

РУДОУТВОРЕНИЯ ORE FORMATION

УДК 553.493 (477.62)

Е.М. Шеремет¹, С.Г. Кривдик¹, С.Н. Стрекозов²

¹ Институт геохимии, минералогии и рудообразования
им. Н.П. Семененко НАН Украины
03142, г. Киев, Украина, пр-т Акад. Палладина, 34
E-mail: EvgSheremet@yandex.ru

² Приазовская КГРЭ, КП "Південукргеологія"
85700, г. Волноваха, Донецкая обл., Украина, ул. Центральная, 20
E-mail: ssss21161@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ "АНАДОЛЬСКОГО ТИПА" В ПРИАЗОВЬЕ (УКРАИНА)

Анадольское месторождение описано как новый тип редкоземельных месторождений Приазовья на основе ряда характеристических признаков (главные и второстепенные рудные минералы, акцессорные минералы, минералы окolorудных метасоматических изменений, геохимические особенности) и сопоставлено с известными редкоземельными месторождениями Приазовья — Азовским, Мазуровским, Петрово-Гнутовским, Новополтавским (Черниговским) и проявлениями — Пищевикским, Павлопольским, Дружба, Чермалыкским и др. В результате сделан вывод о его подобии с Петрово-Гнутовским месторождением, и обоих — с карбонатитовым Новополтавским (Черниговским) массивом. Сопоставление Анадольского редкоземельного месторождения с известными редкоземельными зарубежными месторождениями, такими как: Халдзан-Бурэгтэг в Монголии, Баян-Обо в Китае, карбонатитовыми месторождениями Северной Америки, показали их сходство по выбранным главным характеристическим признакам с месторождениями Маунтин-Пасс и частично Хойдас Лэйк (Северная Америка). Отличия заключались в минералах-носителях редкоземельного оруденения. Частичное подобие по главному минералу-носителю (оргиту) оруденения и промышленным запасам редкоземельного оруденения наблюдается в жильном месторождении Хойдас Лэйк провинции Саскачеван в Канаде. Наиболее перспективный район обнаружения редкоземельных месторождений и рудопроявлений в Восточном Приазовье, на наш взгляд, — Красновское рудное поле с рудопроявлениями Павлопольское, Пищевикское, Дружба, Чермалыкское и многочисленными точечными редкоземельными рудопроявлениями карбонатитового типа, которое имеет относительное сходство с рудным полем месторождения Маунтин-Пасс, но не вскрыто на глубину. В пользу его перспективности свидетельствуют данные геоэлектрического моделирования и полевых геоэлектрических исследований, по которым к нему приурочена глубинная аномалия электропроводности.

Ключевые слова: Приазовье, сопоставление редкоземельных месторождений, перспективы выявления.

Введение. Анадольское редкоземельное месторождение в Приазовье — новый тип редкоземельного оруденения, главным минералом-носителем которого служит ортит (алланит). "Анадольский тип" редкоземельных месторождений был описан в статье Е.М. Шеремет и др. [30]. Необходимость сопоставления этого месторождения с другими редкоземельными месторождениями состоит в установлении типа его формационной принадлежности и обнаружении подобных месторождений или проявлений редкоземельной минерализации в Приазовье. Перспективы нахождения в пределах Приазовья новых месторождений рассматривались также и на основе сопоставления с известными редкоземельными месторождениями зарубежья — основными поставщиками редкоземельного сырья.

Объект и методы исследований. Объектом исследования были редкоземельные месторождения Приазовья и зарубежья (Монголия, Китай, Северная Америка). При изучении опубликованных материалов выделены характеристические признаки редкоземельных

месторождений для сопоставления Анадольского редкоземельного месторождения с аналогичными месторождениями Приазовья и зарубежья. Определены перспективы выявления новых площадей редкоземельных месторождений "анадольского типа" на основе подобия с известными месторождениями зарубежья и результатов изучения данных геоэлектрического моделирования и полевых геоэлектрических исследований региона.

Цель исследований — определение перспектив выявления редкоземельных месторождений "анадольского типа" в Приазовье на основе сопоставления их с известными редкоземельными месторождениями.

Результаты исследований и их обсуждение. *Сопоставление с редкометалльно-редкоземельными месторождениями и рудопроявлениями Приазовья.* Характерные черты известных месторождений и рудопоявлений Приазовья. Сравнение Анадольского месторождения, на наш взгляд, следует провести по таким признакам, как: главные и второстепенные рудные минералы, акцессорные минералы, минералы околорудных метасоматических изменений, геохимические особенности (особенности химизма рудных минералов, спектры распределения редкоземельных элементов (*REE*), нормированных по хондриту и содержанию TR_{Ce} , Nb и Sr и Ba).

Анадольское месторождение. Главные и второстепенные рудные минералы. Преобладает ортит, нарастающий на кристаллы бритолита с признаками резорбции [5]. К продуктам дейтерического преобразования бритолита следует отнести карбонаты (бастнезит, паризит, сидерит, кальцит), фосфаты (вторичный апатит, чералит), фториды (флюорит, флюоцерит), оксиды (церианит, торианит, кварц, оксиды и гидроксиды железа). Главные кристаллические продукты преобразования — бастнезит и монацит (возможно, чералит) [28, 29]. Полное отсутствие или очень низкое содержание Th, U, Zr, Hf, Ta, Nb, Y, *REE* [3] — характерная черта состава рассматриваемых руд. Также присутствуют Fe, Mn, Sr, Pb, Zn. Выделены такие природные разновидности руд: собственно ортитовые, иногда с кварцем (преобладают), флюорит-ортитовые, часто с апатитом.

Акцессорные минералы. К более редким относятся церит, фторкарбонаты, которые представлены бастнезитом, сульфиды (серебросодержащий галенит, халькопирит, пирит и др.) [22]. В изученных видах метасоматитов установлены оксиды, представленные магнетитом (мартитом), гематитом и марганецсодержащим ильменитом до нескольких процентов [22].

Минералы метасоматитов. Вмещающие гранитоиды преобразованы в альбит-(олигоклаз)-микроклиновые или существенно альбитовые метасоматиты с эпидотом, амфиболом (типа актинолита или роговой обманки) и ортитом (алланитом). Содержание последнего в таких метасоматитах достигает первых процентов. На некоторых участках наблюдаются щелочные метасоматиты или начальные признаки преобразования пород типа фенитизации [30].

Распространены второстепенные минералы — апатит, флюорит, эпидот, кварц и щелочные амфиболы. В измененных разновидностях метасоматитов установлены церуссит и некоторые другие вторичные минералы. Рудные минералы метасоматитов — ортит, церит, бастнезит, апатит, ильменит, галенит [30].

Геохимические особенности. В ортите из Анадольского месторождения содержание легких лантаноидов (La-Nd) составляет 96 %, иттрия только 0,4 % [22]. Если сопоставить валовой химический состав ортитов из месторождений Украинского щита (УЩ) [22], то ортит из Анадольского месторождения наиболее похож на одноименный минерал из твейтозит-пироксенитов Черниговского массива [15], прежде всего — повышенным содержанием MnO, а в двух анализах — также и MgO. Рассматриваемые метасоматиты с ортитом, согласно [30], содержат много ниобия (анализы 1, 2, 4—6, 9) — 60—80 г/т, а в ан. 9 — 300 г/т; свинца — от 300—450 г/т (ан. 3, 4, 8, 11, 14, 15) до 1000—5000 г/т и в ан. 6 более 10 000 г/т. Высокое содержание свинца сопровождается повышенным содержанием цинка, что, скорее всего, объясняется наличием в рассматриваемых метасоматитах сульфидов типа галенита и сфалерита. Редкоземельные элементы представлены повышенными содержаниями лантана в большинстве анализов >10000 г/т, Се — >10000 г/т, Y — 300—800 г/т. Наблюдается повышенная концентрация фосфора (800—1000 г/т), что может свидетельствовать о наличии апатита. Для всех рассматриваемых пород характерны высокие содержания бария от 1000—1500 до 2000—8000 г/т и более 10000 г/т и, по данным [22], стронция — 9600 и 12800 г/т.

Хондритнормированные спектры распределения *REE*, опубликованные В.М. Бельским [4], приведены на рис. 1. В ортите первой генерации наблюдается еле заметный европиевый минимум. Как видно из рис. 1, ортит из Анадольского месторождения отличается по составу *REE* и европиевой аномалией от ортита из салтычанских гранитов Приазовья (наиболее богатых ортитом гранитов в этом регионе) [4]. В ортите из гранитов, как и следовало ожидать, значительно больше тяжелых *REE* и отчетливо проявлена отрицательная Eu-аномалия. Отметим, что, судя по фрагментарным данным о составе *REE* в ортитах из редкоземельных месторождений УЩ, этот минерал оказался селективно цериевым даже в тех случаях, когда ассоциирующий с ним бритоцит существенно обогащен иттрием и тяжелыми лантаноидами. Как известно, в природе изредка встречается также иттроортит [27]. По данным [16, 22, 29], в бритоците и ассоциирующем с ним церите *REE* представлены более чем на 95 % легкими лантаноидами цериевой подгруппы, а содержание Y_2O_3 превышает 0,2—0,6 %. Такой же спектр *REE* и низкое содержание иттрия определены в бритоцитовых участках редкоземельного апатита из рингитов Черниговского массива [13, 15].

Азовское месторождение [31]. Главные и второстепенные рудные минералы.

Главными рудными минералами являются циркон, бритолит, ортит (алланит). Бритолит — основной минерал руд, но есть бритолит-циркониевые и почти чисто циркониевые руды. Ортит (алланит) — второй по распространенности редкоземельный минерал Азовского месторождения. Иногда он составляет третью часть всех редкоземельных минералов. Циркон — один из главных рудообразующих минералов месторождения, ассоциацию циркон + флюорит нередко дополняет бритолит или апатит. Значительная концентрация циркона не всегда сопровождается большим количеством бритолита, т. е. циркониевое и редкоземельное оруденения в целом пространственно разобщены.

Второстепенные минералы — бастнезит, синхизит, паризит. Бастнезит — главная вторичная фаза псевдоморфного бритолита. Паризит образует субмикроскопические сростки с бритолитом, синхизитом и рабдофанитом ($\text{CePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Синхизит в ассоциации с бастнезитом образует включения в цирконе и флюорите.

Акцессорные минералы: магнетит, ильменит, гематит, ураноторит, бетафит, гетит, бадделеит, пирит, пирротин, халькопирит, марказит, молибденит, сфалерит и флюорит.

Минералы метасоматитов. Вследствие автometасоматических процессов ортит-бритолит-циркониевые руды были преобразованы в бастнезит-циркониевые. К продуктам дейтерического преобразования бритолита следует отнести карбонаты (бастнезит, паризит, сидерит, кальцит), фосфаты (вторичный апатит, чералит), фториды (флюорит, флюоцерит), оксиды (церианит, торианит, кварц, оксиды и гидроксиды железа). Главные кристаллические продукты преобразования — бастнезит и монацит (возможно, чералит).

Геохимические особенности. Неизменный бритолит из Азовского месторождения содержит 2,5—11 % Y_2O_3 , а в желтом бритолите-II и псевдоморфозах по нему содержание Y_2O_3 достигает 22,3 % [31]. В бритолитах Азовского месторождения Sr не определяли, но в бритолитсодержащих породах этих объектов содержание Sr довольно или крайне низкое [8]. Можно ожидать такое же низкое содержание Sr в минералах из бритолитсодержащих пород (во всяком случае, в апатите, изоструктурном с бритолитом минерале — его редкоземельно-силикатном аналоге) [9].

По данным Е.М. Шеремета и др. [31], среднее содержание $\Sigma\text{TR}_2\text{O}_3$ по четырем технологическим пробам, характеризующим месторождение в целом, составляет 1,48 %, в том числе Y_2O_3 — 0,07 %. Среднее содержание ZrO_2 — 2,33 %. По данным А.В. Дубины [11], содержание в двух рудных пробах, соответственно, La — 1129 г/т, Ce — 2250 и 1130 г/т при Y — 623,7 и 625,0 г/т. Содержания Ba составляет, соответственно, 52 и 28 г/т, при содержании Sr — 13,8 и 13,6 г/т, содержание ниобия составляет 42 и 35 г/т.

Хондритнормированные спектры распределения *REE*. По данным [8, 24], в таких спектрах *REE* из сиенитов и гранитов Азовского месторождения существует глубокий европейский

минимум (рис. 2). По данным А.А. Кульчицкой [31], в одних анализах (см. табл. 3.1, ан. 3—8 — в [31]), фиксируется четкий европиевый минимум, в других (ан. 16, 17, в [31]) отсутствует. Среднее значение европиевой аномалии (Eu/Eu^*) колеблется от 0,02 до 1,50.

Новополтавское (Черниговское) месторождение карбонатитов. Главные и второстепенные рудные минералы карбонатитов: для ниобия — минералы группы пирохлор-гатчеттолита, цериевый фергусонит и колумбит; для редкоземельных — монацит и апатит, отчасти ортит [6, 7, 12, 21]. Ортит в Черниговском массиве наблюдается в меланократовых существенно пироксеновых (твейтозит-пироксениты) и пироксен-карбонатных породах (рингиты), а также в карбонатитах (севиты). В твейтозит-пироксенитах содержание ортита может достигать 29—25 % (5,5 % TR_2O_3 на породу) [15], а сам минерал по оптическим свойствам (цвет и характер плеохроизма в шлифах) и химическому составу идентичен или подобен ортиту из Анадольского месторождения. Ортит также образовывался при замещении экссолюционных выделений бритолита в редкоземельном апатите. В рингитах ортит выделяется как в виде каемок на границе кальцита со щелочным полевым шпатом, так и самостоятельных более крупных зерен неправильной формы. Кроме этого, ортит диагностируется среди многочисленных мельчайших включений в редкоземельном апатите из рингитов [10]. В ассоциации с ортитом в рингитах встречается сфен [12, 15].

Черниговское месторождение — единственное в мире месторождение, где цериевый фергусонит имеет практическое значение наряду с другими ниобатами (пирохлор-гатчеттолитом и колумбитом). Ниобаты Черниговского месторождения принадлежат к существенно ниобиевым разновидностям. Помимо обычного пирохлора, ниобаты в ряде случаев имеют довольно высокое содержание тантала (до 16 % Ta_2O_5), урана (до 27 % UO_2) и титана (до 13 % TiO_2) [15, 26].

Акцессорные минералы здесь: эшенит, ферсмит, анкимит, карбоцернаит. Из других акцессорных минералов, имеющих практическое значение (как попутные компоненты), заслуживают внимания бадделейт, циркон, молибденит, отчасти ниобийсодержащий ильменит [12, 15].

Минералы метасоматитов — повсеместно наблюдается интенсивная фенитизация вмещающих гранитоидов. В фенитах не обнаружены собственно щелочные амфиболы, а наиболее щелочные их разновидности принадлежат к рихтеритам [12, 15].

Геохимические особенности. Карбонатиты значительно обогащены редкоземельными элементами (в среднем 0,15 %, в отдельных случаях до 2—3 %) и умеренно — ниобием при довольно низком содержании циркония [6, 7, 12, 15, 21, 26].

Хондритнормированные спектры распределения *REE*. Согласно [11], кривые из карбонатитов Черниговского месторождения не имеют явно выраженного европиевого

минимума и полностью отвечают кривым из других карбонатитовых месторождений.

Петрово-Гнutowское редкоземельное месторождение [17, 18, 23]. Главные и второстепенные рудные минералы. Основные редкоземельные минералы — "паризит" и флюоцерит. Флюоцерит сохранился только в виде реликтов (скелетных форм). До настоящего времени считалось, что главный редкоземельный минерал этого месторождения — паризит, хотя отмечались его сростки с бастнезитом. Недавно выполненные В.В. Шарыгиным (Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск) микронзондовые исследования показали, что редкоземельные фторкарбонаты представлены тремя минералами — бастнезитом, паризитом и синхизитом, которые образуют субграфические сростания, химический состав их приведен в [16].

Второстепенные — галенит, сфалерит, аргентит, пирит, гематит, халькопирит. Акцессорные — аргентит, пирит, гематит, халькопирит; вторичные — ковеллин, малахит и лимонит.

Минералы метасоматитов. Фениты представлены альбит-калишпатовыми породами с развитием позднего опалоподобного кварца, а в прожилках — эгирина и халцедона. В висячем боку вмещающие граносиениты преобразованы в апатит-сфен-альбит-эгириновые фениты с акцессорными ильменитом, чевкинитом, цирконом, гематитом и магнетитом. Фениты пересекаются многочисленными прожилками ниобийсодержащего сфена, флюорита и карбонатов. Характерные примеси в сфене, %: Na_2O — 0,26, Nb_2O_5 — 0,35, SrO — 0,02, TR_2O_3 — 1,28 цериевой группы, которые присущи сфенам щелочных пород.

Геохимические особенности. Химический состав фторкарбонатов, таких как "паризит" из Петрово-Гнutowского месторождения, неоднократно приводился в литературе, начиная с работ В.И. Кузьменко (1940, 1946) [17, 18] и более поздних [23], В.И. Куца [19] и других исследователей. Полученные ими результаты обобщены в монографии "Минералогия Приазовья" [20]. В упоминаемой выше статье [16], а также [8], впервые приведены результаты микронзондового анализа отдельных фаз — бастнезита, паризита и синхизита — из Петрово-Гнutowского месторождения, а также этих минералов и кордилита из других проявлений Приазовья.

Содержания элементов. Редкоземельные элементы во всех этих минералах из разных проявлений щелочных метасоматитов Приазовья и в Анадольском месторождении, принадлежат на 90—95 % к легким лантаноидам (Ce, La, Nd). Только в паризите, синхизите Петрово-Гнutowского месторождения и бастнезите из Дмитровки содержание Y_2O_3 составляет 0,8 и 2,1—2,4 % соответственно.

Проявления редкоземельной минерализации в местах распространения щелочных метасоматитов (данные Приазовской КГРЭ).

Проявления Пищевикское (№ 1), Павлопольское (№ 2), Дружба (№ 3), Чермалыкское (№ 4) (рис. 3).

Главные и второстепенные рудные минералы. В проявлениях Пищевикском, Павлопольском и Дружба встречены жилы с точечной и гнездовой вкрапленностью флюорита и паризита. В Чермалыкском развита паризит-флюорит-халцедоновая жила с ильменитом, пиритом, халькопиритом и малахитом.

Минералы метасоматитов. Продукты щелочного метасоматоза представлены кварцевыми сиенитами, содержащими просечки и гнездовую вкрапленность эгирина и крокидолита (от 2 до 10 %), альбита в количестве до 20 % и калишпата.

Красновский рудоносный район. Главные и второстепенные рудные минералы. Карбонатные жилы с бастнезитом обнаружены в Южнокрасновской синклиналииной зоне среди пород темрюкской свиты и мигматитов приазовского комплекса.

На Диановском рудопроявлении (№ 5) (рис. 3) карбонатная жила с редкоземельной минерализацией приурочена к висячему боку северо-западной краевой зоны милонитизации и брекчирования. Минеральный состав карбонатной породы, %: карбонат (кальцит ?) — 80, бастнезит — 3—10, реликты пироксена — 5, реликты полевого шпата — до 1, кварц, арфведсонит, флюорит, апатит, ильменит, пирит, циркон, сфалерит и галенит. Бастнезит присутствует в виде вкрапленников, скоплений зерен размером от первых миллиметров до 2 см и линзовидных выделений.

Минералы метасоматитов. Линейные зоны проявления щелочного метасоматоза (крокидолит-арфведсонит-, крокидолит-микроклин-, хлорит-альбитового, реже флюорит-халцедонового состава, иногда с карбонатами) в пределах Красновского поля широко распространены. Они сопровождают разрывные нарушения, представленные милонитизацией, брекчированием и дроблением. Минеральный состав, %: щелочные амфиболы (крокидолит, арфведсонит) — 2—4, эгирин — 0—20, альбит — 5—40, микроклин — 0—30; второстепенные и акцессорные минералы (хлорит — 0—20, эпидот — 0—10, карбонат — 0—30, пирит, флюорит, апатит, циркон, монацит, ильменит, магнетит, молибденит [25], редко паризит или бастнезит). Содержание ΣTR_2O_3 достигает 0,1—0,36 % (только в одном сечении (проявление № 71) повышается до 0,79 %). Редкоземельные представлены элементами цериевой группы.

Карбонатные жилы Красновского поля аналогичны описанным выше рудным телам Кальмиусской зоны (Пищевикское, Павлопольское, Дружба, Чермалыкское).

Другие проявления щелочных метасоматитов. В работах [14, 16] дано описание щелочных метасоматитов Приазовья. Обычно это маломощные прожилки, реже их мощность достигает первых или нескольких метров.

В [14], в таблице химического состава, приведены анализы метасоматитов с перечнем

минералогических разновидностей.

Итоги сопоставления (черты сходства и различия). Сопоставление Анадольского редкоземельного месторождения с Азовским месторождением свидетельствует о ряде схожих черт. В Азовском месторождении рудный минерал — бритолит, но ортит тоже присутствует. Ортит (алланит) служит важным компонентом первичной гетерогенной структуры бритолита. Часто во внешней зоне кристаллов бритолита наблюдаются включения мелких, закономерно ориентированных выделений ортита, что может свидетельствовать об одновременном образовании этих минералов на определенном этапе магматической кристаллизации. В Анадольском месторождении рудным минералом оказывается ортит, который участками полностью замещает бритолит.

Существующие различия таковы: а) отсутствие зон щелочного метасоматоза (фенитизация) в экзоконтактах рудных сиенитов в Азовском редкоземельном месторождении; б) отсутствие циркониевого оруденения (в Анадольском месторождении ?); в) геохимические отличия: хондритнормированные спектры распределения *REE* в Анадольском месторождении не имеют ярко выраженного европиевого минимума, как это наблюдается в рудах Азовского месторождения (рис. 1, 2). Анадольские ортитовые руды имеют на порядок более высокое содержание бария и стронция, более высокое содержание ниобия, высокие содержания свинца, почти полное отсутствие циркония, в то время как в азовских рудах содержание циркония составляет несколько процентов. Состав *REE* в сравниваемых месторождениях подобен — преобладают лантан и церий, однако в Азовском месторождении значительно большая часть тяжелых лантаноидов в составе *REE* и иттрия.

Сопоставление Анадольского редкоземельного месторождения с Новополтавским (Черниговским) карбонатитовым месторождением. Общие черты: а) ортит, как и в Анадольском месторождении, есть в карбонатитах Черниговского массива — в меланократовых пироксен-карбонатных (ринггитах) и существенно пироксеновых и апатит-пироксеновых породах (твейтозит-пироксенитах). Как и в Анадольском месторождении, ортит мог образовываться при замещении экссолюционных выделений бритолита в редкоземельном апатите; рингитов и твейтозит-пироксенитов; б) общим оказалось наличие зон фенитизации в экзоконтактовых кварцсодержащих породах; в) хондритнормированные спектры распределения *REE* в Анадольском месторождении, также как и в карбонатитах Новополтавского, не имеют ярко выраженного европиевого минимума. Существуют примерно одинаковые содержания *REE* при преобладании лантана и церия в составе *REE*, подобие по высокому содержанию стронция, бария и ниобия.

Различия: в Анадольском месторождении есть флюорит и редкоземельные фтор-карбонаты (бастнезит), которых нет в Черниговском карбонатитовом месторождении.

Содержание свинца на несколько порядков выше в ортититах Анадольского месторождения.

Сопоставление Анадольского редкоземельного месторождения с Петрово-Гнутовским "паризитовым" (бастнезит, паризит, синхизит) месторождением и проявлениями в местах распространения щелочных метасоматитов (Пищевикским, Дружба, Чермалыкским, Диановским).

Общие черты — проявления фенитизации в околорудных породах и жильная форма оруденения. Главными рудными минералами сопоставляемых проявлений служат паризит, бастнезит, флюорит, второстепенными — ильменит, пирит, циркон, сфалерит и галенит. По простиранию зоны фенитизированных пород с центральной дайкой карбонатов, согласно [23], наблюдались обнажения калишпат-ильменитовых пород с кристаллами ильменита весом до 10 кг и содержанием, %: TiO_2 — 51,3, MnO — 6,06 и MgO — 1,99.

В рудах Петрово-Гнутовского месторождения, как и в Анадольском и карбонатитовом Новополтавском месторождениях, преобладают *REE* цериевой группы, отношение их к элементам иттриевой группы около 100 : 1. Встречены галенит-сфалеритовые прожилки. В породообразующих карбонатах определено, согласно [23], высокое содержание стронция (1900—5100 г/т). Отношение Mn/Sr составляет 0,92—12,80 [23], что характерно и для Анадольского месторождения [22].

Отличие Анадольского месторождения — это отсутствие или весьма ограниченное развитие (?) карбонатных прожилков. На основании отмеченных выше совокупностей характеристических признаков известных редкоземельных месторождений Приазовья можно с достаточно высокой степенью уверенности утверждать, что Анадольское месторождение, как об этом писал еще в 1994 г. Е.Я. Марченко [22], имеет карбонатитовую природу.

Сопоставление с редкометалльно-редкоземельными месторождениями и рудопроявлениями мира. Наиболее подобны редкоземельным месторождениям Приазовья, на наш взгляд, редкоземельные месторождения Монголии (эпидот-кварцевые метасоматиты массива Халдзан-Бурэгтэг, карбонатитовое месторождение Баян-Обо в Китае и карбонатитовые месторождения Северной Америки (Маунтин-Пасс и др.).

Характерные черты известных месторождений и рудопроявлений. Сравнение ведется точно по таким же признакам, как и для месторождений Приазовья.

Редкометалльные эпидот-кварцевые метасоматиты массива Халдзан-Бурэгтэг (Монголия) [1]. Главные и второстепенные рудные минералы. Цахиринское месторождение, руды которого имеют существенно эпидот-кварцевый состав и располагаются преимущественно в экзоконтакте массива Халдзан-Бурэгтэг.

Ортитсодержащие редкометалльные (*REE*, Nb) эпидот-кварцевые метасоматиты массива Халдзан-Бурэгтэг (Монголия) генетически связаны со щелочными гранитами и нордмаркитами

[1, 2, 36], и располагаются на значительном расстоянии (около 6 км) от щелочных гранитов и в экзоконтакте с нордмаркитами (щелочными сиенитами) во вмещающих двуполевошпатовых гранитах, т. е. происходит "размежевание" щелочных (с эгирином) пород и ортитсодержащих эпидот-кварцевых метасоматитов.

Эпидот-кварцевые метасоматиты участка Цахирин слагают жиллообразные неправильной формы тела. Эпидот-кварцевые метасоматиты сложены, %: кварц — 50—80, эпидот — 0—5, хлорит — 0—3, циркон — 0,1—15,0, алланит — 0,1—5,0, чевкинит — 0,1—2,0, фергусонит — 0,1—1,0.

Ортит (алланит) образует вкрапленность кристаллов и зерен неправильной формы размером от долей миллиметра до первых сантиметров. Характерно неравномерное распределение минерала в породе. На отдельных участках содержание его достигает нескольких процентов.

Алланиты и чевкиниты селективно обогащены цериевой группой *REE*. При этом они характеризуются большей концентрацией основных лантаноидов относительно состава их в гранитоидах, пегматитах и метасоматитах. На долю первых четырех легких лантаноидов приходится более 90 % от общего содержания *REE*.

Количество фергусонита в метасоматитах составляет 0,5—1,0 %. Редко отмечаются маломощные (5—7 см) зоны фергусонит-циркон-кварцевого состава, содержащие до 20 % циркона и 3—5 % фергусонита. Минерал характеризуется несколько пониженным содержанием ниобия и обогащенностью *REE* цериевой группы.

Акцессорные минералы представлены апатитом и ильменитом. Участками в них отмечены актинолит, диопсид, скаполит.

Минералы околорудных метасоматических изменений: в приконтактовых участках эпидот-кварцевые метасоматиты последовательно сменяются узкими зонами кварц-актинолит-эпидотовых пород и микроклинизированных долеритов.

Геохимические особенности. Анализ распределения *REE* в отдельных минералах позволил установить селективное накопление наиболее легких лантаноидов в алланите, чевкините и обогащение в них же более тяжелыми лантаноидами и иттрием.

Содержание лантана, церия, неодима в эпидот-кварцевых метасоматитах участка Цахирин составляет, г/т: 313—769, 100—870, 100—608 при содержании иттрия 140—620. Содержание европия очень мало и составляет 3,1 и 8,8 г/т. Следовательно, легких лантаноидов существенно меньше, чем в Анадольском месторождении, а доля иттрия значительно выше.

Месторождение Баян-Обо (Китай) [35] расположено на северной окраине Северного Китайского Кратона, который подвергался экстенсивному рифтогенезу в среднем протерозое. Месторождение Баян-Обо разделяется на Главное Восточное и Западное рудные тела,

расположенные вдоль восточно-западной зоны, протяженностью более 18 км. Это стратиформные месторождения, размещенные в среднепротерозойской группе метаосадочных отложений Баян-Обо, в основном в элементе Н8, состоящем из доломитового мрамора.

Главные и второстепенные рудные минералы. Бастнезитовые руды Баян-Обо преимущественно находятся в доломитах в ассоциации с апатитом, флюоритом, баритом, альбитом, эгирином, эгирин-авгитом и измененными флогопитовыми скоплениями (там имеются и силикатные сланцы, по которым образуются метасоматиты с эгирином и щелочным амфиболом, т. е. фениты).

Железо находится в основном в магнетите и гематите. *REE* встречаются главным образом в монаците и бастнезите.

Акцессорные минералы. В литературе сообщалось о находке в рудных телах более 20 *REE* или *REE*-содержащих минералов и 15 ниобиевых минералов.

Минералы околорудных метасоматических изменений. Проявление карбонатитовых даек и связанных с ними фенитовых изменений в рудном районе Баян-Обо указывает на возможную связь между Fe-*REE*-Nb оруденением и магматически-гидротермальной активностью карбонатитовой природы.

Магнетит-гематитовые рудные тела Баян-Обо содержат обильные включения апатита, флюорита, К-полевого шпата и альбита в виде жильных минералов. Однако, в Баян-Обо отсутствуют скаполит и региональные эпидот-хлоритовые изменения.

Геохимические особенности. Руды содержат очень высокое содержание *REE* (6 %) и характеризуются чрезвычайно высоким отношением легких *REE* к тяжелым *REE* (*LREE/HREE*) (рис. 4, а), в сочетании с высокой концентрацией Fe, Mg, F, P, Nb, Ba, Sr и Th.

По спектрам распределения *REE*, нормированных по хондриту, можно говорить об отсутствии европиевого минимума.

Месторождение Маунтин-Пасс (Северная Америка) [34]. На месторождении Маунтин-Пасс добывались исключительно *REE*, начиная с 1954 г. компанией Моликорп (*Molycorp*) (первоначально Молибденовая Корпорация Америки). В 1987 г. доказанные и вероятные запасы были рассчитаны в количестве 29 млн т со средним содержанием 8,9 % оксида редкоземельных (REO), основанных на бортовом 5 % содержании. Текущие запасы составляют более 20 млн т руды.

Месторождение ассоциируется с ультракалиевыми щелочными породами аналогичного возраста, размера и ориентации, а также с обилием карбонатитовых и щелочных даек. Вмещающие породы — гнейсы, гранитогнейсы, сланцы, мигматиты, прорванные вытянутыми в СЗ направлении восьмилиновидными телами и 200 дайками шонкинитов и карбонатитов (1,4 млрд лет), образующими две параллельные полосы длиной до 2000 м, падающими на юго-запад

(50°). Месторождение имеет текстурные и структурные характеристики, свидетельствующие в пользу изверженного происхождения карбонатитов.

Главные и второстепенные рудные минералы. Руда обычно содержит 10—15 % бастнезита, 65 % кальцита и/или доломита и 20—25 % барита.

Акцессорные минералы. Кроме бастнезита еще девять редкоземельных минералов встречаются в рудах. Другие минералы, такие как стронцианит и тальк, присутствуют в значительном количестве в местном масштабе. Галенит встречается локально и в изобилии, но другие сульфидные минералы наблюдаются редко.

Геохимические особенности. Подобно карбонатитовым рудам Баян-Обо, карбонатитовые руды месторождения Маунтин-Пасс имеют экстремальное обогащение легкими *REE* (*LREE*) без каких-либо аномалий европия (рис. 5), и низким отношением $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Месторождения Баян-Обо и Маунтин-Пасс обогащены барием и фтором. Руды Баян-Обо также содержат больше фосфора и ниобия. Месторождение *REE* в Баян-Обо явно отличается от такового Маунтин-Пасс по содержаниям больших количеств железа. В руде Маунтин-Пасс примерно в 10 раз больше бастнезита по отношению к монациту. В месторождении Баян-Обо примерно одинаковое количество бастнезита и монацита, хотя бастнезит-богатые руды добывают избирательно.

REE, нормированные по хондриту, для Баян-Обо указывают на обогащение тяжелыми *REE* (*HREE*) относительно руд Маунтин-Пасс (рис. 5).

Жильные карбонатитовые месторождения Северной Америки [34]. Совсем недавно в Северной Америке открыли жильное месторождение *REE*, расположенное в Хойдас Лэйк (*Hoidas Lake*) на северо-западе провинции Саскачеван. Согласно данным Грит Вестерн Минералс, подсчитанные ресурсы составляют 1,15 Мт ($1,15 \cdot 10^6$ т) при 2,83 % по весу $\text{REO} + \text{Y}_2\text{O}_3$. *REE* находятся в ортите (алланит) и апатитсодержащих жилах, которые могут быть метаморфизованными эквивалентами пироксен-богатых ультрамафических и лампрофировых даек. Особенностью месторождения является наличие среди *REE* больших содержаний неодима и преобладание *HREE* и среди них диспрозия.

REE месторождения в жилах, как правило, малы, по сравнению с коммерческими в коренных отложениях в Баян-Обо и Маунтин-Пасс. Тем не менее, *REE* были получены из двух жильных месторождений в Африке в прошлом, и в последнее время из двух таких месторождений в Китае, которые могут быть на самом деле карбонатитовыми дайками. Несколько жильных месторождений *REE* Северной Америки были исследованы, но не разрабатываются.

Итоги сопоставления (черты сходства и различия). Месторождение Халдзан-Бурэгтэг в Монголии. Сравнение Анадольского месторождения с месторождением Халдзан-Бурэгтэг в Монголии свидетельствует как о ряде общих черт, так и существенных отличий. Жильные тела

участка Цахирин приурочены к экзоконтактам массива редкометалльных щелочных гранитов и нордмаркитов, в то время как в Анадольском месторождении рудное тело представляет собой жилу достаточно мощную и выдержанную по простиранию. В рудах Халдзан-Бурэгтэг присутствует, как и в Анадольском, алланит, но его значительно меньше (до нескольких процентов). В рудах Халдзан-Бурэгтэг есть еще фергуссонит и циркон, которые отсутствуют в Анадольском месторождении, а также повышенное содержание тория и урана, при полном отсутствии их в последнем. Учитывая повышенное содержание ниобия в рудных метасоматитах Анадольского месторождения [30], в них можно ожидать находки ниобатов. Температура образования эпидот-кварцевых пород близка к таковой метасоматитов Анадольского месторождения, но типичная фенитизация отсутствует. Общим для сравниваемых месторождений является цериевый состав *REE* и низкие содержания европия.

Месторождение Баян-Обо в Китае. Анадольское и Петрово-Гнутовское месторождения имеют ряд общих черт с карбонатитовым месторождением Баян-Обо. Это редкоземельная руда, представленная бастнезитом и монацитом, хотя в рудах Анадольского месторождения преобладает ортит, а в Петрово-Гнутовском — "паризит" (бастнезит, паризит и синхизит, образующие субграфические сростания). Общее для сравниваемых месторождений — наличие гидротермальных минералов в виде галенита в Анадольском месторождении и галенита, сфалерита, ильменита в Петрово-Гнутовском. На месторождении Баян-Обо представлены магнетит-гематитовые рудные тела гидротермального генезиса. Руды Баян-Обо содержат высокую концентрацию *REE* и чрезвычайно высокие отношения *LREE/HREE* в сочетании с высокой концентрацией Fe, Mg, F, P, Nb, Ba, Sr. Спектры распределения *REE*, нормированных по хондриту, свидетельствуют об отсутствии европиевого минимума во всех трех сравниваемых месторождениях.

Существенным отличием Анадольского и Петрово-Гнутовского месторождений от месторождения Баян-Обо является форма залегания рудных тел. На первых двух месторождениях она жильная и рудные тела приурочены к зонам разломов. На месторождении Баян-Обо — это стратиформные месторождения, размещенные в среднепротерозойской группе метаосадочных отложений Баян-Обо, в основном, в элементе N8, состоящем из доломитового мрамора в эллипсоидальных линзах и гнездах.

Вопрос о генезисе этого месторождения долго дискутировался в литературе. Однако недавно здесь были обнаружены дайки типичных карбонатитов (с апатитом и пирохлором), а среди окружающих доломитов — карбонатитовые туфы [37]. Это объясняет существенно цериевый состав *REE*, наличие ниобиевой минерализации и щелочных метасоматитов (по силикатным сланцам) на этом месторождении. В публикациях предыдущих исследователей

Петрово-Гнутовское рудопоявление обоснованно сопоставлялось с месторождением Баян-Обо [23].

Карбонатитовое месторождение Маунтин-Пасс в Северной Америке. Руды Анадольского месторождения, по составу (алланит), отличаются от руд (бастнезиты) месторождения Маунтин-Пасс. Общая особенность — присутствие галенита и сульфидов, проявление процессов фенитизации. Карбонатитовые руды месторождения Маунтин-Пасс, также как и руды Анадольского месторождения имеют обогащение *LREE* без каких-либо или с незначительными аномалиями европия, высокое содержание бария и стронция. На наш взгляд, наиболее существенным отличием месторождений Анадольского и Маунтин-Пасс служит наличие в последнем многочисленных даек карбонатитов. В этом отношении, а также по характеру редкоземельной минерализации, месторождение Маунтин-Пасс больше похоже на Петрово-Гнутовское месторождение.

Жильные карбонатитовые месторождения Северной Америки. Анадольское месторождение наиболее хорошо сопоставляется с жильным месторождением в Хойдас Лэйк (*Hoidas Lake*) на северо-западе провинции Саскачеван — по жильной форме залегания, идентичному составу руд (алланит) и достаточно большим запасам руд, предположительной природе образования за счет глубинных карбонатитовых гидротерм. Но отличия существуют в преобладании тяжелых *REE*, в частности диспрозия. Вероятно, это обусловлено тем, что жилы алланита находятся среди гранодиоритов.

REE: в Анадольском месторождении при среднем содержании полезного компонента в руде — 6,863 %, перспективные запасы составляют 14230 т ΣTR_2O_3 ; на месторождении Хойдас Лэйк подсчитанные ресурсы составляют 1,15 Мт ($1,15 \cdot 10^6$ т) при 2,83 % по весу $REO + Y_2O_3$.

Таким образом, сопоставление Анадольского ортитового месторождения, по перечисленным выше признакам с редкоземельными месторождениями Приазовья, указывает на его подобие с паразитовым Петрово-Гнутовским, и обоих вместе с Черниговским карбонатитовым месторождением.

Анадольское месторождение, в котором из редкоземельных минералов резко преобладают силикаты — ортит, бритоцит и церит — при отсутствии или незначительном содержании других минералов редких металлов (Zr, Nb, Y), практически уникально. Оно не имеет полных аналогов как в пределах УЩ, так и в других регионах мира, хотя по составу и хондритнормированным спектрам *REE* Анадольское месторождение идентично месторождениям карбонатитовых комплексов и связанных с ними щелочных метасоматитов (фенитов), это Петрово-Гнутовское и другие рудопоявления в Восточном Приазовье.

Сопоставление с зарубежными редкоземельными месторождениями подобного типа дает основание предполагать, что названные выше два месторождения Приазовья ближе всего

отвечают признакам соответствия карбонатитовому месторождению Маунтин-Пасс Северной Америки в его жильной форме проявления.

Частичное подобие Анадольского жильного месторождения по минеральному составу редкоземельных руд (ортит) и вероятным ресурсам *REE* наблюдается для жильного месторождения в Хойдас Лэйк, на северо-западе провинции Саскачеван (Канада), однако, его существенное отличие — преобладание тяжелых *REE*, в частности повышенное содержание диспрозия.

Перспективы выявления новых месторождений "анадольского типа" в Приазовье.

Можно предполагать, что в тектонической зоне развития бритоцит-ортитовых метасоматитов Анадольского месторождения могут быть щелочные и карбонатно-щелочные метасоматиты с богатой *REE*-минерализацией (бастнезит, паризит, синхизит), подобные таковым на Петрово-Гнутовском месторождении. Они могут быть на продолжении ортитовой жилы, или же на флангах зоны или месторождения. Наиболее перспективным районом на обнаружение редкоземельных месторождений и рудопроявлений в Восточном Приазовье, на наш взгляд, является Красновское рудное поле с рудопроявлениями (Павлопольское, Пищевикское, Дружба, Чермалыкское) и многочисленными точечными редкоземельными рудопроявлениями карбонатитового типа.

Рудное поле по геологическому строению (характеру вмещающих пород, структурно-тектонической позиции), морфогенетическим типам рудных тел, околорудным изменениям, минеральному типу и уровню содержания полезных компонентов близко к рудному полю одного из крупнейших в мире редкоземельных месторождений — Маунтин-Пасс (США). Главное отличие месторождения Маунтин-Пасс в том, что в его пределах кроме карбонатных жил и минерализованных зон обнаружено одно штокоподобное тело карбонатитов размером 210×720 м, в котором сосредоточено 90 % запасов *REE* рудного поля — 5—10 млн т. Классические карбонатитовые месторождения ассоциируют с комплексами щелочных пород ультраосновного состава платформенных интрузий центрального типа. Карбонатиты иногда формируют самостоятельные жильные поля, образуют неправильные крупные тела за пределами магматических комплексов. При незначительном эрозионном срезе, вероятно, такие поля формируются в кровле массивов, причем довольно часто сами массивы не установлены (Фримонит-Каунти, Маунтин-Пасс в США, Каронга в Кении и др.).

Карбонатные жилы Красновского поля аналогичны описанным выше рудным телам Кальмиусской зоны. В рамках Красновского поля при детализации работ должны быть обнаружены новые карбонатитовые жилы с редкоземельной минерализацией (с содержанием суммы *REE* более 1 %, в среднем 3—4 %), представляющих промышленный интерес. Даже при выявлении 10 подобных жил, можно оценить перспективные ресурсы ΣTR_2O_3 кат. P₃ в 20—40

тыс. т. Главным объектом поисков должно стать выявление относительно большого карбонатитового тела. Наиболее благоприятными участками для выявления такого тела является район пересечения Володарского и Конкской тектонических зон (полоса шириной около 3 км на протяжении 8 км) и краевые части купольной структуры.

Результаты геофизического прогнозирования. Вкрест простирания всей Кальмиусской зоны разломов были проведены геоэлектрические профили методом аудиомагнитотеллурического зондирования (АМТЗ) Земли и ряд профилей МТЗ, по которым была построена глубинная геоэлектрическая модель [32, 33] (рис. 3).

Из рис. 3 — модели распределения глубинных проводников видно, что в Кальмиусской зоне разломов, в юго-западной части, обособилось поле глубинных проводников, совпадающее с Красновским рудным полем, описание которого приведено выше. Второе поле глубинных проводников приурочено к Грузско-Еланчикской зоне разломов, и третье поле глубинных проводников охватывает зону сочленения Восточного Приазовья с Днепровско-Донецкой впадиной. Эта модель явилась основанием для проведения полевых геоэлектрических исследований в зонах проявления щелочного метасоматоза. Прогнозирование проявлений редкоземельного оруденения, основанное на построении и анализе ранее созданной объемной геоэлектрической модели [32, 33], и результатов последующих полевых геоэлектрических исследований, позволило создать схему прогнозирования редкоземельных проявлений Восточного Приазовья (рис. 3).

Первая перспективная площадь (в Кальмиусской зоне разломов) совпадает с глубинным проводником на объемной модели и площадью выявленных проявлений оруденения в Красновской рудной зоне. Она может быть рекомендована для комплексного детального исследования. Этот район перспективен на выявление новых редкоземельных проявлений и месторождений карбонатитового типа.

Вторая площадь — это Грузско-Еланчикская зона разломов, в которой распространены редкометалльные дайки грорудитов и проявления щелочного метасоматоза [33].

Третья площадь — это зона сочленения Восточного Приазовья с Донбассом, которая характеризуется проявлениями щелочно-ультраосновного магматизма с развитыми процессами фенитизации в эндо- и экзоконтактах массивов, с проявлениями постмагматической карбонатизации.

Следовательно, Приазовье все еще остается перспективным районом для открытия редкометалльно-редкоземельных месторождений разных генетических типов. Наиболее вероятные из них могут быть связаны с карбонатитовой формацией или субщелочными сиенитами южнокальчикского типа. В этом плане представляется важным изучение часто встречающихся в этом регионе щелочных метасоматитов на предмет их сопоставления с

фенитами, а также сиенитов и граносиенитов Кальмиусского и Еланчикского массивов [38] (для сопоставления их с одноименными породами Южно-Кальчикского массива).

Выводы. Результаты изучения рудных редкоземельных минералов, таких как ортит и бритолит, а также бастезит, паризит, синхезит в редкоземельных месторождениях и рудопроявлениях Приазовья свидетельствуют о разных условиях их образования (температура, давление, кислотность, щелочность), что, вероятнее всего, связано с различными уровнями эрозионных срезов месторождений.

Некоторые главные особенности химизма основных редкоземельных минералов Анадольского месторождения (ортит, бритолит, бастнезит) в сопоставлении их с аналогичными и подобными минералами других редкоземельных месторождений и проявлений УЩ и отчасти других регионов, показало, что эти минералы отличаются от таковых в ближайших к нему месторождений Азовское и Мазуровское. Они имеют сходство с минералами *REE* Черниговского карбонатитового массива и проявлений щелочных метасоматитов (фенитов) Восточного Приазовья, в частности Петрово-Гнутовского месторождения. Щелочные метасоматиты мы относим к экзоконтактовым или трещинным метасоматитам, генетически связанным с нескрытым карбонатитовым комплексом.

Кроме ортит-бритолитового Анадольского месторождения, район Приазовья перспективен на выявление известных карбонатитовых месторождений типа Маунтин-Пасс (США) и Баян-Обо (Китай), с которыми имеет сходство Петрово-Гнутовское месторождение. Можно предполагать, что в тектонической зоне развития бритолит-ортитовых метасоматитов Анадольского месторождения могут быть щелочные и карбонатно-щелочные метасоматиты с богатой *REE*-минерализацией (бастнезит, паризит, синхизит), подобные таковым на Петрово-Гнутовском месторождении. Такие метасоматиты могут быть на продолжении ортитовой жилы, или же на флангах зоны.

Вероятно, бритолит-ортитовые метасоматиты образовались под воздействием тех же флюидов, которые формировали щелочные и карбонатно-щелочные метасоматиты Восточного Приазовья, в участках понижения их щелочности, после фенитизации окружающих гранитоидов. Повышение кислотности вызвало массовое отложение бритолита и замещающего его ортита. В этих флюидах с пониженной щелочностью и интенсивно обогащенных фтором, резко снизилась растворимость *REE*, что способствовало их массовой кристаллизации. С возрастанием кислотности и содержания фтора могла произойти кристаллизация фторкарбонатов, как в Петрово-Гнутовском месторождении. Следовательно, бритолит-ортитовые и флюорит-карбонатные метасоматиты — звенья одного и того же процесса, обусловленного эволюцией состава исходных щелочных флюидов.

Вместе с тем, зафиксирована редкоземельная специализация магматизма всего Приазовья, как протеро-, так и фанерозойского. Для протерозойского магматизма — это формации: ультраосновная-щелочная карбонатитовая (Черниговское карбонатитовое апатит-редкоземельное месторождение), габбро-сиенитовая (Азовское и Мазуровское месторождения), ультракислая редкометалльно-редкоземельная (Стародубовское месторождение). Для фанерозойского магматизма в зоне сочленения Донбасса с Приазовьем вулканические породы девонского этапа активизации представлены субщелочными и щелочными базальтоидами, базальтами, кимберлитами, а также щелочными породами: малиньитами, ювитами — бергалитами, карбонатитами. Особенностью магматизма этих двух разновременных этапов активизации служит приуроченность их к глубинным зонам разломов.

Такую унаследованность редкоземельной специализации всего региона мы объясняли [39] геодинамическими обстановками, активизировавшими на глубине верхнюю мантию, из которой поступали специфические рудные элементы. В протерозойский этап активизации нами [39] предлагалась модель субдукции — погружение зоны Заварицкого-Беньофа (Орехово-Павлоградская шовная зона) под Приазовский мегаблок, при которой ее наиболее глубокое погружение в верхнюю часть мантии предполагалось под Восточным Приазовьем, и привело к поступлению щелочных флюидов. В фанерозойский этап активизации Восточное Приазовье подвергалось с юга процессам тектоно-магматической активизации, синхронной с мезозойским грабенообразованием Скифской плиты. По сети глубинных разломов древнего заложения произошло внедрение щелочных базальтовых магм, а это породы покрово-киреевского комплекса.

В литературе неоднократно упоминается разная специализация верхней мантии на определенные рудные элементы под различными геотектоническими сегментами Земли.

Все это служит основанием для постановки поисково-разведочных работ на новые карбонатитовые месторождения в Восточном Приазовье и новые месторождения, подобные уникальному Азовскому редкоземельному месторождению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Г.В., Рипп Г.С. Редкометалльные эпидот-кварцевые метасоматиты массива Халдзан-Бурэгтэг // Зап. Всерос. минерал. об-ва. — 1996. — Ч. СХХV, № 6. — С. 24—30.
2. Андреев Г.В., Рипп Г.С., Шаракшинов А.О., Минин А.Д. Редкометалльная минерализация щелочных гранитоидов Западной Монголии. — Улан-Удэ : Изд-во Бурятск. науч. центра, 1964. — 153 с.
3. Архангельская В.В., Быховский Л.З., Позирчук Л.К. Катугинское Та-Nb-Zr-Y-Tg месторождение (север Читинской обл.) — объект возможных инвестиций // Крупные и уникальные месторождения редких и благородных металлов (проблемы генезиса и освоения) : Тез. докл. 1 Междунар. симп. (СПб., 8—11 окт. 1996 г.). — СПб., 1996. — С. 46—48.
4. Бельський В.М. Фізико-хімічні умови формування рідкісноземельної та ітрієвої мінералізації Приазов'я (за флюїдними включеннями в мінералах) : Автореф. дис. ... канд. геол. наук / Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України. — К., 2013. — 22 с.
5. Бельський В.М., Кульчицька Г.О., Возняк Д.К., Гречановська О.Є. Хімічний склад аланіту як індикатор флюїдного режиму формування Анадольської "дайки" (Приазовський мегаблок Українського щита) // Мінерал.

- журн. — 2013. — **35**, № 1. — С. 50—59.
6. *Глевасский Е.Б., Кривдик С.Г.* Докембрийский карбонатитовый комплекс Приазовья. — Киев : Наук. думка, 1981. — 228 с.
 7. *Глевасский Е.Б., Осадчий В.К., Стадник В.А и др.* Типы карбонатитов, фенитов, альбититов и ультрабазитов Черниговской зоны Западного Приазовья // Геохимия и рудообразование. — 1976. — № 5. — С. 75—80.
 8. *Дубина О.В., Кривдик С.Г.* Геохімія рідкіснометалевих сієнітів Українського щита // Мінерал. журн. — 2013. — **35**, № 3. — С. 61—73.
 9. *Дубина О.В., Кривдик С.Г., Самчук А.І., Красюк О.П., Амашиукелі Ю.А.* Закономірності розподілу REE, Y і Sr в апатитах ендегенних родовищ Українського щита (за даними ICP-MS) // Мінерал. журн. — 2012. — **34**, № 2. — С. 80—99.
 10. *Дубина А.В., Кривдик С.Г., Соболев В.Б.* Изоморфизм в TR-апатитах Черниговского карбонатитового массива // Мінерал. журн. — 2012. — **34**, № 3. — С. 22—33.
 11. *Дубина О.В.* Геохімія лужних порід Українського щита : Автореф. дис. ... д-ра геол. наук ; НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії і рудоутворення ім. М.П. Семененка. — К., 2015. — 42 с.
 12. *Кривдик С.Г.* Особенности химизма карбонатов из карбонатитов Черниговского карбонатитового комплекса (Западное Приазовье) как индикатор условий их кристаллизации // Геохимия и рудообразование. — 1978. — № 7. — С. 89—97.
 13. *Кривдик С.Г., Легкова Г.В., Егорова Л.Н.* Бритолит как продукт распада в редкоземельном апатите // Минерал. журн. — 1990. — **12**, № 4. — С. 92—97.
 14. *Кривдик С.Г., Моргу́н В.Г.* Щелочные метасоматиты Приазовского и Ингульского мегаблоков Украинского щита (геология, петрография, геохимия) // Науч. тр. УкрНИМИ НАН Украины. — 2011. — № 9, Ч. 2. — С. 216—237.
 15. *Кривдик С.Г., Ткачук В.И.* Петрология щелочных пород Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1990. — 408 с.
 16. *Кривдик С.Г., Шаригін В.В., Моргу́н В.Г., Кравченко Г.Л., Дубина О.В.* Мінерали рідкісних земель у лужних метасоматитах Східного Приазов'я // Геол.-мінерал. вест. Криворож. нац. ун-та. — 2015. — № 2 (34). — С. 5—16.
 17. *Кузьменко В.И.* Петрово-Гнатовское месторождение паризита (Укр. ССР) // Сов. геолог. — 1946. — № 12. — С. 49—61.
 18. *Кузьменко В.И.* Рідкісні землі в Петрівсько-Гнугівській флюорито-карбонатній жилі в Приазов'ї // Доп. АН УРСР. — 1940. — № 3. — С. 35—40.
 19. *Куц В.П.* Особенности распределения акцессорных редкоземельных элементов в минералах Петрово-Гнатовского рудопоявления паризита // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1971. — № 10. — С. 892—894.
 20. *Лазаренко Е.К., Лавриненко Л.Ф., Бучинская Н.И., Галий С.А., Возняк Д.К., Галабурда Ю.А., Зацеха Б.В., Иванова И.В., Кваснища В.Н., Кульчицкая А.А., Куц В.П., Мельников В.С., Павлишин В.И., Туркевич Г.И.* Минералогия Приазовья. — Киев : Наук. думка, 1981. — 432 с.
 21. *Латицкий Э.М., Качанов Е.Н., Миткевич М.В., Никонов А.И.* Карбонатиты Северо-Западного Приазовья // Геол. журн. — 1974. — № 2. — С. 144—145.
 22. *Марченко Е.Я.* Ортитовые метасоматиты — новый тип редкоземельного оруденения // Минерал. журн. — 1994. — **16**, № 5/6. — С. 84—89.
 23. *Марченко Е.Я., Коньков Г.Г., Власенко В.И.* О карбонатитовой природе Петрово-Гнатовской флюоритово-карбонатной дайки Приазовья // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1980. — № 1. — С. 24—27.
 24. *Марченко Е.Я., Кривонос В.П., Раздорозный В.Ф. и др.* Первые находки иттрийсодержащих бритолита, бастнезита и итробастнезита в сиенит-пегматитах, гранитах и метасоматитах Украинского щита // Докл. АН УССР. — 1991. — № 9. — С. 129—132.
 25. *Михайлов В.А., Шунько В.В.* Новый тип молибденовой минерализации Украинского щита // Доп. НАН України. — 2002. — № 6. — С. 137—140.
 26. *Пожарицкая Л.К., Вилькович Р.В.* Особенности состава силикатных пород Черниговской зоны (Приазовье) // Геохимия. — 1983. — № 7. — С. 1013—1023.
 27. *Хвостова В.А.* Минералогия ортита // Тр. Ин-та минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов. — М. : Изд-во АН СССР. — 1962. — Вып. 11. — 120 с.
 28. *Хоменко В.М., Вишневский А.А., Стрекозов С.Н.* Торнебомит и гателит Анадольского рудопоявления в Приазовье: первая находка в Украине // Мінерал. журн. — 2013. — **35**, № 4. — С. 32—43.
 29. *Хоменко В.М., Реде Д., Косоруков О.О., Стрекозов С.М.* Бритоліт, церит та бастнезит Анадольського рудопояву (Східне Приазов'я) // Мінерал. журн. — 2013. — **35**, № 4. — С. 11—26.
 30. *Шеремет Е.М., Кривдик С.Г., Стрекозов С.Н., Дубина А.В., Сетая Л.Д.* К вопросу о генезисе Анадольского редкоземельного месторождения (Украина) // Мінерал. журн. — 2016. — **38**, № 4. — С. 75—85.
 31. *Шеремет Е.М., Мельников В.С., Стрекозов С.Н., Козар Н.А., Возняк Д.К.* Азовское редкоземельное месторождение Приазовского мегаблока Украинского щита (геология, минералогия, геохимия, генезис, руды, комплексные критерии поисков, проблемы эксплуатации) / Ред. А.Н. Пономаренко, А.В. Анциферов. — Донецк : Ноулидж, 2012. — 374 с.
 32. *Шеремет Е.М., Кривдик С.Г., Пигулевский П.И., Кулик С.Н., Бурахович Т.К., Загнитко В.Н., Бородыня Б.Н., Стрекозов С.Н., Николаев Ю.И., Николаев И.Ю., Сетая Л.Д., Алехин В.И.* Субщелочной докембрийский

магматизм и тектоно-геофизические особенности Восточного Приазовья Украинского щита / Под ред. А.В. Андиферова. — Донецк : Ноулидж, 2010. — 289 с.

33. Шеремет Е.М., Кулик С.Н., Кривдик С.Г., Пигулевский П.И., Бурахович Т.К. Геолого-геофизические критерии рудоносности и металлогения областей субдукции Украинского щита / Ред. А.В. Андиферов. — Донецк : Ноулидж, 2011. — 285 с.
34. Castor S.B. Rare earth deposits of North America // *Resource Geology*. — 2008.— **58** (4). — P. 337—347.
35. Chengyu Wu Bayan Obo Controversy: Carbonatites versus Iron Oxide-Cu-Au-(REE-U) // *Resource Geology*. — 2008.— **58** (4). — P. 348—354.
36. Kovalenko V.I., Tsaryeva G.M., Goreglyad A.V., Yarmolyuk V.V., Troitsky V.A., Hervig R.L., Farmer G.L. The peralkaline Granite-Related Khaldsan-Buregtey Rare Metal (Zr, Nb, REE) Deposit, Western Mongolia // *Econ. Geol.* — 1995. — **90**, No 3. — P. 530—547.
37. Le Bas M.J., Keller J., Kejie Tao, Williams C.T., Zhang Peishan Carbonatite Dykes at Bayan Obo, Inner Mongolia, China // *Mineral. Petrol.* — 1992. — **46**. — P. 195—228.
38. Melnikov V.S., Kulchitskaya A.A., Kryvdik S.G., Gurskiy D.S., Strekosov S.N. The Azov Deposit — a New Type of Rare-Metal Objects of Ukraine // *Mineral. Journ. (Ukraine)*. — 2000. — **22**, No 5/6. — P. 39—49.

Поступила 23.03.2017

REFERENCES

1. Andreev, G.V. and Ripp, G.S. (1996), *Zap. Vseros. mineral. obshchestva*, Ch. 125, No 6, RU, pp. 24-30.
2. Andreev, G.V., Ripp G.S., Sharakshinov, A.O. and Minin, A.D. (1964), *Redkometal'naya mineralizatsiya shchelochnyh granitoidov Zapadnoy Mongolii*, Izd-vo Buriatsk. Nauch. Centr, Ulan-Udeh, RU, 153 p.
3. Arhangel'skaya, V.V., Byhovskiy, L.Z. and Pozirchuk, L.K. (1996), *Krupnye i unikal'nye mestorozhdeniya redkih i blagorodnyh metallov (problemy genezisa i osvoeniya)*, Tez. dokl. 1 Mezhdunar. simpoz. (St.-Peterburg, 8-11 okt. 1996), St.-Peterburg, RU, pp. 46-48.
4. Belskiy, V.M. (2013), *Fiziko-khimichni umovy formuvannya ridkisznozemel'noi ta itrievoi mineralizatsii Pryazov'ya (za flyuidnymi vplyuchennyamy v mineralakh)*, Abstr. of PhD dis., Kyiv, UA, 22 p.
5. Belskiy, V.M., Kulchitska, G.O., Voznyak, D.K. and Grechanovska, O.Ye. (2013), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 35, No 1, Kyiv, UA, pp. 50-59.
6. Glevasskiy, E.B. and Kryvdik, S.G. (1981), *Dokembriyskiy karbonatitoviy kompleks Priazov'ya*, Kyiv, Nauk. dumka, 228 p.
7. Glevasskiy, E.B., Osadchiy, V.K., Stadnik, V.A and et al. (1976), *Geohimiya i rudoobrazovanie*, No 5, Kyiv, UA, pp. 75-80.
8. Dubyna, O.V. and Kryvdik S.G. (2013), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 35, No 3, Kyiv, UA, pp. 61-73.
9. Dubyna, O.V., Kryvdik S.G., Samchuk, A.I., Krasyuk, O.P., and Amashukeli, Yu.A. (2012), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 34, No 2, Kyiv, UA, pp. 80-99.
10. Dubyna, O.V., Kryvdik S.G. and Sobolev, V.B. (2012), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 34, No 3, Kyiv, UA, pp. 22-33.
11. Dubyna, O.V. (2015), *Geohimiya luzhnyh porid Ukrains'kogo shchita*, Abstr. of D.Sc. dissertation, Kyiv, UA, 42 p.
12. Kryvdik, S.G., (1978), *Geohimiya i rudoobrazovanie*, No 7, Kyiv, UA, pp. 89-97.
13. Kryvdik, S.G., Legkova, G.V. and Egorova, L.N. (1990), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 12, No 4, Kyiv, UA, pp. 92-97.
14. Kryvdik, S.G. and Morgun, V.G. (2011), *Nauch. tr. UkrNIMI NAN Ukrainy*, No 9, Ch. 2, Donetsk, UA, pp. 216-237.
15. Kryvdik, S.G. and Tkachuk, V.I. (1990), *Petrologiya shchelochnyh porod Ukrainskogo shchita*, Kyiv, Nauk. dumka, 408 p.
16. Kryvdik, S.G., Sharygin, V.V., Morgun, V.G., Kravchenko, G.L. and Dubyna, O.V. (2015), *Geol.-miner. vestnik Krivorozhskogo Nat. Univ.*, No 2 (34), pp. 5-16.
17. Kuz'menko, V.I. (1946), *Sov. geolog*, No 12, RU, pp. 49-61.
18. Kuz'menko, V.I. (1940), *Dop. AN URSSR*, No 3, UA, pp. 35-40.
19. Kuts, V.P. (1971), *Dokl. AN USSR. Ser. B*, No 10, UA, pp. 892-894.
20. Lazarenko, E.K., Lavrinenko, L.F., Buchinskaya, N.I., Galiy, S.A., Voznyak, D.K., Galaburda, Yu.A., Zatsiha, B.V., Ivanova, A.V., Kvasnytsya, V.M., Kulchitska, G.O., Kuts, V.P., Melnikov, V.S., Pavlyshyn, V.I. and Turkevich, G.I. (1981), *Mineralogy of Azov region*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 432 p.
21. Lapizkiy, Eh.M., Kachanov, E.N., Mitkevich, M.V. and Nikonov, A.I. (1974), *Geol. Journ.*, No 2, Kyiv, UA, pp. 144-145.
22. Marchenko, E.Ya. (1994), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 16, No 5-6, Kyiv, UA, pp. 84-89.
23. Marchenko, E.Ya., Kon'kov, G.G. and Vlasenko, V.I. (1980), *Dokl. AN USSR. Ser. B.*, No 1, UA, pp 24-27.
24. Marchenko, E.Ya., Krivonos, V.P., Razdorozhnyy, V.F. and et al. (1991), *Dokl. AN USSR*, No 9, UA, pp. 129-132.
25. Mikhaylov, V.A. and Shun'ko, V.V. (2002), *Dop. NAN Ukrainy*, No 6, UA, pp. 137-140.
26. Pozharitskaya, L.K. and Vil'kovich, R.V. (1983), *Geohimiya*, No 7, RU, pp. 1013-1023.
27. Hvostova, V.A. (1962), *Mineralogiya ortita*, Tr. In-ta mineralogii, geohimii i kristallogimii redkih ehlementov, Izd-vo AN SSSR, Vyp. 11, Moscow, RU, 120 p.

28. Khomenko, V.M., Vishnevskiy, A.A. and Strekozov, S.N. (2013), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 35, No 4, Kyiv, UA, pp. 32-43.
29. Khomenko, V.M., Rede, D., Kosorukov, O.O. and Strekozov, S.N. (2013), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 35, No 4, Kyiv, UA, pp. 11-26.
30. Sheremet, E.M., Kryvdik, S.G., Strekozov, S.N., Dubyna, O.V. and Setaya, L.D. (2016), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 38, No 4, Kyiv, UA, pp. 75-85.
31. Sheremet, E.M., Melnikov, V.S., Strekozov, S.N., Kozar, N.A. and Voznyak, D.K. (2012), *Azovskoe redkozemel'noe mestorozhdenie Priazovskogo megabloka Ukrainskogo shchita (geologiya, mineralogiya, geokhimiya, genezis, rudy, kompleksnye kriterii poiskov, problemy ekspluatatsii)*, in Ponomarenko, O.M. and Antsiferov, A.V. (eds), Noulidzh, Donetsk, UA, 374 p.
32. Sheremet, E.M., Kryvdik, S.G., Pigulevskiy, P.I., Kulyk, S.N., Burakhovych, T.K., Zagnitko, V.M., Borodynya, B.N., Strekozov, S.N., Nikolaev, Yu.I., Nikolaev, I.Yu., Setaya, L.D. and Alekhin, V.I. (2010), (ed.), *Subshchelochnoy dokembriyskiy mahmatizm i tektono-geofizicheskie osobennosti Vostochnoho Priazov'ya Ukrainskogo shchita*, in Antsyferov, A.V. Noulidzh, Donetsk, 289 p.
33. Sheremet, E.M., Kulik, S.N., Kryvdik, S.G., Pigulevskiy, P.I. and Burakhovich, T.K. (2011), *Geologo-geofizicheskie kriterii rudonosnosti i metallogeniya oblastey subdukzii Ukrainskogo shchita*, in Antsyferov, A.V. (ed.), Noulidzh, Donetsk, UA, 285 p.
34. Castor, S.B. (2008), *Resource Geology*, Vol. 58 (4), pp. 337-347.
35. Chengyu, Wu (2008), *Resource Geology*, Vol. 58 (4), pp. 348-354.
36. Kovalenko, V.I., Tsaryeva, G.M., Goreglyad, A.V., Yarmolyuk, V.V., Troitsky, V.A., Hervig, R.L. and Farmer, G.L. (1995), *Econ. Geol.*, Vol. 90, No 3, pp. 530-547.
37. Le Bas, M.J., Keller, J., Kejie, Tao, Williams, C.T. and Zhang, Peishan (1992), *Mineral. Petrol.*, Vol. 46, pp. 195-228.
38. Melnikov, V.S., Kulchitskaya, A.A., Kryvdik, S.G., Gurskiy, D.S. and Strekosov, S.N. (2000), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 22, No 5-6, Kyiv, UA, pp. 39-49.

Received 23.03.2017

Є.М. Шеремет¹, С.Г. Кривдік¹, С.М. Стрекозов²

¹ Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: EvgSheremet@yandex.ru

² Приазовська КГРЕ, КП "Південьурггеологія"
85700, м. Волноваха, Донецька обл., Україна, вул. Центральна, 20
E-mail: ssss21161@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВИ ВИЯВЛЕННЯ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ РОДОВИЩ "АНАДОЛЬСЬКОГО ТИПУ" В ПРИАЗОВ'І (УКРАЇНА)

Анадольське родовище, відоме як новий тип рідкісноземельного родовища Приазов'я, на основі низки характеристичних ознак (головні і другорядні рудні мінерали, акцесорні мінерали, мінерали навколорудних метасоматичних змін, геохімічні особливості) зіставлене з відомими рідкісноземельними родовищами Приазов'я — Азовським, Мазуровським, Петрово-Гнутовським, Новополтавським (Чернігівським) і проявами — Піщевикським, Павлопольським, Дружба, Чермаликським та ін. У результаті зроблено висновок про його подібність до Петрово-Гнутовського родовища і обох — з карбонатитами Новополтавського (Чернігівського) родовища. Зіставлення Анадольського рідкісноземельного родовища з відомими рідкісноземельними зарубіжними родовищами, такими як Халдзан-Буретгер (Монголія), Баян-Обо (Китай), карбонатитовими родовищами Маунтін-Пас і частково Хойдас Лейк (Північна Америка) показали їхню схожість за обраними головними характеристичними ознаками до родовища Маунтін-Пас, зокрема до жильної форми прояву його зруденіння. Відмінності полягали в мінералах-носіях рідкісноземельного зруденіння. Часткова подібність за головним мінералом-носієм (ортит) зруденіння і його промислових запасах спостерігається до жильного родовища Хойдас Лейк провінції Саскачеван у Канаді. Найперспективнішим районом щодо виявлення рідкісноземельних родовищ і рудопоявів у Східному Приазов'ї, на наш погляд, є Красновське рудне поле (рудопояви Павлопольське, Піщевикське, Дружба, Чермаликське і численними точковими рідкісноземельними рудопоявами карбонатитового типу, яке має відносну подібність до рудного поля родовища Маунтін-Пас, але не розкрито на глибину. На користь його перспективності свідчать дані геоелектричного моделювання та польових геоелектричних досліджень, за якими до нього приурочена глибинна аномалія електропровідності.

Ключові слова: Приазов'я, зіставлення рідкісноземельних родовищ, перспективи виявлення.

Ye.M. Sheremet¹, S.G. Kryvdik¹, S.N. Strekozov²

¹ M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy
and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142
E-mail: EvgSheremet@yandex.ru

² Priazov KGREKP "Pivdenukrgeologiya"
20, Central St., Volnovaha, Donetsk region, Ukraine, 85700
E-mail: ssss21161@gmail.com

¹ M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy
and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142
E-mail: EvgSheremet@yandex.ru

² Priazov KGREKP "Pivdenukrgeologiya"
20, Central St., Volnovaha, Donetsk region, Ukraine, 85700
E-mail: ssss21161@gmail.com

PROSPECTS FOR IDENTIFYING RARE-EARTH DEPOSITS OF "ANADOL TYPE" IN THE AZOV SEA AREA (UKRAINE)

Anadol deposit, known as a new type of rare-earth deposits of the Azov Sea area on the basis of a number of characteristic features (main and secondary ore minerals, accessory minerals, ore minerals of metasomatic changes, geochemical characteristics) was compared with known rare-earth deposits of the Azov Sea area — Azov, Mazurovka, Petrovo-Gnutovo, Novo-Poltavka (Chernihiv) and manifestations — Pishchevik, Pavlopol, Druzhba, Chermalyk. The result was the conclusion about the similarity of Petrovo-Gnutovo field and both with carbonatites of Novo-Poltavka (Chernihiv) deposit. A comparison of the Anadolu rare-earth deposits with well-known foreign rare-earth deposits, such as Khaldsan-Buregtey in Mongolia, Bayan-Obo in China, carbonatite deposits of North America showed their similarity by the selected main characteristic signs with the Mountain-Pass and the Hoidas Lake deposits of North America. The differences were in the minerals-carriers of rare earth mineralization. Complete similarity to the main mineral-carrier (orthite) mineralization observed in core field of the Hoidas Lake Saskatchewan, Canada. The most promising area for the discovery of REE deposits and occurrences in the Eastern Azov Sea area, in our opinion, is Krasnovskoe ore field, which includes Pavlopol, Pishchevik, Druzhba, Chermalyk ore manifestations and numerous point rare-earth deposits of carbonatite type, and has a relative resemblance to the ore field deposits of the Mountain-Pass, but is not stripping to the depth. In favor of its prospects according to the data of the geoelectric modeling and geoelectric field research, the deep conductivity anomaly being confined to it by these data.

Keywords: Azov Sea area, rare-earth deposit, the prospects for identifying.

Подписи к рисункам в статье

Е.М. Шеремет¹, С.Г. Кривдик¹, С.Н. Стрекозов²

**ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
"АНАДОЛЬСКОГО ТИПА" В ПРИАЗОВЬЕ (УКРАИНА)**

Рис. 1. Хондритнормированные спектры REE в анадольском ортите первой генерации (кривые 3—7), второй генерации (кривые 1, 2) и салтычанского гранита (кривая 8), по [4]

Fig. 1. The REE patterns normalized to chondrite in Anadol orthite of the first generation (curves 3—7), second generation (curves 1, 2) and Saltychia granite (curve 8) [4]

Рис. 2. Хондритнормированные спектры REE в рудных сиенитах Азовского месторождения. Серое поле — хондритнормированные спектры REE в сиенитах Ястребецкого массива

Fig. 2. Chondrite-normalised patterns of REE in ore syenites of the Azov deposit. Grey field — chondrite-normalised patterns of REE in syenites of the Yastrebetskiy massif

Рис. 3. Геоэлектрическая модель распределения глубинных проводников [32, 33] на геологической карте редкометалльно-редкоземельного оруденения в пределах Восточного Приазовья: 1 — сиениты, граносиениты, граниты; 2 — диориты, гранодиориты; 3 — гнейсы, кристаллосланцы; 4 — осадочные отложения; 5 — разрывные нарушения, 6, 7 — полезные ископаемые: 6 — Be (a); Nb, Ta, Zr (b), 7 — TR (a), Li (b) (размер значка от большего к меньшему — месторождение, рудопоявление, аномалия); 8 — дайки грорудитов; 9 — проводящие объекты в недрах земной коры; 10 — отсутствие проводников. Проявления: 1 — Пищевикское, 2 — Павлопольское, 3 — Дружба, 4 — Чермалыкское, 5 — Диановское

Fig. 3. Geoelectric model of the distribution of the deep conductors [32, 33] on the geological map of rare metal-rare earth mineralization in the Eastern Azov region: 1 — syenites, granosyenites, granites; 2 — diorites, granodiorites; 3 — gneiss, crystalline schist; 4 — sediment; 5 — faults, 6, 7 — minerals: 6 — Be (a); Nb, Ta, Zr (b), 7 — TR (a) Li (b) (icon size from largest to smallest — deposit, ore occurrence, an anomaly); 8 — dikes of grorudite; 9 —conductive objects in the earth's crust; 10 — absence of conductors. Deposits: 1 — Pishchevik, 2 — Pavlopol, 3 — Druzhba, 4 — Chermalyk, 5 — Dianovskoe

Рис. 4. Хондритнормированные спектры REE для руд месторождений Баян-Обо Fe-REE-Nb (a) и различных руд оксид-Сu-Fe-Au-(REE-U) месторождений (b). Черная сплошная линия, Олимпик-Дэм; серая сплошная линия, Игарпе; 1 — Salobo, 2 — Monakoff, 3 — Серра Пелада, 4 — Канделария, 5 — Кхетри

Fig. 4. Chondrite-normalized patterns of rare earth element for Bayan-Obo Fe-REE-Nb deposit ores (a) and various ores from oxide-Cu-Fe-Au-(REE-U) deposits (b). Black solid line, Olympic Dam; grey solid line, Igarape; 1 — Salobo, 2 — Monakoff, 3 — Serra Pelada, 4 — Candelaria, 5 — Khetri

Рис. 5. Хондритнормированные спектры REE в рудах из Баян-Обо, Китай и Маунтин-Пасс, США. 1 — Баян-Обо Fe-REE-эгириновые руды; 2 — Баян-Обо Fe-REE-флюоритовые руды; 3 — Маунтин-Пасс бэфорсит (beforsite) руда; 4 — Маунтин-Пасс совит (sovite) руды; данные REE не нормированы на 100 % к первичным хондритам

Fig. 5. Chondrite-normalized patterns of rare earth element in ores from Bayan-Obo, China and Mountain-Pass, USA. 1 — the Bayan-Obo Fe-REE-aegirine ore; 2 — the Bayan-Obo Fe-REE-fluorite ore; 3 — Mountain-Pass beforsit (beforsite) ore; 4 — Mountain-Pass sovite (sovite) ore; REE data not normalized to 100 % to the primary chondrites