстратом для щелочных метасоматитов являлись биотитовые и биотит-амфиболовые гнейсы и гранитогнейсы. Простираение зон щелочного метасоматоза северо-западное, согласное с ориентировкой Главного Саянского разлома.

Продукты метасоматоза представлены альбитизированными и микроклинизированными гнейсами и гранитогнейсами, кварц-альбит-микроклиновыми (рибекит-эгириновыми и биотит-магнетитовыми) метасоматитами (квальмитами, по В. С. Кудрину [35]). На Иркутском участке последние прорываются амазонитсодержащими пегматоидными альбит-микроклиновыми гранитами. Значительно менее распространены альбитовые ( $\pm$  хлорит, кальцит) метасоматиты.

В шлифах проявление щелочного метасоматоза наиболее отчетливо выражается в неустойчивости биотита и замещении его щелочными темноцветными минералами или появлении в качестве главного темноцветного минерала магнетита. Одновременно заметно возрастает содержание акцессорных минералов. В лейкократовой части пород метасоматические изменения не столь очевидны. На долю силикатных минералов в метасоматитах приходится 91-97 %, из них на кварц 24-37 %, ортоклаз 25-32 % и альбит 34-50 %. Состав пироксена в метасоматитах варьирует от эгирин-геденбергита или эгирин-диопсида до эгирина (Асм от 40-55 % до 73-89 %). Зерна амфибола в центре представлены катофоритом, а по краям рибекитом [36]. Для биотита из рибекит-эгириновых квальмитов характерны пониженная глиноземистость ( $Al_2O_3 = 9-10$  мас. %) при широкой вариации железистости (33-70 %). Акцессорные минералы представлены магнетитом, гематитом, гетитом, ильменитом, пирофанитом, пирохлором, фергусонитом, уранинитом, пиритом, апатитом, флюоритом, андрадитом, цирконом, титанитом, алланит, чевкинит, торит [37, 38].

По сравнению с вмещающими биотитовыми гнейсогранитами в квальмитах несколько повышены содержания  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $MnO$  и  $TiO_2$  и понижены  $Al_2O_3$  и незначительно -  $K_2O$ . Содержа-

ние  $\text{Na}_2\text{O}$  увеличивается незначительно, но за счет выноса алюминия возрастает коэффициент агпаитности. В целом для кварцитов характерны повышенные относительно вмещающих пород содержания Zr, Y, Zn, Sn, Be, PЗЭ, Nb (см. табл. 2).

Кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты по петрографическому составу и геологической позиции отвечают типу среднетемпературных полевошпатовых метасоматитов зон глубинных разломов [31, 39]. При этом отсутствие полнопроявленных колонок щелочного метасоматоза с тыловой альбитовой ( $\pm$  эгирин) зоной, присутствие в породах биотита, устойчивость кварца свидетельствуют о невысокой щелочности растворов, под воздействием которых протекал метасоматоз, что вообще характерно для условий образования кварц-микроклин-альбитовых метасоматитов.

Датирование амфибола из метасоматитов  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ -методом дало значение  $321 \pm 5$  млн. лет [40]; датирование циркона из амазонитового пегматита, прорывающего кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты на Иркутском участке, на ионном зонде SHRIMP-II в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ, показало возраст  $353,5 \pm 1,9$  [41]. В целом, эти данные указывают на образование метасоматитов в процессе тектоно-магматической активизации зоны Главного Саянского разлома, обусловленной, по-видимому, коллизионными событиями в Центрально-Азиатском подвижном поясе в позднем девоне – раннем карбоне [42]. Источник растворов для приразломных кварц-альбит-микроклиновых метасоматитов, не имеющих отчетливой генетической связи с интрузиями, до настоящего времени остается дискуссионным. Однако тектоническая позиция метасоматитов – приуроченность к зоне долгоживущего глубинного Главного Саянского разлома – и набор привносимых в породы при метасоматозе элементов (Zr, Nb, TR) позволяют предполагать мантийный источник флюида [43].

Сопоставление между собой метасоматитов Приморского выступа фундамента Сибирской платформы и Главного Саянского разлома показывает, что формирование натриевых метасоматитов, пространственно (и, возможно, генетически) связанных с карбонатитоподобными породами, в отличие от приразломных



метасоматитов, не имеющих отчетливой генетической связи с интрузиями, сопровождалось привнесом Ca, P, CO<sub>2</sub>, Sr, Th, т.е., типичных элементов карбонатитов. Кроме того, в метасоматитах, связанных с карбонатитами, отчетливо выделяются два петрохимических типа – натриевые и калиевые. В то же время, и для приразломных метасоматитов, и для метасоматитов, связанных с карбонатитами, характерен привнос флюидами наряду с Na, также Ti, Fe, Zr, Nb, Y, TR<sub>Ce</sub>, Zn, Be.

### **Сопоставление щелочных метасоматитов Приазовья и Прибайкалья**

Сравнение щелочных метасоматитов Приазовья и Прибайкалья, приводит к следующим выводам:

1. Метасоматиты Тажеранского массива, которые развиваются преимущественно по метаморфическим карбонатным породам, подобны флогопит-диопсид-нефелиновым метасоматитам, приуроченным к контакту чарнокитоидов и карбонатных пород на Мариупольском железорудном месторождении и Лукашевском участке (Побужье). Однако в украинских нефелин-содержащих метасоматитах отсутствует мелилит, который, как считают многие исследователи, кристаллизуется в гипабиссальных условиях. Нефелиновые метасоматиты Приазовья и Побужья формировались в условиях гранулитовой (абиссальной) фации метаморфизма. Подобные метасоматиты можно рассматривать как своеобразные высокотемпературные скарны магматического этапа.

2. Наиболее близки к приазовским апогранитоидным щелочным метасоматитам одноименные породы из Главного Саянского разлома, долины р.р. Иркут и Китой (см. табл. 2). В этом районе известны и проявления карбонатитовые. Однако эти щелочные метасоматиты чаще содержат больше кремнезема, чем приазовские фениты (см. табл. 1) и, в целом, соответствуют щелочным гранитам с коэффициентом агпаитности около единицы. Возможно, это апогранитоидные метасоматиты начальной или промежуточной стадии преобразования (ощелачивания) вмещающих гранитоидов, гнейсов и сланцев. Среди них имеются существенно рибекитовые разновидности, которые в целом подобны меланократовым фенитам Приазовья, в частности существенно

амфиболовым прожилкам и жилам в апогра-нитоидных фенитах Приазовья.

3. Для щелочных метасоматитов Главного Саянского разлома характерно повышенное или высокое содержание ниобия (как и в приазовских апофенитовых альбититах). Однако, них, в целом, меньше редкоземельных элементов, чем в приазовских фенитах. Как для фенитов Приазовья, так и щелочных метасоматитов Главного Саянского разлома предполагается генетическая связь с карбонатитами или т.н. карбона-титоподобными породами.

Работа подготовлена при финансовой поддержке совместного между НАН Украины и СО РАН проекта «Щелочные метасоматиты Приазовья и Прибайкалья и их рудоносность».

### СПИСОК ССЫЛОК

1. Кривдік С. Г. Про формаційну приналежність лужних метасоматитів Східного Приазов'я / С. Г. Кривдік, В. Г. Моргун // Геохімія та рудоутворення. — 2010. — Вип. 28. — С. 16—25.
2. Кривдик С. Г. Щелочные метасоматиты Приазовского и Ингульского мегаблоков Украинского щита / С. Г. Кривдик, В. Г. Моргун // Наук. праці УкрНДМІ. — 2011. — Т. 9, ч. 2. — С. 216—237.
3. Кривдік С. Г. Типи лужних метасоматитів Українського щита та фації їх глибинності / С. Г. Кривдік, В. Г. Моргун, О. В. Дубина // Геохімія та рудоутворення. — 2012. — Вип. 31-32. — С. 4—11.
4. Моргун В. Г. Петрологія лужних метасоматитів Східного Приазов'я : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук : спец. 04.00.09/ В. Г. Моргун. — Київ, 2012. — 20 с.
5. Кривдік С. Г. Про генезис лужних метасоматитів Українського щита / С. Г. Кривдік // Геохімія та рудоутворення. — 2013. — Вип. 33. — С. 3—17.
6. Кривдік С. Г. Слюди фенітів і лужних метасоматитів Східного Приазов'я / С. Г. Кривдік, В. Г. Моргун, В. В. Шаригін // Мінерал. журн. — 2010. — 32, № 4. — С. 3—11.

7. Кривдік С. Г. Апокварцитові феніти Східного Приазов'я (петрологія, мінералогія, металогенія) / С. Г. Кривдік, В. В. Шаригін, В. Г. Моргун, О. В. Дубина // Мінерал. журн. — 2013.
8. Пеков И. В. Новые данные о перротите (Приазовье) / И. В. Пеков, Ю. В. Беловицкая, П. М. Карташов и др. // Зап. Всеросс. минерал. о-ва. — 1999. — Вып. 3, ч. 128. — С. 112—120.
9. Михайлов В. А. Новый тип молибденовой минерализации Украинского щита / В. А. Михайлов, В. В. Шунько // Докл. НАН Украины. — 2002. — № 6. — С. 137—140.
10. Моргун В. Г. Петрологія лужних метасоматитів балки Туникова (Східне Приазов'я) / В. Г. Моргун // Геохімія та рудоутворення. — 2011. — Вип. 29. — С. 65—69.
11. Глевасский Е. Б. Докембрийский карбонатитовый комплекс Приазовья / Е. Б. Глевасский, С. Г. Кривдик. — К. : Наук. думка, 1981. — 228 с.
12. Кривдик С. Г. Петрология щелочных пород Украинского щита / С. Г. Кривдик, В. И. Ткачук. — К. : Наук. думка, 1990. — 408 с.
13. Марченко Е. Я. О карбонатитовой природе Петрово-Гнутовской флюорито-карбонатной дайки / Е. Я. Марченко, Г. Г. Коньков, В. И. Васенко // Докл. АН УССР. — 1980. — Сер. Б, № 1. — С. 24—27.
14. Егоров Л. С. Ийолит-карбонатитовый плутонизм / Л. С. Егоров. — Л. : Недра, 1991. — 260 с.
15. Балмасова Е. А. Минералогия, петрография и генезис экзо-контактных метасоматитов массива Маган : автореф. дисс. канд. геол.-минер. наук / Е. А Балмасова. — С-Пб, 1992. — 20 с.
16. Шарыгин В. В. Zn-куплетскит и хендриксит в агпайтовых фолонитах Октябрьского массива, Приазовье, Украина / В. В. Шарыгин, С. Г. Кривдик, Л. Н. Поспелова, А. В. Дубина // Докл. РАН. — 2009. — 425, № 6. — С. 810—815.
17. Le Bas Carbonatite dykes at Bayan Obo, Inner Mongolia, China / Le Bas, M. J. Kellere, J. Kejic Tao et al. // Mineralogy and Petrology. — 1992. — V. 46 (3). — P. 195—228.

18. Конев А. А. Контактный метасоматоз в ореоле Тажеранской щелочной интрузии / А. А. Конев, С. В. Самойлов. — Новосибирск : Наука, 1974. — 244 с.
19. Геологическая карта массива Тажеран / [В. С. Федоровский, Е. В. Скляр, А. М. Мазукабзов и др.]. — М. : Изд-во «Группа компаний А1 ТИС», 2009.
20. Старикова А. Е. Ti-Zr акцессорная минерализация в кальцифирах Тажеранского массива (Западное Прибайкалье) / А. Е. Старикова // Щелочной магматизм, его источники и плюмы. — Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН, 2007. — С. 223—236.
21. Старикова А. Е. Минералогия метасоматических пород Тажеранского массива (Западное Прибайкалье) : автореф. дис. канд. геол.-минерал. наук, ИГМ СО РАН / А. Е. Старикова. — Новосибирск, 2013. — с. 16.
22. Wiedenmann D. Melilite-group minerals at Oldoinyo Lengai, Tanzania / D. Wiedenmann, J. Keller, A. N. Zaitsev // Lithos. — 2010. — Vol. 118. — P. 112—118.
23. Alumoakermanite,  $(Ca, Na)_2(Al, Mg Fe^{2+})(Si_2O_7)$ , a new mineral from the active carbonatite-nephelinite-phonolite volcano Oldoinyo Lengai, Northern Tanzania / [D. Wiedenmann, A. N. Zaitsev, S. N. Britvin et al.] // Mineral. mag. — 2009. — Vol. 73 (3). — P. 373—384.
24. Yoder H.S., Jr. Melilite stability and paragenesis / Yoder H.S., Jr. // Fortschr. Miner. — 1973. — Vol. 50. — P. 140—173.
25. Sharygin V. V. Sulfide associations in garnet-melilite-wollastonite skarns of the Tazheran alkaline massif, Baikal region / V. V. Sharygin, A. Ye. Starikova // XXVII International conference, school "Geochemistry of alkaline rocks"; abstract Volume. — 2010. — P. 164—165.
26. Карбонатиты в коллизионных обстановках и квазикарбонатиты Ольхонской коллизионной системы / [Е. В. Скляр, В. С. Федоровский, А. Б. Котов и др.] // Геология и геофизика. — 2009. — Т. 50, № 12. — С. 1405—1423.
27. Парадоксы Тажеранского массива нефелиновых и щелочных сиенитов (Приольхонье): уточнение модели формирования или ключ к новой концепции / [Е. В. Скляр, В. С. Федоров-

- ский, А. Б. Котов и др.]: м-лы совещания «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса: от океана к континенту». — Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН. — 2007. — Вып. 5, т. 2. — С. 79—81.
28. Сдвиговый тектогенез и щелочно-базитовый магматизм в коллизийной системе каледонид Западного Прибайкалья / [В. С. Федоровский, Е. В. Скляр, А. Э. Изох и др.] // Геология и геофизика. — 2010. — Т. 51, № 5. — С. 682—700.
29. Новый тип меланжа (Байкал, Ольхонский регион) / [В. С. Федоровский, Л. Ф. Добржинская, Т. В. Молчанова, А. Б. Лихачев] // Геотектоника. — 1993. — № 4. — С. 30—45.
30. Комплексы-индикаторы процессов растяжения на юге Сибирского кратона в докембрии / [Д. П. Гладкочуб, Т. В. Донская, А. М. Мазукабзов и др.] // Геология и геофизика. — 2007. — Т. 48, № 1. — С. 22—41.
31. Омеляненко Б. И. Околорудные гидротермальные изменения пород / Б. И. Омеляненко. — М. : Недра, 1978. — 215 с.
32. Позднерифейский рифтогенез и распад Лавразии: данные геохронологических исследований щелочно-ультраосновных комплексов южного обрамления Сибирской платформы / [В. В. Ярмолюк, В. И. Коваленко, Е. Б. Сальникова и др.] // ДАН. — 2005. — Т. 404, № 3. — С. 400—406.
33. О возрасте метаморфизма слюдянского кристаллического комплекса (Ю.Прибайкалье): результаты U-Pb геохронологических исследований гранитоидов / [А. Б. Котов, Е. Б. Сальникова, Л. З. Резницкий и др.] // Петрология. — 1997. — № 4. — С. 390—393.
34. Прибайкальский коллизийный метаморфический пояс / [Т. В. Донская, Е. В. Скляр, Д. П. Гладкочуб и др.] // Доклады АН. — 2000. — Т. 374, № 1. — С. 79—83.
35. Кудрин В. С. Редкометалльные щелочные кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты (квальмиты) зон регионального метаморфизма / В. С. Кудрин // Метасоматизм и рудообразование). — М. : Наука, 1978. — С. 183—194.
36. Leake V. E. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association, commission on new minerals and mineral names /

- V. E. Leake, A. R. Woolley, C. E. S. Arps // *Am. Mineral.* — 1997. — V. 82. — P. 1019—1037.
37. Савельева В. Б. Геохимия редкометалльных гранитов и метасоматитов в зоне Главного Саянского разлома (Прибайкалье) / В. Б. Савельева, А. С. Зырянов // *Геохимия.* — 2005. — № 1. — С. 60—79.
38. Савельева В. Б. Кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты Главного Саянского разлома: эволюция метасоматического процесса и состав акцессорных минералов / В. Б. Савельева, Н. С. Карманов // *Геология рудных месторождений.* — 2010. — Т. 52, № 4. — С. 337—357.
39. *Метасоматизм и метасоматические породы*; под ред. В. А. Жарикова, В. Л. Русинова. — М. : Научный мир, 1998. — 492 с.
40. Савельева В.Б.  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  датирование метасоматитов в зонах глубинных разломов краевого шва Сибирской платформы / В. Б. Савельева, А. В. Травин, А. С. Зырянов // *Доклады АН.* — 2003. — Т. 391, № 4. — С. 523—526.
41. Основные этапы гранито- и пегматитообразования в юго-восточной части зоны Главного Саянского разлома, Восточная Сибирь (по результатам U-Pb- датирования циркона, SHRIMP-II) / [В. Б.Савельева, С. Л. Пресняков, Е. Н. Лепехина и др.] // *Доклады АН.* — 2012. — Т. 442, № 3. — С. 369—375.
42. Буслов М. М. Тектоника и геодинами Центрально-Азиатского складчатого пояса: роль позднепалеозойских крупноамплитудных сдвигов / М. М. Буслов // *Геология и геофизика.* — 2011. — Т. 52, № 1. — С. 66—90.
43. Архангельская В. В. Геологическое строение, зональность и условия образования Катугинского Ta-Nb-Zr-месторождения (Чаро-Удоканский район, Восточная Сибирь) / [В. В. Архангельская, В. И. Казанский, К. В. Прохоров, В. Н. Собаченко] // *Геология руд. месторождений.* — 1993. — № 2. — С. 115—131.