УДК 553.521 (477.62)

МЕТАСОМАТИЧЕСКИ ИЗМЕНЕННЫЕ ГРАНИТЫ КАМЕННОМОГИЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИАЗОВЬЯ И СВЯЗЬ С НИМИ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО И РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Е.В. Седова[1], Е.М. Шеремет[2]
1. Донецкий национальный технический университет (ДонНТУ)
83001, Артема, 58, Донецк, Украина
2. Украинский государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики и маркшейдерского дела (УкрНИМИ НАН Украины)
83004, ул. Челюскинцев, 291, Донецк, Украина
E-mail: EvgSheremet@yandex.ru

В работе рассматривается связь редкометалльно-редкоземельного оруденения с метасоматически измененными гранитами Каменномогильского, Екатериновского, Стародубовского и Ново-Янисольского массивов каменномогильского комплекса. Кислотный метасоматоз в этих массивах служит отражением процессов, приводящих к формированию преимущественно редкометалльного оруденения грейзенового типа. Процессы щелочного метасоматоза в более глубинных частях гранитных массивов комплекса связаны с формированием в основном редкоземельного оруденения. Образование редкоземельных минералов бритолита и ортита происходило в более щелочной среде.

Последовательность метасоматических преобразований. Петрология докембрийского каменномогильского комплекса Приазовья дана в работе [1]. К наиболее общим петрографическим признакам процессов калишпатизации, альбитизации и грейзенизации, которые проявлены в изученных гранитах массивов, относятся реакционные взаимоотношения минералов, псеводоморфные замещения и другие структурные особенности пород, а также количественно-минеральный состав пород.

Метасоматические преобразования гранитов приводят к заметным изменениям количественно-минерального состава. Например, содержание микроклина может возрастать до 50–55 %, а плагиоклаза – понижаться до 10 %. Но в большинстве случаев преобразования не приводят к формированию собственно метасоматитов, целиком или в существенной степени сложенных новообразованными минералами. Обычно они носят незавершенный характер: так, альбитизация не приводит к образованию собственно альбититов (> 70 % альбита); а для грейзенизации не характерны породы развитых зон грейзеновых колонок. По аналогии с хорошо обнаженным восточным блоком массива Каменные Могилы, где в результате полевых исследований установлено наличие, особенно в эндоконтактах, редких маломощных (до 10–25 см) линз кварц-мусковит-флюоритовых грейзенов, подобные образования могут быть и в массивах, где наблюдаемая грейзенизация была лишь частичной.

Калишпатизация (микроклинизация) проявлена наиболее заметно в виде замещения плагиоклаза, часто псевдоморфного, микроклин-пертитом. В калишпатизированных породах наблюдается также резко ксеноморфный микроклин, корродирующий зерна альбита (и кварца ?), в интерстициях которых он развивается. Результаты калишпатизации – появление аляскитовых и приближающихся к ним разностей, в которых содержание альбита понижается до ~ 10 %, а содержание микроклина возрастает до ~ 50–55 %. Это наи-

© Седова Е.В., Шеремет Е.М., 2012

более ранний, по петрографическим признакам, из проявленных на площади массивов процесс изменения пород, так как альбитизация и грейзенизация часто накладываются на ранее микроклинизированные породы, но не наоборот. В калишпатизированных породах часто присутствует апатит, содержание которого в этих разностях выше, чем в других (~1 % и более). В целом, ассоциация акцессорных минералов калишпатизированных гранитов, по данным наблюдения в шлифах и в протолочках, примерно та же, что и в неизмененных гранитах. Она представлена флюоритом, апатитом, цирконом, ортитом, монацитом, пирохлором, сфеном и рутилом. Наряду с этим, содержание указанных минералов в калишпатизированных и в неизмененных разностях может быть разным, как это было отмечено для апатита.

Альбитизация накладывается как на первично-магматические, так и на ранее микроклинизированные разности гранитов, а также на пегматиты. При альбитизации наблюдается развитие плагиоклаза по микроклину, в противоположность вышеописанному. Часто проявляется также псевдоморфное, избирательное развитие – по микротрещинам, по деформационным изгибам зерен, с образованием на ранних стадиях пертитов замещения в микроклине. Альбит может также корродировать зерна кварца, и развиваться по нему. Его псевдоморфные образования по калишпату иногда содержат ориентированные по спайности и двойниковым швам пластинки мусковита. Однако биотит в альбитизированных породах остается устойчив, по крайней мере, на начальных, наиболее широко проявленных, стадиях процесса. Содержание альбита может возрастать до ~ 40 %, тогда как КПШ снижается до 20 %. Наиболее типичная рудная ассоциация альбитизированных пород, ранее установленная в протолочках и, частично, в шлифах, – циркон, колумбит, монацит, ксенотим, паризит.

Грейзенизация это наиболее поздний из всех рассматриваемых процессов и наиболее важный в минерагеническом отношении. Частичной грейзенизации подвергаются как первичные породы, так и породы, испытавшие до этого щелочной автометасоматоз – калишпатизацию и альбитизацию. Повсеместным признаком начальной грейзенизации служит разложение биотита с образованием по нему псевдомофоз мусковита, реже – характерных мусковит-флюорит-магнетитовых (гематитовых) агрегатов. Непосредственно в этих агрегатах или вблизи них могут также присутствовать скопления мелких кристалликов фосфатов редкоземельных элементов (РЗЭ) – ксенотима (зерна ромбического и квадратного сечения) и более округлые – монацита. В ходе исследований также установлено, что при полном исчезновении биотита (центральная часть Стародубовского массива), довольно часто содержание мусковита не превышает 5–6 %. В породах появляется новообразованный кварц, содержание которого в целом возрастает, но незначительно (до 35–40 %). Даже слабо грейзенизированные породы обычно обогащены флюоритом (до 3–5 %). Постоянно присутствует в них и топаз. Рудная минеральная ассоциация грейзенизированных пород по изученным протолочкам представлена бериллом, литиевыми слюдами, касситеритом, вольфрамитом, шеелитом, молибденитом, колумбитом и танталитом (данные Приазовской КГП). Берилл и тонкие пластинки колумбита иногда удавалось наблюдать и в шлифах. Также в шлифах постоянно присутствует циркон, причем нескольких (не менее 2-х) генераций. Ксенотим и монацит тоже образуют в грейзенизированных гранитах, по меньшей мере, две генерации: первая представляет предшествующий этап щелочного метасоматоза, вторая – отмеченные выше продукты разложения биотита.

Установлена следующая пространственная зональность метасоматических изменений в изученных массивах. В южной части Стародубовского массива от контакта на расстояние порядка 400 м вглубь массива (рис. 1) наблюдается зона частичной грейзенизации гранитов, которые до нее, по-видимому, подверглись более или менее значительной калишпатизации и альбитизациии (в некоторых образцах до трех генераций минералов). Далее, на север, на расстоянии ~ 1,5 км от контакта наблюдается ореол альбитизации, которой, в некоторых случаях, явно предшествовала калишпатизация. На альбитизированные породы в центре и на севере массива иногда наложены и процессы грейзенизации. В породах можно наблюдать не менее трех генераций минералов, соответствующих трем последовательно проявившимся метасоматическим процессам. Наряду с гранитами, альбитизации подвергаются и пегматиты. Можно утверждать, что в Стародубовском массиве, особенно в его центральной части, практически все граниты, в той иной степени, подверглись автометасоматическим изменениям. Косвенно это отражается даже в результатах силикатного анализа "номинально неизмененных" пород.

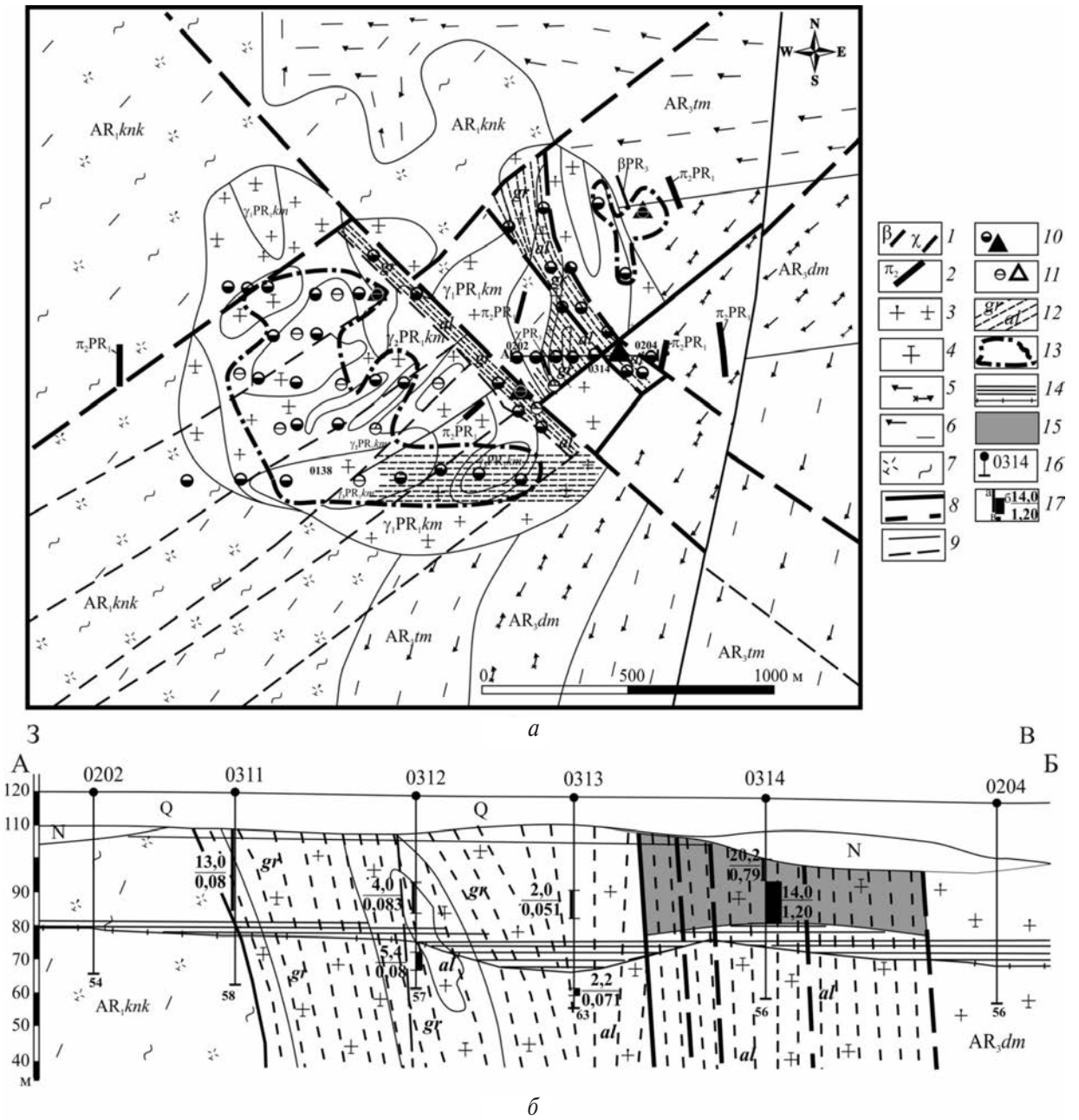

Рис. 1. Схематическая геологическая карта (*а)* и геологический разрез по линии А–Б (*б)* Стародубовского массива (по материалам Приазовской КГП). *Дайковый комплекс:* 1 – диабазы (βPR_3); лампрофиры (χPR_3). *Каменномогильский комплекс*: *2* – пегматиты редкоземельные ($\pi_2PR_1$km); *3* – граниты биотитовые; биотит-амфиболовые ($\gamma_1PR_1$km); грейзенизированные, альбитизированные ($\gamma_1PR_1$km); *4* – граниты мусковит-микроклин-альбитовые ($\gamma_3PR_1$km); *5* – демьяновская свита, гнейсы амфибол-биотитовые, двупироксен-амфиболовые и др. (AR_3dm); *6* – темрюкская свита, гнейсы биотитовые, амфибол-биотитовые и др. (AR_3tm); *7* – кайинкулакская толща, плагиогнейсы, мигматиты биотитовые, амфибол-биотитовые и др. (AR_1knk). *Разрывные нарушения: 8* – главные, *9* – второстепенные. *Точки повышенной минерализации (кружки) и рудопроявления (треугольники)*: *10* – в коре выветривания; *11* – в коренных породах; *12* – измененные породы, грейзенизация (*gr*) и альбитизация (*al*); 13 – перспективные площади. *На разрезе:* 14 – площадь и граница распространения зоны дезинтегрированных кристаллических пород; 15 – руды коры выветривания; 16 – скважина, ее номер; 17 – глубина рудных интервалов, м: в коре выветривания с содержанием суммы оксидов РЗЭ: справа – больше 0,05 % (а), слева – больше 1,0 % (б); в коренных породах (в); в числителе – интервал, м, в знаменателе – содержание суммы оксидов *TR*

В частности, содержание суммы щелочей в таких породах заметно выше (8,6–9,5 %), чем содержание $Na_2O + K_2O$ в "эталонных" неизмененных разностях западного блока массива Каменные Могилы (7,7–8,6 %), и близки (частью перекрываются) к таковым частично альбитизированных (8,2–10,3 %) и частично грейзенизированных стародубовских апогранитов (7,9–9,7 %) [8].

В Ново-Янисольсом массиве относительно широко развиты первичные, практически неизмененные разности пород – биотитовые и амфибол-биотитовые лейко- и мезократовые граниты, обычно с незначительным преобладанием микроклина над плагиоклазом. Наблюдавшиеся метасоматические изменения в данном массиве представлены калишпатизацией и альбитизацией. Первая – широко проявлена в небольших телах-сателлитах к северу и к югу от основного тела, а в последнем встречена лишь в западной части массива и вблизи его восточного контакта с гнейсами и мигматитами темрюкской серии архея. Несколько шире проявлена альбитизация гранитов. Слабо альбитизированные разности образуют прерывистую полосу на севере массива и сплошную полосу на юго-западе. Непосредственно в эндоконтактах степень изменения повышается (больше новообразованного альбита, пертитов замещения, мусковита). Альбитизация охватывает также одно из сателлитных тел к югу от массива. В целом, для Ново-Янисольского массива, по сравнению со Стародубовским, характерна относительно слабая измененность пород метасоматическими процессами: меньшее площадное развитие этих процессов и практически полное отсутствие площадной грейзенизации.

В результате пространственного сближения или наложения частичной грейзенизации на частично же альбитизированные породы возникают мусковит-микроклин-альбитовые (с кварцем) "граниты" (или апограниты), с которыми и связана в основном Y – Yb – Li – Sn – Nb – W минерализация в Стародубовском и Екатериновском массиве.

Характерный набор минералов этих зон включает как минералы, типичные для зон кислотного выщелачивания (грейзенизации): флюорит, топаз, берилл, литиевые слюды, колумбит-танталит, касситерит, вольфрамит, шеелит, молибденит, так и те, которые в большей мере характерны для зон альбитизации (умеренно-щелочного метасоматоза) – циркон, ксенотим, монацит, циртолит и др.

Неполнота протекания метасоматических процессов и "телескопирование" — наложение продуктов последующих изменений на предшествовавшие, обуславливают возникновение такого же набора минералов в рудных зонах массивов каменномогильского комплекса.

Геохимические аномалии, возникшие в результате наложения разных процессов, оказываются "кумулятивными", возможно, с этим обстоятельством связана неустойчивость и невыдержанность по простиранию и по падению первичных ореолов большинства типоморфных элементов в пределах комплексной аномалии Стародубовского массива, приуроченной к альбитизированным и грейзенизированным гранитам.

Размещение зон относительно интенсивного изменения пород в эндоконтактах массивов указывает на определенный структурный контроль оруденения (роль зон повышенной проницаемости). Однако широкое площадное распространение слабо автометасоматизированных пород зависимости от такого контроля не обнаруживает: похоже, что рассредоточенный поток флюидов прорабатывает значительный объем пород в апикальных частях массивов в целом.

Хотя рудная минерализация в массивах связана и с пегматитами, и с аплитами в их краевых частях, решающее значение в формировании площадных аномалий Y – Yb – Li – Sn – Nb – W имеют, видимо, все же зоны автометасоматических изменений пород – альбитизации и, в особенности, грейзенизации. Характерно, что в Ново-Янисольском массиве, где последние не выявлены, не установлено и геохимических аномалий.

Таким образом, "площадные", даже относительно слабые метасоматические изменения гранитов, сопровождающиеся появлением характерных рудных минеральных ассоциаций, должны рассматриваться как важный критерий рудоносности в гранитных массивах каменномогильского комплекса.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. В массивах каменномогильского комплекса широко проявлены позднемагматические и постмагматические процессы частичной, реже полной, переработки гранитоидов. Среди этих процессов выделяются процессы щелочного метасоматоза – биотитизация, микроклинизация, альбитизация, сопровождаемые биотитизацией, и процессы кислотного метасоматоза – частичной, реже полной грейзенизации гранитов. Формиро-

вание рудных тел иттрий-редкоземельной минерализации тесно связано с зонами щелочного метасоматоза – фельдшпатизации, тогда как для грейзенизированных пород характерна редкометалльная минерализация.

2. В формировании рудных тел иттрий-редкоземельной минерализации решающая роль, наряду с характером процессов, принадлежит составу исходных пород, подвергавшихся метасоматозу. Изначально (на стадии расплава) обогащенные иттрием и РЗЭ роговообманковые и биотит-роговообманковые граниты при наложенной фельдшпатизации образуют повышенные концентрации этих элементов – в апогранитах по амфиболовым разностям гранитов, тогда как апограниты по слюдяным разностям характеризуются только редкометалльным (ниобий-тантал и др.) непромышленным оруденением.

Закономерности локализации редкометалльной и редкоземельной минерализации в массивах каменномогильского комплекса. В массивах каменномогильского комплекса не известны месторождения редких металлов, но есть целый ряд рудопроявлений, точек минерализации и геохимических аномалий Li, Be, Zr, Nb, Ta, Sn, а также W и Mo.

Иттрий-редкоземельная минерализация, напротив, представлена в массивах комплекса Екатериновским и Стародубовскоим рудными телами, которые по своим размерам и концентрации полезных компонентов приближаются к промышленным месторождениям.

Рассмотрим самые общие закономерности локализации редкометалльной и иттрий-редкоземельной минерализации в массивах каменномогильского комплекса и их связь с определенными типами метасоматически измененных гранитов.

В массиве Каменные Могилы, в центральной части Восточного блока массива, в кварцево-флюоритовых жилах, мигматитах, альбитизированных гранитах, пегматитах и кварцевых жилах выявлен молибденит. Редкометалльная минерализация, приуроченная к грейзенизированным породам и дайкам аплитовидных гранитов и пегматитов, часто также грейзенизированным, представлена колумбитом, танталитом и цирконом.

Согласно [6–8], грейзенизированные аплитовидные граниты с амазонитом, по сравнению с неизмененными гранитами главной фазы и аплитовидными гранитами, содержат умеренное количество F, Be, V, Co, Ni, Cr и несколько повышенное Li, Sn, Mo, Pb, Zn и Cu. Грейзенизированные крупнозернистые граниты по отношению к их неизмененным разностям имеют высокое содержание фтора, хотя Be и Sn в них поровну, а Li и Rb меньше в 3–4 раза. При сравнении содержаний редких элементов в грейзенизированных аплитовидных гранитах ("онгонитах") с таковыми в неизмененных пегматитах видно, что пегматиты характеризуются большим содержанием F, Li, Rb и Mo, примерно одинаковым Sn и пониженным Be.

Граниты массива Каменные Могилы характеризуются, согласно [6–8], повышенным содержанием ниобия (до 120 г/т) и тантала (порядка 10 г/т), концентраторами которых служат минералы группы танталита-колумбита, а также слюды. В последних установлены ниобий (порядка 290–300 г/т) и тантал (порядка 50–60 г/т). Кроме того, в данном рудном поле установлена бериллиевая минерализация в виде берилла и фенакита в пегматитах, а также в литий-фтористых гранитах, апогранитах и грейзенах. В апогранитах, пегматитах и кварцевых жилах встречен молибденит, касситерит и вольфрамит.

Редкоземельная минерализация в Каменномогильском рудном поле выражена значительно слабее, чем редкометалльная, представлена она в основном повышенными содержанием иттрия и РЗЭ в кварцевых сиенитах, граносиенитах и амфиболовых гранитах, вскрытых скважинами на глубине 20–35 м и более в западной части массива [8].

Концентраторами иттрия и РЗЭ служат акцессорные ортит, ксенотим, фергюссонит, а также слюды и, по-видимому, амфиболы. Установленные значения содержания, хотя и не представляют интереса с экономической точки зрения, но, все же, повышены в 2–3 раза по сравнению с кларковыми [8].

Учитывая субщелочную и глиноземистую специфику гранитов Каменномогильского массива можно ожидать проявлений в связи с ними рудной минерализации в виде скоплений ортита и колумбита. Например, Тавловское (Анадольское) жильное проявление ортита, генезис которого не совсем ясен, может быть образовано подобными гранитами [2]. Это особенно важно при ориентировке поисковых работ на обнаружение подобных проявлений, там, где развиты граниты каменномогильского комплекса.

Екатериновское рудное поле (Ta, Nb, Li, TR) совпадает с одноименным массивом (рис. 2). Металлогения Екатериновского рудного поля довольно разнообразная. В центральной части массива в пегматитовых жилах и на восточном контакте в зоне катаклазированных гранитов извест-

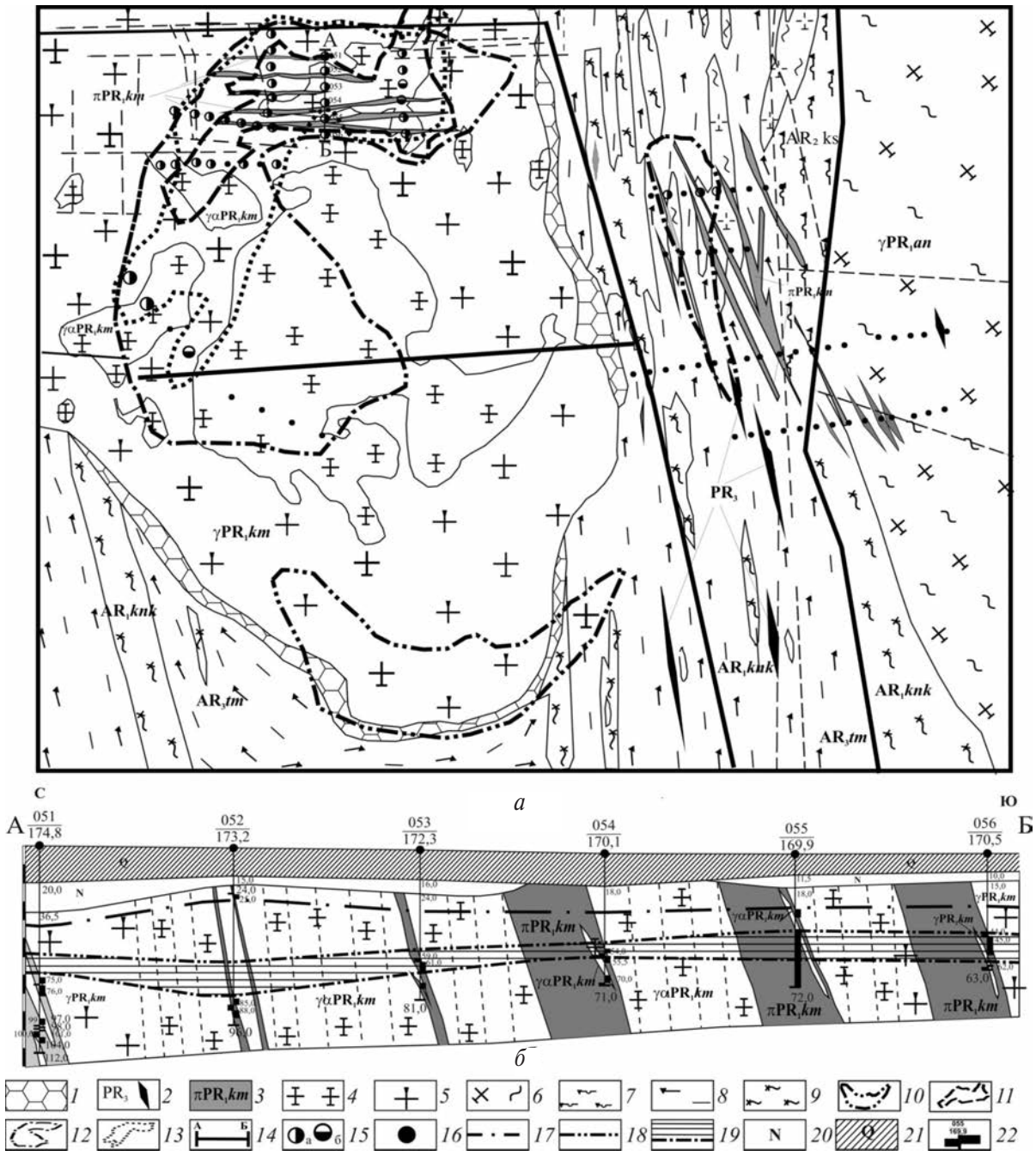

Рис. 2. Схематическая геологическая карта южной части Екатериновского участка (*а*) и геологический разрез по линии А–Б (*б)* (по материалам Приазовской КГП): *1* – катаклазиты; *2* – дайковый комплекс – диабазы, лампрофиры (PR_3); Каменномогильский комплекс: *3* – пегматиты редкоземельные, граниты пегматоидные биотит-амфиболовые, мусковит-биотитовые (π_2PR_1km); 4 – аплитоидные граниты биотит-альбит-микроклиновые ($\gamma\alpha PR_1km$); *5* – граниты биотитовые, биотит-амфиболовые ($\gamma\alpha PR_1km$); *6* – анадольский комплекс, граниты биотитовые, лейкократовые, мигматиты ($\gamma\alpha PR_1an$); *7* – косивцевская толща: сланцы амфиболовые, альбит-актинолитовые, эпидот-альбит-актинолитовые, актинолит-роговообманковые (AR_2ks); *8* – темрюкская свита: кварциты гранат-полевошпатовые, кристаллосланцы и гнейсы двупироксеновые, гранатовые, графитовые, высокоглиноземистые; мраморы, кальцифиры, кварциты железистые (AR_3tm); *9* – кайинкулакская толща: кристаллосланцы двупироксеновые, амфибол-пироксеновые (AR_1knk); *10* – вторичные геохимические аномалии иттрия; *11* – высококонтрастные аномалии суммы *TR*; *12* – низкосредние контрастные аномалии суммы *TR*; *13* – мультипликативные геохимические аномалии иттрия, церия, лантана; *14* – линия геологического разреза; *15* – скважина, имеющая аномальные содержания оксидов РЗЭ: *а* – в коре выветривания; *б* – в коренных породах; *16* – поисковые скважины. *На разрезе*: *17* – граница распространения глинистой коры; *18* – граница распространения промежуточной коры; *19* – площадь и граница распространения зоны дезинтеграции пород; *20* – неогеновые отложения; *21* – суглинки; *22* – номера скважин (в знаменателе абсолютная отметка) и глубина рудных интервалов (справа с содержанием ΣTR_2O_3 > > 0,05 %, слева – > 0,1 %)

ны акцессорная редкометалльная бериллиевая и литиевая минерализации. В южной части, в коре выветривания гранитов и в дайках альбитизированных аплитов (альбит-микроклиновые апограниты) установлены касситерит, а в пегматитах – акцессорные ксенотим, монацит и колумбит, несущие редкоземельную минерализацию преимущественно иттриевой природы. Минерализация РЗЭ иттрий-цериевой группы установлена в зоне восточного экзоконтакта Екатериновского массива в хлоритизированных мигматитах с кварцевыми жилами. Подобные кварцевые жилы и пегматиты встречаются по всей Малоянисольской зоне разломов.

Приконтактовые части пегматитов с гранитами содержат флюорит, ксенотим, касситерит, циркон, сфен, апатит, торит. В аплитах и приконтактовых с ними мелкозернистых разновидностях гранитов, кроме того, встречаются паризит, бастнезит и ортит.

В коренных породах Екатериновского рудного поля редкоземельные проявления связаны с измененными гранитами – участками их микроклинизации и альбитизации.

По результатам поисковых работ на иттрий (1989–1993 гг.) в центре массива выделено рудное тело, которое геологами Приазовской КГП, проводившими поиски, интерпретируется как прилегающее к зоне сопряжения глубинных разломов (рис. 2). Продуктивные породы здесь — биотит-амфиболовые и биотитовые альбитизированные и микроклинизированные граниты, в границах которых выделены биотит-альбит-микроклиновые апограниты, которые рассматриваются как рудное тело с содержанием более чем 0,05 % суммы РЗЭ. Их распространение подчеркивается контурами мультипликативной аномалии иттрия, церия и лантана на уровне концентраций, превышающих фоновые на величину до двух среднеквадратичных отклонений. Эта аномалия почти полностью контролирует россыпи касситерита, выявленные в осадочном чехле неогеновых пород, перекрывающих докембрийские образования.

Установленная в гранитах массива редкоземельная минерализация представлена циртолитом, колумбитом, рабдофанитом.

В Екатериновском массиве известны также точки Nb-Ta минерализации, приуроченные к биотит-альбит-микроклиновым апогранитам в южной части массива.

Необходимо также упомянуть о Екатериновском рудопроявлении лития, расположенном в правом борту долины р. Кальчик, западнее с. Куйбышево. Наиболее высокие значения концентрации лития связаны с метасоматической альбитизацией в экзоконтактах дайки альбитизированного аплитовидного гранита (онгонита ?). Главные минералы онгонитов, %: альбит – 10–40, КПШ – 30–60 и кварц – 25–35, второстепенные и акцессорные – литиевая слюдка (до 5), эгирин, щелочной амфибол, флюорит, ортит, гранат, пирит, магнетит и монацит. Сахаровидные онгониты (?) по сравнению с неизмененными гранитами Екатериновского массива содержат несколько больше Na, F, Ni, значительно больше Li (в 10 раз), Rb (в 3 раза), V (в 3 раза), Cr (в 3 раза), Ta (в 10 раз), STR (в 3 раза) [6]. Выявлены примерно одинаковые и превышающие средние концентрации для кислых пород количества Sn, более низкие — Be, Mo и Pb. Осветленные катаклазированные гнейсограниты по отношению к их неизмененным разностям содержат меньше K_2O и больше Na_2O, F, Rb, Be, Sn и Ta; примерно одинаковые концентрации B, Li, Mo, Pb, Zn, V, Cr, Co, Ni, Zr, Nb, ΣTR [6]. Во вмещающих катаклазированных гнейсо-гранитах, в том числе в пегматитах, концентрации всех рассматриваемых элементов близки к средним содержаниям в кислых породах. Максимальное содержание Li_2O обнаружено в бороздовых пробах в месте пересечения (причем в альбитизированных амфиболитах до 0,39 % на мощность 1,0 м, в онгоните – 0,33 % на мощность 2,0 м). На глубине 70 м среднее содержание двуокиси лития в дайке снижается до 0,07 %, а 110 м – до 0,02 %. Резко снижается содержание Li_2O и по простиранию. Сопутствующие полезные компоненты в зоне оруденения — ниобий (содержание Nb_2O_5 до 0,005 %) и РЗЭ цериевой группы (максимальное количество суммы TR_2O_3 = 0,1 %).

В Стародубовском массиве выделено 7 рудных тел площадью от 13 тыс. до 203 тыс. м^2. Средняя мощность рудных тел по скважинам изменяется от 5,3 до 27,3 м. Общая площадь участка 1 км^2. Рудная минеральная ассоциация представлена колумбит-танталитом, ксенотимом, монацитом, образующими сростки с циртолитом и флюоритом, а также литиевыми слюдами, касситеритом и молибденитом. Соотношение Y/TR – 0,31.

Рудные тела Стародубовского массива приурочены к мусковит-микроклин-альбитовым апогранитам, пространственно связанным с биотитовыми-амфиболовыми гранитами и развившимся по этим породам в результате процессов фельдшпатизации.

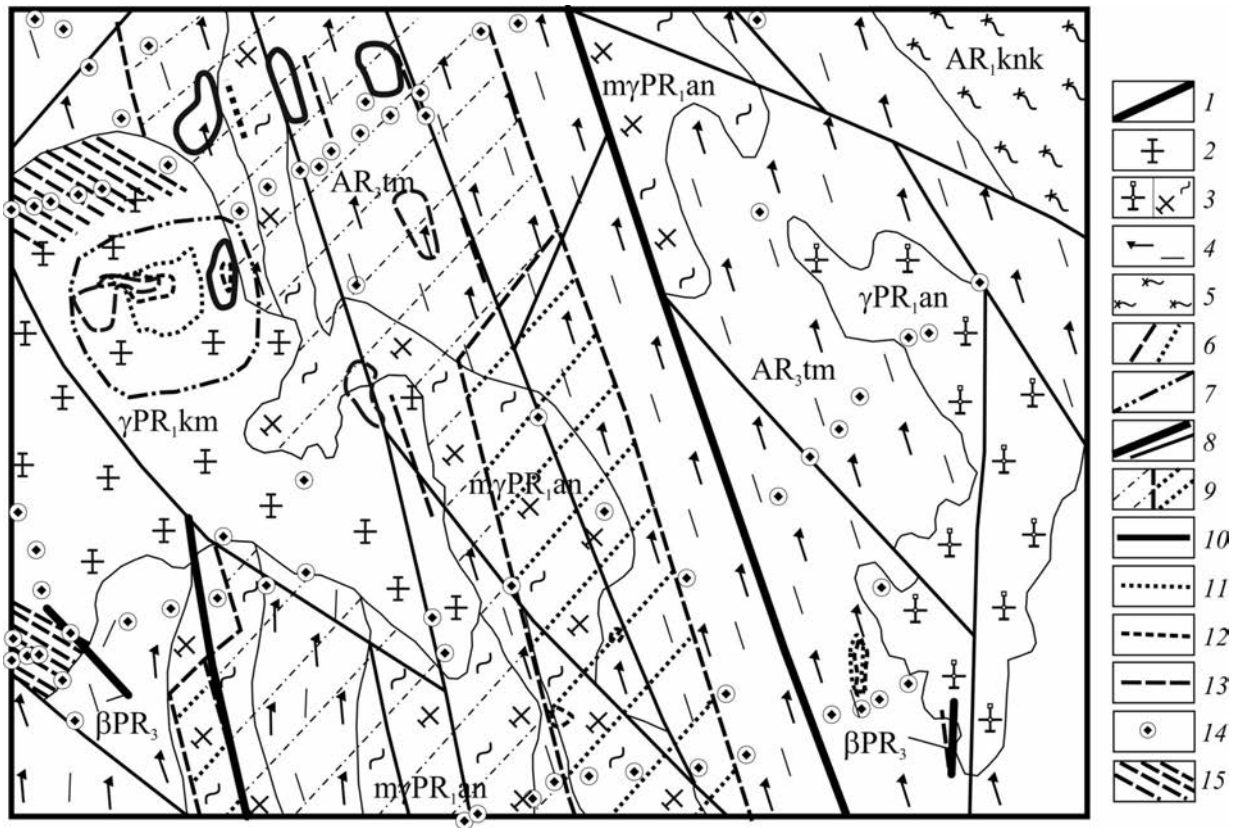

Рис. 3. Схематическая геологическая карта Ново-Янисольского массива (по данным Приазовской КГП): *1* – дайковый комплекс (βPR_3): конга-диабазы, диабазы; *2* – каменномогильский комплекс (γPR_1km): микрограниты и граниты биотит-альбит-микроклиновые, пегматиты редкоземельные; *3* – анадольский комплекс: граниты мусковит-биотитовые, лейкократовые, светло-розовые (γPR_1am); мигматиты биотитовые теневые, полосчатые ($m\gamma PR_1am$); *4* – темрюкская свита (AR_3tm): кварциты полевошпатовые с гранатом; кристаллические сланцы и плагиогнейсы двупироксеновые, гранатовые, графитовые, высокоглиноземистые; мраморы, кальцифиры, кварциты железистые; *5* – кайинкулакская толща (AR_1knk): гнейсы, кристаллосланцы биотитовые, биотит-амфиболовые, биотит-пироксеновые, иногда – двупироксеновые, редко – гранатвмещающие (до 3000 м); *6* – фуксит-кварцевые жилы: вскрытые скважинами, вероятные; *7* – контур расположения ожидаемых рудных тел; *8* – тектонические нарушения: главные и второстепенные; *9* – зоны бластомилонитизации, хлоритизации и милонитизации. *Литогеохимические аномалии: 10* – Ag; *11* – Cu; *12* – Zn; *13* – Cr, *14* – скважины, *15* – альбитизация пород

Ново-Янисольский массив отличается от других массивов комплекса (за исключением Западного блока массива Каменные Могилы) самым слабым развитием процессов метасоматического изменения гранитов. Микроклинизация и альбитизация пород здесь проявлены очень слабо – вблизи северного и южного контактов массива. Также и с минерализацией – в этих породах известны лишь немногочисленные точки бедной Nb-Ta минерализации (рис. 3).

Выводы. В целом, можно говорить о следующих самых главных закономерностях связи оруденения с метасоматически измененными гранитами разных типов в массивах каменномогильского комплекса: 1) для массивов характерно "нестандартное" сочетание редкометалльного оруднения с редкоземельным.

2. Редкометалльное оруднение связано с позднемагматическими (жилы аплитов и пегматитов) и постмагматическими (грейзены, грейзенизированные и фельдшпатизированные породы) процессами. Обилие рудопроявлений и их масштабы прямо сопоставляются с масштабом проявления указанных процессов.

С грейзенизированными породами комплекса связана минерализация Li, Be, Sn, а также Nb и Ta. Последняя особенно характерна для пород, подвергшихся поздней (по мнению З.М. Ляшкевич [3]) альбитизации, проявленной интенсивно, но локально, и сопряженной с грейзенизацией.

Грейзенизация и сопряженная с ней поздняя альбитизация имеют четкую зависимость от глубины эрозионного среза массивов. Они угасают на расстоянии в десятки метров по вертикали (макси-

мум 70–80 м от поверхности, по данным бурения) в Восточном блоке Каменных Могил, а по латерали – на удалении от контактов массивов (Восточный блок Каменных Могил, Екатериновский массив – южная часть, Стародубовский массив).

3. Для иттрий-редкоземельного оруденения характерна тесная пространственная связь с амфиболовыми и амфибол-биотитовыми гранитами и связанными с ними граносиенитами, которые характеризуются повышенным исходным содержанием иттрия и иттриевых (тяжелых) РЗЭ. При этом апограниты, содержащие рудные тела Y-РЗЭ, пространственно тяготеют к полям развития роговообманковых и биотит-роговообманковых гранитов и образовались в результате замещения этих пород.

В то же время, формирование редкоземельного оруденения зависит и от развития постмагматических процессов; при этом масштабы процессов с участием флюидов (калишпатизации, альбитизации), как представляется, коррелируют с тем, насколько широко представлены в каждом массиве биотитовые, биотит-мусковитовые, мусковитовые граниты. Возможно, в такого рода закономерностях сказывается роль эрозионного среза. Можно предполагать различную природу и разные условия протекания этих метасоматических процессов – ранней фельдшпатизации, с одной стороны, и грейзенизации и сопряженной с ней поздней альбитизации, – с другой.

Как представляется авторам настоящей работы, процессы метасоматического преобразования гранитов и рудоотложение — следствие кристаллизации магматического расплава. В глубинных частях магматических камер изначально расплав был обогащен редкоземельными элементами,

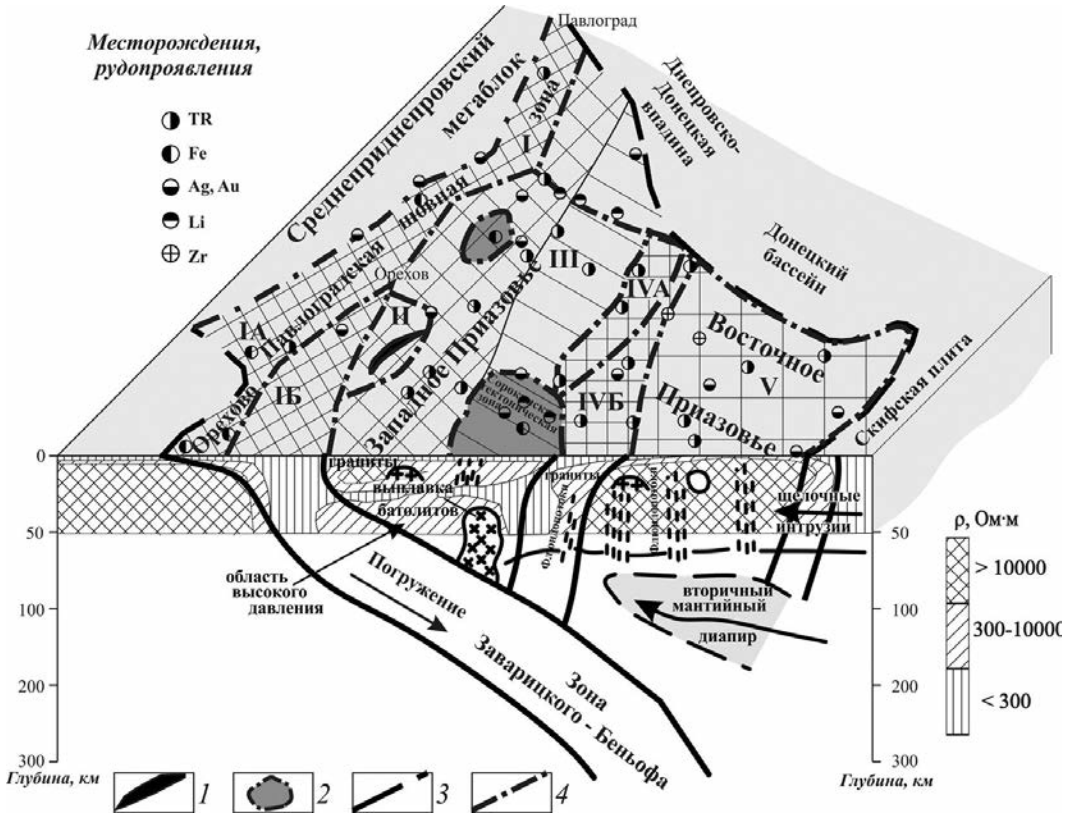

Рис. 4. Геодинамическая модель связи металлогенической зональности с геоэлектрическим строением (по данным МТЗ) Приазовского мегаблока УЩ. *Типы железисто-кремнистых формаций*: *1* – карбонатитовый, *2* – железорудные формации в зеленокаменных поясах; *3* – контур Приазовского мегаблока; *4* – границы металлогенических зон. *Металлогенические зоны*: I – ОПШЗ – зона распространения месторождений железисто-кремнистой формации; IA – западная часть ОПШЗ; IБ – юго-восточная часть ОПШЗ – Западно-Приазовский железорудный район; II – зона апатит-редкоземельных проявлений, связанных с карбонатитовым магматизмом; III – Западное Приазовье – зона распыленных проявлений меди, молибдена и РЗЭ, связанных с обиточненским и салтычанским комплексами; IV – зона редкометалльно-редкоземельных рудопроявлений, связанных с каменномогильским комплексом; IVA – зона редкоземельных пегматитов; IVБ – зона редкометалльно-редкоземельных рудопроявлений; V – зона редкоземельных месторождений и рудопроявлений, связанных с сиенитами субщелочного южнокальчикского и щелочного октябрьского комплексов

которые, в процессе его кристаллизации образовывали собственные акцессорные минералы в более щелочной среде и, соответственно сопровождались процессами щелочного автометасоматоза. В приповерхностных частях магматических камер накопление редких и летучих элементов приводило к раскислению расплава, понижению температуры его кристаллизации, формированию автометасоматически измененных пород (грейзенов) и отложению редких акцессорных минералов.

Связь редкометалльно-редкоземельного оруденения со щелочным магматизмом Приазовья и с анортозит-рапакивигранитной формацией Украинского щита. Схема металлогенической зональности Восточного Приазовья, согласно [9], представлена на рис. 4.

Для понимания связи редкометалльно-редкоземельного и редкоземельного оруденения каменномогильских гранитов с остальным субщелочным магматизмом Восточного Приазовья интерес представляют четвертая и пятая зоны металлогенической зональности.

Четвертая зона металлогенической зональности зона IV названа зоной проявления редкометалльно-редкоземельной минерализации, связанной с гранитами каменномогильского комплекса. Она подразделена на две подзоны – IV А и IV Б. К подзоне IV А отнесен ареал распространения редкометалльно-редкоземельных пегматитов в пределах Темрюк-Каратюкского рудного поля и Екатериновской зоны разломов. К подзоне IV Б отнесены редкометалльно-редкоземельные рудопроявления — Каменномогильское, Екатериновское и Стародубовское — одноименных массивов протерозойского каменномогильского комплекса редкометалльных гранитов литий-фтористого типа.

Пятая зона металлогенической зональности зона V названа зоной редкоземельных месторождений и рудопроявлений, связанных с сиенитами субщелочных южнокальчикского и хлебодаровского комплексов и щелочного октябрьского комплекса. Она охватывает территорию всего Восточного Приазовья.

Согласно [9], редкометалльные каменномогильские граниты тождественны по петрохимическим и геохимическим параметрам русскополянским гранитам Корсунь-Новомиргородского анортозит-рапакивигранитного плутона, с лезниковскими и пержанскими редкометалльными гранитами Коростенского плутона рапакиви гранитов. Связь редкометалльного и редкоземельного оруденения с каменномогильскими гранитами рассмотрена в [9]. С пержанскими редкометалльными гранитами Коростенского плутона рапакиви гранитов связано известное редкометалльное бериллиевое месторождение [5].

В [4] с генетических позиций рассмотрены Азовская сиенитовая интрузия южнокальчикского субщелочного комплекса и Азовское редкоземельное месторождение. Показано их подобие с Ястребецкой сиенитовой интрузией и одноименным циркониевым месторождением Коростенского плутона рапакиви гранитов и рядом похожих редкоземельных рудопроявлений Корсунь-Новомиргородского анортозит-рапакивигранитного плутона.

На основании всего вышеизложенного можно достаточно уверенно утверждать, что магмы, сформировавшие щелочные-субщелочные интрузии Восточного Приазовья и плутоны гранитов рапакиви Украинского щита образовались в сходных геотектонических условиях, скорее всего, в рифтовых зонах. Их редкоземельная специализация несомненна. Судя по незначительным масштабам проявления редкометалльных гранитов по отношению к материнским плутонам, редкометалльная специфика магматических расплавов стала возможна лишь на конечных этапах их дифференциации.

Причинами образования рифтовых зон может быть как приуроченность их к восходящим струям конвективных течений в мантии, так и возбуждение мантии в процессе поддвига одной плиты под другую.

Авторы статьи выражают признательность начальнику Приазовской комплексной геологоразведочной партии КП "Південукргеологія" Стрекозову Сергею Никитовичу за предоставленную возможность изучения материалов организации по поиску и разведке рудопроявлений, связанных с гранитами каменномогильского комплекса.

1. *Айнберг Л.Ф.* Приазовский щелочной массив // Тр. Всесоюз. геол.-разв. объединения.– Л.-М.– 1933. – Вып. 196. – С. 3-19.
2. *Кривдик С.Г., Седова Е.В.* Тавловское (Анадольское) редкоземельное рудопроявление Восточного Приазовья // Науч. труды Донецкого нац. техн. университета. Сер. горно-геологическая. – 2008. – Вып. 7 (135). – С. 151–154.

3. *Ляшкевич З.М., Зациха Б.В.* Метасоматиты Восточного Приазовья. – К.: Наук. думка, 1971. – 204 с.
4. *Мельников В.С.* Генетична модель Азовського родовища // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2005. – № 1. – С. 92–100.
5. *Металиди С.В., Нечаев С.В.* Сущано-Пержанская зона (геология, минералогия, рудоносность).– К.: Наук. думка, 1983. – 135 с.
6. *Шеремет Е.М., Панов Б.С., Полуновский Р.М. и др.* Редкометальные кислые породы, связанные с гранитами каменномогильского комплекса (Приазовье) // Изв. ВУЗов. Сер. Геология и разведка. – 1991. – № 5. – С. 73–79.
7. *Шеремет Е.М. Стрекозов С.Н., Кривдик С.Г. и др.* Прогнозирование рудопроявлений редких элементов Украинского щита / под ред. С. Г. Кривдика. – Донецк: Вебер (Донецкое отделение), 2007. – 220 с.
8. *Шеремет Е.М., Кривдик С.Г., Пигулевский П.И. и др.* Субщелочной докембрийский магматизм и тектоно-геофизические особенности Восточного Приазовья Украинского щита / под ред. А. В. Анциферова. – Донецк: Ноулидж (Донецкое отделение), 2010. – 289 с.
9. *Шеремет Е.М., Кулик С.Н., Кривдик С.Г. и др.* Геолого-геофизические критерии рудоносности и металлогения областей субдукции Украинского щита / под ред. А. В. Анциферова. – Донецк: Ноулидж (Донецкое отделение), 2011. – 285 с.

Сєдова Є.В., Шеремет Є.М. Метасоматично змінені гранити кам'яномогильського комплексу Приазов'я та зв'язок з ними рідкіснометалевого і рідкісноземельного зруденіння. У роботі розглядається зв'язок рідкіснометалево-рідкісноземельного зруденіння з метасоматично зміненими гранітами Кам'яномогильського, Єкатеринівського, Стародубівського та Ново-Янісольського масивів кам'яномогильського комплексу. Кислотний метасоматоз у цих масивах є віддзеркаленням процесів, що приводять до формування переважно рідкіснометалевого зруденіння грейзенового типу. Процеси лужного метасоматозу в більш глибинних частинах гранітних масивів комплексу пов'язані з формуванням в основному рідкісноземельного зруденіння. Утворення рідкісноземельних мінералів бритоліту й ортиту відбувалось у лужному середовищі.

Sedova E.V., Sheremet Ye.M. Metasomatically altered granites of the kamennomogilsky complex of the Priazovie and association with them of the Rare-metal – rare earth mineralization. Relationship of rare-metal – rare earth mineralization with metasomatically altered granites of the Kamennomogilsky, Ekaterinovksky, Starodubovsky and Novo-Yanisolsky massifs of the Kamennomogilsky complex is considered in this article. Acid metasomatosis in these massifs is a reflection of the processes that resulted in formation of predominantly rare-metal mineralization of greisen-type. Alkali-type metasomatism-related processes in the deepest parts of granite massifs of the complex are associated with the formation of mainly rare-metal mineralization. Formation of rare-earth minerals of britholite and orthite was taking place in alkaline condition.

Поступила 28.02.2012.