

УДК 551.243:553.3 (477.62)

Н. Н. ШАТАЛОВ, д-р геол. наук, старший научный сотрудник (Институт геологический наук НАН Украины)

ПЕТРОВО-ГНУТОВСКИЙ РУДОНОСНЫЙ СТРУКТУРНЫЙ УЗЕЛ ПРИАЗОВСКОГО МЕГАБЛОКА УКРАИНСКОГО ЩИТА

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Приведены результаты исследования крупного структурного Петрово-Гнутовского узла в границах Приазовского мегаблока Украинского щита. Определены закономерности разломно-блоковой тектоники и ее роли в формировании рудного узла. Охарактеризованы Кальмиусская, Октябрьская и другие разломные зоны ортогональной и диагональной систем и их значение в локализации метасоматитов и уникальной рудоносной флюорит-паризитовой редкоземельной дайки. Исследован минеральный состав дайки.

The results of the investigations for the large structural Petrovo-Hnutivian ore knot within the Near-Azovian megablock of the Ukrainian Shield are considered. The features of fault-block tectonics and its influence on the forming ore knot are defined. The Kalmius', Oktiabrsk's and other fault zones of the orthogonal and diagonal systems and their significance in the localization of metasomatites and exceptional ore-bearing fluorite-parisite rare-earth dyke are characterized. The mineral composition of dyke is analyzed.

Вступление. К настоящему времени в границах Украинского щита (УЩ) геологами выявлено большое количество рудопоявлений и крупных редкометалльно-редкоземельных месторождений. Наиболее уникальными и крупными среди них являются такие месторождения: Пержанское бериллия, Азовское цирконий-редкоземельных руд, Мазуровское полевошпат-редкометалльных руд, Новополтавское апатит-редкометалльное, Каранское редкометалльных руд, Шевченковское, Полоховское и Станковатское лития [1–30]. Именно они в настоящее время являются базовыми для создания редкометалльно-редкоземельной промышленности Украины. Подавляющее большинство из указанных выше месторождений за последние три десятилетия открыто в пределах Приазовского мегаблока УЩ. В связи с этим этот мегаблок следует рассматривать в качестве одной из важных редкометалльно-

редкоземельных рудоносных провинций УЩ. Петрово-Гнутовское флюорит-редкоземельное месторождение было открыто здесь одним из первых. Оно расположено в довольно живописном месте – в долине реки Кальмиус, в 20 км севернее г. Мариуполя. Рудное тело выступает на поверхность в скалистом обрыве левого склона р. Кальмиус между селами Петровское и Гнутово. Впервые как свинцово-цинковое месторождение оно было открыто местными жителями Ю. М. Журовым и Н. Таранущенко в 1936 году [10]. Геологическая разведка здесь проводилась в 1938–1939 гг. Донецкой комплексной экспедицией. Редкоземельный паразит в составе руд месторождения впервые был диагностирован в 1938 году В. И. Кузьменко [9, 10]. Специальное изучение и опробование руд Петрово-Гнутовского месторождения на редкие земли было произведено в 1940–1941 гг. партией Украинского геологического управления в составе В. И. Кузьменко, И. А. Сафюшкина и П. К. Лагутина.

Позднее Петрово-Гнутовское месторождение изучали Н. А. Елисеев, В. Г. Кушев, Д. П. Виноградов, Е. А. Марченко, Г. Г. Коньков, В. И. Влащенко, В. П. Куц, Б. С. Панов, Р. М. Полуновский, Е. И. Семенов, Ю. Ю. Юрк, В. П. Гуров, Е. К. Лазаренко, Л. Ф. Лавриненко, А. М. Стрёмовский, Н. Н. Шаталов, С. Н. Стрёмков, В. В. Васильченко, С. Г. Кривдик, В. И. Ткачук и др. [1–30].

При этом на ранних этапах изучения большинство авторов рассматривали Петрово-Гнутовское редкоземельное месторождение как флюорит-карбонатную жилу гидротермального генезиса. И лишь позднее, в связи с обнаружением специфического состава и высокотемпературных образований в главной жиле, ее начали рассматривать [8, 15, 23, 29] в качестве глубинной гипабиссальной карбонатитовой дайки. Открытие Петрово-Гнутовского месторождения, следовательно, явилось как бы предвестником для обнаружения в описываемом регионе но-

вых редкометалльно-редкоземельных месторождений. Открытие Петрово-Гнутовского месторождения в тот период привлекло внимание специалистов и промышленников не только в СССР, но и за рубежом. В частности достоверно известно, что паразит-свинцово-флюоритовые руды этого месторождения интенсивно разрабатывались немецкими властями во время Великой Отечественной войны. Из данного месторождения руды тогда эшелонами вывозились в Германию.

Структура и морфология рудного тела. Крутопадающая флюорит-карбонатная (с паразитом) дайка при мощности от 0,3 до 3 м канавами, шурфами, скважинами и карьерообразной траншеей прослежена более 1 км по латерали и до 150 м на глубину (рис. 1). На отдельных участках пространственная ориентировка и мощность дайки варьирует. Резкие колебания мощности и наличие раздувов по простиранию иногда придают дайке неправильную форму. На отдельных участках направленные дайки северо-восток 20°, общее простирание ее северо-восточное 25–30°, падение на северо-запад под углом 75–80°. По простиранию дайка сложена грубозернистыми и блоковыми массивными агрегатами темно-сиреневого флюорита, розовых фторкарбонатов и разноцветного кальцита. Главная карбонатитовая дайка (флюорит-редкоземельное месторождение) залегает в граносиенитах Кальмиусского массива. По простиранию и на глубину она сечет зону фенетизированных пироксен-роговообманковых граносиенитов.

В зальбандах дайки карбонаты представлены фарфороподобными кристаллами бурого и серого цвета, в центральных частях – грубозернистыми агрегатами белого и розо-

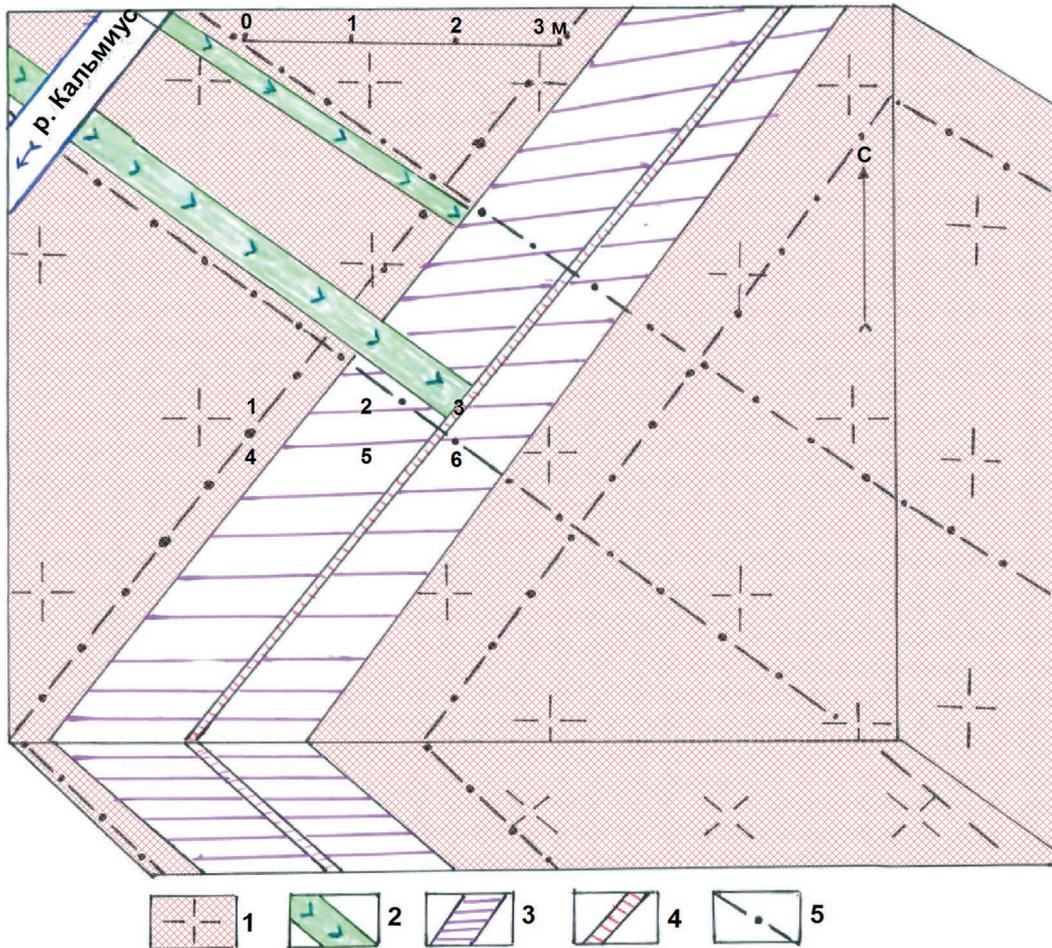


Рис. 1. Геолого-структурная схема (блок-диаграмма) одного из участков Петрово-Гнутовского флюорит-редкоземельного месторождения (составил автор):

1 – граниты и сиениты, метасоматически измененные; 2 – палеозойские дайки лампрофиров; 3 – докембрийская рудоносная флюорит-карбонатная дайка; 4 – зонка милонитов в рудоносной дайке; 5 – разрывные нарушения

вого кальцита. В составе карбонатов выявлены магний, стронций, марганец и лантоноиды цериевой группы, что характерно для карбонатов щелочных пород и карбонатитов. В виде вкрапленности присутствуют сульфиды меди, свинца, цинка. Вторичные карбонаты представлены флюоцеритом, баритом, гематитом, смитсонитом и др. В позднюю стадию происходил процесс щелочно-кремниевый метасоматоза флюорит-карбонатных пород дайки с образованием массивных выделений и прожилков халцедона, вмещающих включения свежего биотита. Халцедонилиты интенсивно развиты по простиранию карбонатитовой дайки и вблизи со-

путствующих более мелких жил аналогичного состава [14, 15].

Зоны контактов рудоносной дайки с вмещающими породами тектонические, довольно резкие, нередко извилистые. В контакте с рудной дайкой выделяется узкая полоска раздробленных полевошпатовых пород, сцементированных кальцитом, флюоритом, эгирином. Висячем боку дайки, непосредственно в зоне ее контакта с вмещающими породами, прослежена зона мощностью до 5 см флюорит-карбонат-эгиринового состава.

Параллельно карбонатитовой дайке в ее висячем боку во вмещающих диаллагороговообманковых гранитах и сиенитах наблюдается густая сеть мелких жилок

северо-восточного простирания, представленных эгирином, щелочным амфиболом, флюоритом и кальцитом [10]. Большинство мелких жилок здесь протягиваются в северо-восточном направлении 25° и имеют северо-западное падение $75-80^\circ$. Вмещающие граниты и сиениты вдоль описываемых жилок флюорита, кальцита и эгирина также обогащены эгирином и щелочным амфиболом (кроссит-крокидолитового типа). Щелочной амфибол и эгирин проникают во вмещающие породы в виде скоплений и отдельных игольчатых кристаллов, густо прорастая полевые шпаты и часто замещая их. Они образуют извилистые прослойки и выполняют многочисленные мелкие трещи-

ны. В зоне непосредственного контакта с Петрово-Гнутовской рудной дайкой граносиениты превращены в типичный катаклазит с выделениями щелочного амфибола и эгирина [9, 10, 15]. На отдельных участках описываемого структурного узла, в висячем боку дайки, вмещающие ее граносиениты мощностью до нескольких метров преобразованы на апатит-сфен-альбит-арфведсонит-эгириновые фениты с аксессуарным ильменитом, чевкинитом, цирконом, магнетитом и гематитом.

В лежащем боку дайки вмещающие сиениты интенсивно фенитизированы. Зона фенитизации достигает 30 м [15]. Фениты представлены альбитизированными и окварцованными калишпатовыми породами. В виде прожилков в них наблюдаются халцедон и эгирин. Фениты секутся многочисленными прожилками ниобийсодержащего сфена, флюорита и карбонатов. Сфен образует агрегаты крупных кристаллов и многочисленные прожилки, секущие фениты. Состав микроэлементов в минерале – Na_2O (0,26 %), Nb_2O_5 (0,35 %), SrO (0,02 %), TR_2O_3 (1,28 %) – цериевой группы свойственен сфенам щелочных пород [8, 14, 15]. По простиранию зоны фенитизированных вмещающих пород с центральной дайкой карбонатитов наблюдаются обнажения калишпат-ильменитовых пегматоидных пород крупноблочной структуры. Кристаллы ильменита в них достигают 10 кг. Ильменит содержит TiO_2 (51,31 %), MnO (6,06 %), MgO (1,99 %). По мнению Е. Я. Марченко и др. [15], ильменитсодержащие пегматоидные породы, развитые на юго-западном продолжении карбонатитовой дайки, являются наиболее ранними щелочными магматическими образованиями. Сиенит-пегматиты

обогащены титаном, а ильменит этих пород и сфен фенитов на контакте с дайкой имеют аналогичный состав микроэлементов.

Вещественный состав рудной дайки. Петрографические исследования свидетельствуют о том, что рудоносная дайка сложена преимущественно карбонатом (кальцитом, паризитом), флюоритом, кварцем и халцедоном. В качестве рудных минералов представлены галенит, сфалерит, халькопирит, пирит и аргентит. Вторичные минералы – лимонит, церуссит, ковеллин. Главные минералы – кальцит, флюорит и паризит – тесно сростаются между собою в массивно-зернистые агрегаты. Паризит и флюорит обособляются также в гнезда и полосы, вытянутые по простиранию дайки [9, 10, 15].

К а л ь ц и т. Является главным минералом карбонатов. В породе присутствуют две генерации кальцита. Более ранний кальцит образует крупные и мелкие зерна, имеет неправильную форму, прекрасно выраженную спайность и двойникование по плоскости ромбоэдра. Размер зерен – до 3 см. Окраска кальцита белая, розовая и бледно-розовая. Розовая окраска обусловлена изоморфными примесями в минерале редких земель, содержание которых увеличивается по мере нарастания интенсивности окраски: от 0,88 % в белой разности до 3 % в бледно-розовой и 7,28 % в густо-розовой; кальцит розовых тонов обнаруживается преимущественно по краям гнезд паризита [10]. Кальцит поздней генерации бесцветен, вблизи поверхности становится буроватым. Образует мелкие, совершенно прозрачные зерна и агрегаты, заполняющие сеть тонких прожилков по трещинам.

П а р и з и т имеет малиново-розовую окраску различных оттенков, сростается с кальцитом и флюоритом,

нередко обособляется в самостоятельные гнезда и полосы. Его твердость около 4, удельный вес – 3,6, размер зерен до 2 мм. В проходящем свете под микроскопом он бесцветный или сероватый, оптически одноосный, положительный. Цвета интерференции яркие: розовые, зеленые, синие, фиолетовые. Спайность не выражена. Показатели преломления: $n_g = 1,755$; $n_p = 1,67$. Многие зерна паризита трещиноваты. В связи с этим наблюдается побурение зерен паризита, выраженное прямыми параллельными полосками. Зерна мелкие, призматического габитуса. Сложение агрегатов мелко- и среднезернистое. В гнездах паризита всегда присутствует кальцит, образующий с ним тесные зернистые сростания. На фоне кальцита паризит наблюдается в виде мелко рассеянных зерен и пятен, а также в виде прожилков с включенными агрегатами флюорита [10].

Ф л ю о р и т образует среди карбонатов гнезда, линзы, полосы, рассеянные агрегаты и зерна. По трещинам флюорит цементируется кальцитом и халцедоном. Окраска флюорита зеленая и фиолетовая различных оттенков. Преобладает темно-фиолетовый флюорит. При естественном свете окрашенный флюорит светлеет. Образует крупные зерна с ясно выраженной спайностью по плоскости октаэдра (111). Под микроскопом он бесцветен, слегка розовый или лиловый, в качестве включений содержит мелкие зерна кварца и карбонатов.

К в а р ц играет подчиненную роль в породе и обнаруживается лишь под микроскопом. Существует две его генерации. Ранний в виде включений мелких зерен и правильных призматических кристаллов присутствует в кальците, паризите и флюорите, а более поздний – заполняет микротрещины.

Х а л ц е д о н образует гнездовидные выделения, замещая карбонаты и флюорит. В породе наблюдается в виде сети тонких прожилков.

Р у д н ы е м и н е р а л ы. Из первичных минералов главную роль играют галенит и сфалерит, а подчиненную – пирит и халькопирит. Вторичные минералы представлены малахитом, аргентитом, ковеллином, хризоллоидом, церусситом, лимонитом, пиролюзитом.

В результате геохимических исследований мономинеральных проб кальцита, паризита и флюорита обнаружен ряд особенностей в распределении элементов-примесей, редкоземельных и редких элементов: стронция, иттрия, лантана, церия и др. В частности в паризите содержание редкоземельных элементов в среднем (по 3 пробам) достигает 55,73 %. Состав редких земель в паризитах исключительно цериевый ($TR_{Ce}: TR_Y = 82$). При этом на долю церия выпадает половина содержания редкоземельных элементов. В кальците, в сравнении с паризитом, относительная роль редкоземельных элементов иттриевой подгруппы возрастает ($TR_{Ce}: TR_Y = 6,7$); содержание редких земель в кальците достигает 0,7 % [11]. Высокие содержания редкоземельных элементов установлены также в флюоритах Петрово-Гнутовского месторождения – 0,12 % при соотношении $TR_{Ce}/TR_Y = 0,26$. Обращают на себя внимание высокие концентрации стронция в кальците (1179 г/т) и флюорите (838 г/т), что характерно для продуктивных стадий рудообразования.

Возраст. Время внедрения рудоносной Петрово-Гнутовской карбонатитовой дайки определяется исходя из совокупности геолого-структурных и изотопных данных. Дайка сечет гнейсомигматитовую толщу архея и протерозойские пироксен-роговообманковые граносиениты, а

сечется более молодыми дайками лампрофиров, диабазов и ортофиров [18–19]. По U-Pb соотношению возраст галенита из пород дайки протерозойский, датируется временем от 2,1 до 1,92 млрд лет [15, 18], то есть близкий к возрасту сиенитов восточно-приазовского комплекса [7]. Немного завышенное значение возраста галенита, по мнению авторов работы [15], может свидетельствовать о заимствовании древних свинцов из вмещающих пород субстрата и непосредственно указывать на глубинное происхождение пород дайки. Изотопный возраст галенита, выделенного из эгирин-флюорит-рибекитового метасоматита Петрово-Гнутовского месторождения, составляет 2 млрд лет [7, 29]. Изотопный возраст роговой обманки из прожилков вблизи дайки составляет 1,5 млрд лет [11]. Следовательно, имеющиеся геолого-структурные данные и определения изотопного возраста свидетельствуют о близости формирования пород дайки и граносиенитовых массивов Приазовья (1,9–1,8 млрд лет).

Генезис. Для редкоземельного оруденения Петрово-Гнутовской карбонатитовой дайки характерна определенная специфика, отображающая его первично-мантийное магматическое происхождение. Прежде всего отметим достаточно простой набор минералов – карбонаты (кальцит, паризит) и флюорит. С учетом, что указанная триада относится к наиболее фторофильным элементам, а флюорит встречается здесь в большом количестве, первичным источником редкоземельного оруденения следует считать мантийный очаг. В паризите Петрово-Гнутовской карбонатно-флюоритовой дайки значение δO^{18} составляет от +6,4 до +10,5 ‰, что указывает на эндогенное происхождение карбонатов. Это подтверждается данными

изотопного состава из углерода со значениями δC^{13} от $-4,5$ до $-8,6$ ‰ [20].

На высокие температуры и “глубинность” образования пород карбонатитовой дайки указывают результаты декрепитации. Максимумы на кривых декрепитации блокового флюорита фиксируются при 480 и 460 °C, а галенита – при 465 °C, что выше температур, полученных методом гомогенизации для флюорита (395 – 365 и 330 – 300 °C – ранняя и 270 – 245 – 215 °C – поздняя генерация). На кривых декрепитации розовых карбонатитов основной массы дайки стабильно фиксируются максимумы при 730 и 460 °C [15]. Важно отметить, что фарфороподобные карбонатиты приконтактных частей дайки при нагревании не выявляют декрепитационных эффектов, что вероятно связано с ликвидацией в породе включений в процессе “закалки”. Низкотемпературные пики на кривых декрепитации и наличие включений в флюорите, который гомогенизируется при 180 – 120 °C, указывают на позднегидротермальную переработку пород карбонатитовой дайки в связи с процессами щелочно-кремнивого метасоматоза [9, 10, 14, 15, 20].

О высоких температурах образования карбонатитов свидетельствует интенсивный щелочной метасоматоз в экзоконтактах дайки (альбитизация, эгиринизация, сфенизация). Флюорит, карбонаты, фтор-карбонаты основной массы являются близкими по времени образования минералами, кристаллизация которых проходила из богатых щелочно-карбонатных расплавов в крутопадающих трещинах Кальмиусского глубинного разлома. В связи с внедрением дайки карбонатитов вмещающие граносиениты Кальмиусского массива подверглись высокотемпературной метасоматической переработке и преобразова-

лись в фениты. Процесс низкотемпературной переработки (халцедонизации), вероятно, происходил значительно позднее. “Халцедонизация” является наложенным низкотемпературным процессом и наблюдается в участках, где нет флюорит-карбонатных даек и жил. На “глубинность” формирования пород Петрово-Гнутовской карбонатитовой дайки указывают также соотношения изотопов стронция. Приведенные данные свидетельствуют о том, что минералого-геохимические особенности описываемой дайки близки до карбонатитов жильного поля Маунтин-Пас в докембрии Калифорнии. В карбонатитах Маунтин-Пас значения отношения изотопов $^{87}Sr/^{86}Sr$ составляют $0,704$ [21], то есть равны среднему значению этого отношения для карбонатитов, изученных в работе [23], что указывает на глубин-

ные очаги стронция и карбонатитовую природу даек.

О принадлежности пород Петрово-Гнутовской дайки до карбонатитов свидетельствуют их простраственноструктурные соотношения с фенитами, специфический минеральный и микроэлементный состав и высокие температуры породо- и рудообразования. Широкое развитие фторвмещающих минералов (флюорит, фторкарбонаты, флюоцерит) и позднее окремнение указывают на гипабиссальный характер формирования дайки. Известно, что в массивах карбонатитов более глубинных карбонатитовых комплексов фтор концентрируется в апатитах, слюдах, а в менее глубинных фтороносных карбонатитах образует собственные минералы – флюорит и др. Важно подчеркнуть, что фенитовый тип изменений вмещающих пород, обога-

щение щелочами, титаном и фосфором, селективно цериевый состав лантоноидов флюорита и карбонатов, как и высокие температуры образования, свойственны глубинным карбонатитам, а не обычным флюоритовым жилам гидротермального происхождения [8, 21, 23].

Геолого-структурная позиция Петрово-Гнутовского рудосносного узла. Месторождение флюорит-редкоземельных руд локализовано в границах Петрово-Гнутовского структурного узла, размещенного на Приазовском мегаблоке УЩ, в зоне пересечения зон глубинных разломов диагональной и ортогональной систем (рис. 2). В крупном структурном узле развиты также многочисленные дайки лампрофиров, диабазов, диоритовых пофитов и ортофитов, которые различаются по составу, возрасту и пространственной



Рис. 2. Схема Петрово-Гнутовского структурного узла Приазовья (составил автор):

1 – осадочно-вулканогенные породы зоны сочленения Донбасса с Приазовьем; 2 – Покрово-Киреевская вулканогенная структура; 3 – Октябрьский щелочной массив; 4 – Екатериновский и Каменномогильский гранитные массивы; 5 – Петрово-Гнутовская паразит-флюоритовая дайка; 6 – границы Павлополь-Октябрьского дайкового пояса; 7 – Кальмиусский глубинный разлом; 8 – разломы ортогональной системы; 9 – Криворожско-Павлопольский сброс; 10 – Грузско-Еланчикская и Донецко-Гурзуфская разломные зоны

ориентировке [26–29]. Здесь же наблюдаются участки катаклаза, милонитизации и интенсивного ошелачивания вмещающих пород. Главной среди диагональных разломов является Кальмиусская тектоническая зона, поскольку на отрезке от с. Петровское до с. Гнутово она по латерали и на глубину является рудоконтролирующей структурой. Именно с ней по простиранию четко совпадает внедрившаяся из глубин Земли рудоносная флюорит-паризитовая дайка и в тот период эволюции произошло растрескивание и растяжение сформированной, сравнительно мощной, плотной и твердокристаллической земной коры Приазовского мегаблока. По данным сверхдальнего дистанционного изучения Земли Кальмиусский глубинный разлом трассируется [1, 2], в северо-восточном 25–30° направлении – от Черного моря (южнее г. Керчь) через Азовское море, Приазовский мегаблок УЩ (г. Мариуполь, пгт Гранитное) и Донбасс (восточнее г. Донецк) до Воронежского кристаллического массива (ВКМ). Ширина его на различных участках от 5 до 10 км, а длина – сотни километров (рис. 3). Описываемая зона характеризуется целым комплексом геолого-геофизических признаков глубинных разломов: имеет большую протяженность, выдержанное простирание, пересекает различные тектонические структуры древней Восточно-Европейской (ВКМ, Донбасс, Приазовский мегаблок УЩ) платформы, Северо-Азовский прогиб, Азовский вал, молодую Скифскую платформу и Черноморскую впадину. В пределах Приазовского мегаблока УЩ разлом разграничивает приподнятые и опущенные блоки земной коры с разным строением и различной глубиной залегания поверх-

ности Мохо. Здесь же в виде ступеней разлом отчетливо фиксируется также в гравитационном поле. Исследования внутренней структуры разлома в границах Приазовского мегаблока показали, что это разрывное нарушение представляет собой не узкий линейный шов, а сложную систему различно ориентированных коротких нарушений, представленных зонами расланцевания, дробления, милонитизации и метасоматоза. Эти мелкие нарушения, пересекая друг друга, образуют вдоль р. Кальмиус несколько сгущений. Один из участков с густой сетью мелких нарушений протягивается от с. Петровское до с. Гнутово,

второй – от с. Николаевка до с. Павлополь. В кинематическом плане Кальмиусский разлом классифицирован как левый сбросо-сдвиг с амплитудой горизонтального перемещения крыльев первые десятки километров [25].

По тектонической значимости, особенностям геодинамики, магматизма, миграционного и геолого-геофизического характеристикам большое значение в формировании весьма сложного Петрово-Гнутовского структурного узла имеет также Октябрьский (Донской) глубинный разлом. Зона Октябрьского разлома является юго-восточным продолжением Криворож-

ско-Павловского сброса, охарактеризованного [13] в районе развития осадочных пород палеозоя Донбасса. В целом Октябрьский разлом выступает как крупное разрывное нарушение (типа сброса, сбросо-сдвига), имеющее глубинное заложение и региональное значение в структуре Приазовского мегаблока УЩ. В связи с изучением даек региона разлом был протрассирован автором статьи в юго-восточном направлении до г. Новоазовск, то есть вплоть до побережья Азовского моря [28, 29]. В районе Октябрьского щелочного массива он отчетливо фиксируется в смещениях поверхности Мохо на профи-

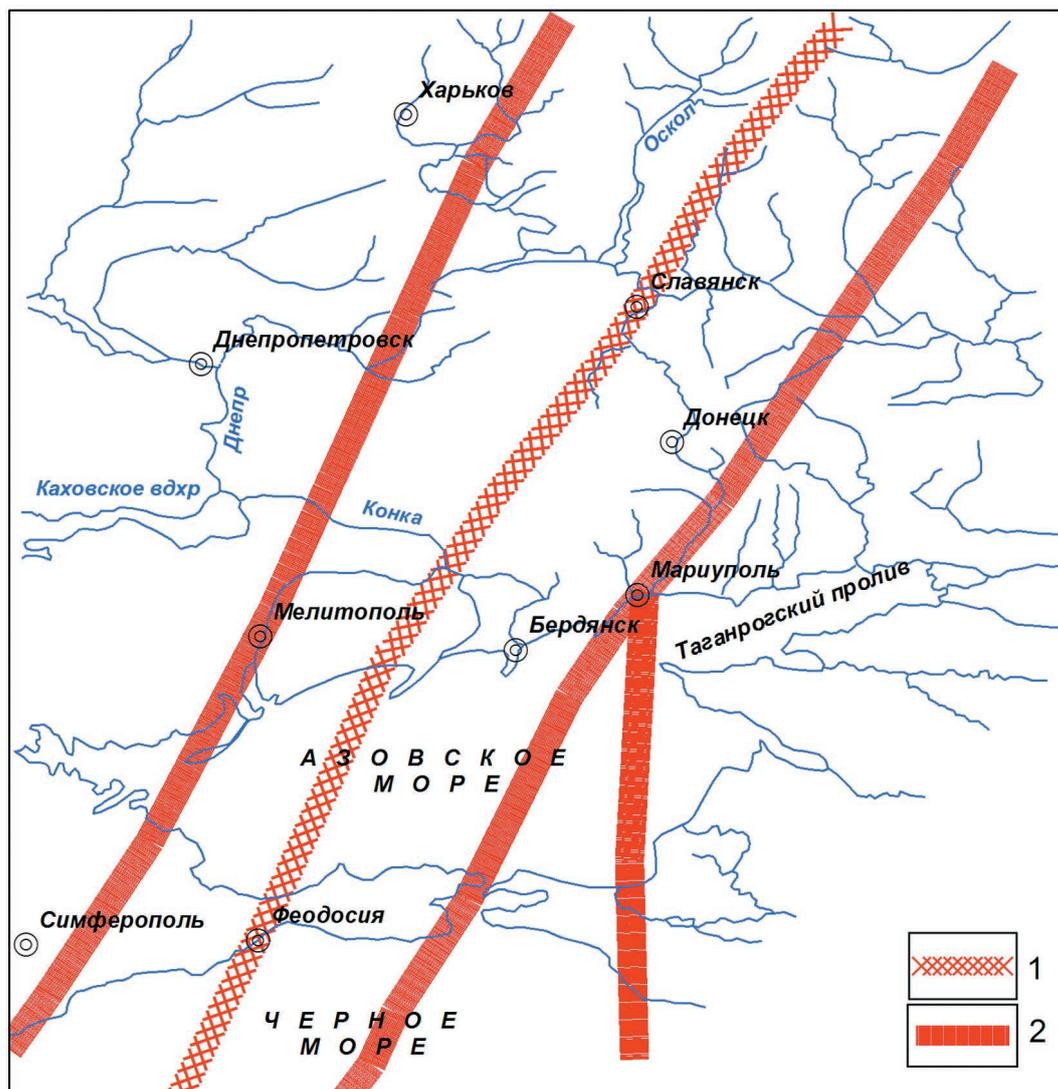


Рис. 3. Схема трассирования по аэрокосмическим снимкам Кальмиусского, Феодосийско-Славянского и Орехово-Павлоградского линейментов [2]:

1 – Феодосийско-Славянский разлом; 2 – Орехово-Павлоградский и Кальмиусский глубинные разломы

ле ГСЗ Таганрог – Днепропетровск. В северо-западном направлении 310–315° от г. Новоазовск до Октябрьского щелочного массива разломная зона четко трассируется сериями гипабиссальных даек лампрофиров, диабазов и ортофиров. Сгущение дайковых тел наблюдается по р. Кальмиус на отрезке шириной 7–8 км (села Павлополь – Николаевка). Обнажения даек встречаются также между сс. Петрово и Гнутово, балкам Чернечья, Вербовая, Калмыцкая, Терновая, являющимися правыми притоками р. Кальмиус. В связи с этим ширина роя даек в описываемом структурном узле увеличивается до 15 км. Вкрест простирания разломной зоны нами встречено не менее 100 даек. Среди них встречаются дайки субмеридиональной и субширотной ориентировки, однако значительно преобладают дайки северо-западного направления. Изученный рой даек выделен ранее автором под названием Павлополь-Октябрьского дайкового пояса [26–29]. В границах пояса количественно преобладают дайки ортофиров. Они являются наиболее молодыми палеозойскими интрузиями – секут дайки лампрофиров фанерозоя, а также диабазы, диабазовые порфириды и лампрофиры верхнего протерозоя. Юго-восточнее Петрово-Гнутовского структурного узла обломки ортофиров скважинами встречены в сравнительно широко развитых конгломератах поздне-триасового возраста [26–29]. По простиранию некоторые индивидуальные дайки Павлополь-Октябрьского пояса можно проследить до 2 км. Мощность даек лампрофиров и диабазов здесь преимущественно до 2 м (иногда 5 м), а ортофиров – до 20 м. Общая мощность даек в структурном узле составляет не менее 500 м. На отдельных участках дайки занимают до

15 % от общего объема вмещающих пород. Кроме серий даек, в описываемом структурном узле геофизическими и геологосъемочными работами обнаружены палеозойские вулкано-плутонические структуры. В частности бурением выявлен ряд вулканических аппаратов центрального типа – жерловин. Их размер – от десятков метров (балка Вербовая) до 2 км и более (Кичиксу и Кирилловская). Среди выявленных субвулканических образований преобладают ортофиры (трахиты). В непосредственной близости к флюорит-паризитовой дайке закартировано сгущение маломощных (до 1–2 м) дайковых тел лампрофиров субширотной и северо-западной ориентировки. Доизучение одного из участков развития рудоносной карбонатитовой дайки позволило установить характер пересечения и смещения фрагмента дайки лампрофиров, секущей приконтактовую зону фенетизации и флюорит-карбонатитовую дайку (рис. 1). Судя по рисунку, очевиден палеозойский сдвиг тела докембрийской карбонатитовой дайки по разлому северо-восточного простирания.

Подчиненное значение в структурном плане Петрово-Гнутовского рудного узла имеют разломные зоны субмеридиональной и субширотной ориентировки. К субмеридиональным системам трещиноватости здесь приурочены многочисленные эгириновые, эгирин-амфиболовые, флюорит-карбонатные жилы мощностью до 2 м, а к субширотным – зоны фенитов и крутопадающие маломощные (до 1 м) дайки лампрофиров с простиранием 270°.

Выводы. Анализ исследований свидетельствует о том, что разломы ортогональной и диагональной (Кальмиусский, Октябрьский) систем расчленили территорию описываемого структурного узла на ряд мелких клино-

видных геоблоков, в связи с чем здесь были образованы участки с максимальной раздробленностью и проницаемостью литосферы, благоприятные для локализации метасоматитов и рудного вещества. В связи с активизацией глубинных процессов в пределах крупного структурного узла сформировался более мелкий Петрово-Гнутовский рудный узел и внедрилась уникальная флюорит-паризитовая редкоземельная дайка. Отмеченные выше особенности тектонических, магматических и метасоматических процессов (глубинность, многоэтапность, длительность, интенсивность) и вызванная этим раздробленность земной коры и глубокая дифференцированность вещества имели важное значение для образования промышленных концентраций редких земель и флюорита в границах рудного узла. Именно эти факторы определили возникновение оруденения в условиях пересечения зон глубинных разломов, где происходило длительное развитие тектономагматических и метасоматических процессов как на больших глубинах, так и в приповерхностных частях литосферы. Петрово-Гнутовский рудный узел необходимо отнести к категории уникальных по параметрам петрологии и рудоносности: высокая локальная концентрация флюорита и редких элементов, а также довольно простой минеральный состав руды. По мнению авторов работы [15], селективно цериевый состав редких земель флюорита и карбоната и фенитовый тип изменения вмещающих пород не свойственны обычным флюоритовым жилам, но характерны для даек карбонатитов. Фарфоровидные плотные зальбанды жилы трактуются как зона закалки дайки, а кальцит, флюорит и редкоземельные фторкарбонаты основной массы являются близ-

ковременными минералами, кристаллизовавшимися из богатых минерализаторами щелочно-карбонатных расплавов. Экспериментальные исследования не противоречат представлениям авторов в работе [15] и свидетельствуют о высокой (20–40 %) растворимости $\text{La}(\text{OH})_3$ в синтетическом карбонатном расплаве [8]. Редкоземельная минерализация в составе руды представлена паризитом, играющим породообразующую роль. Во многих районах США, СНГ, Канады, Италии, Гренландии, Мадагаскара содержания данного минерала не превышают акцессорных значений. Поэтому редкоземельное Петрово-Гнутовское месторождение является уникальным не только для Украины, но и для других регионов мира.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быстревская С. С., Шаталов Н. Н. Глубинная структура земной коры по космическим изображениям (на примере Восточного Приазовья)//Исследование Земли из космоса. 1980. № 5. С. 10–16.
2. Быстревская С. С., Кливаденко Л. Л. Феодосийско-Славянский линейament//Докл. АН УССР. Сер. Б. 1980. № 9. С. 3–8.
3. Галецкий Л. С. Гентельвиновое оруденение – новый высококачественный тип бериллиевого сырья//Геология руд. месторожд., 1971.13. № 3. С. 21–30.
4. Галецкий Л. С., Зарицкий А. И., Князев Г. И. и др. Субграфические сподуменовые и петалит-сподуменовые пегматиты одного из докембрийских полей//Геол. журн. 1987. № 1. С. 136–141.
5. Гурский Д. С., Чорнокур І. Г. Пержанське родовище берилію (геологія та перспективи освоєння в контексті світових і вітчизняних тенденцій розвитку мінерально-сировинної бази рідкісних металів)//Мінер. ресурси України. 2009. № 4. С. 23–32.
6. Гурський Д. С., Єсипчук К. Ю., Калінін В. І. та ін. Металічні корисні копалини. Київ. 2005. Т. 1. 710 с.
7. Елисеев Н. А., Кушев В. Г., Виноградов Д. П. Протерозойский интрузивный комплекс

Восточного Приазовья. М.-Л.: Наука, 1965. 200 с.

8. *Кривдик С. Г., Ткачук В. И.* Петрология щелочных пород Украинского щита. Киев: Наукова думка, 1990. 408 с.

9. *Кузьменко В. И.* Рідкісні землі в Петрово-Гнутовській флюорито-карбонатній жилі в Приазов'ї (Маріуполь)//Доповіді АН УРСР. 1940. № 3. С. 26–30.

10. *Кузьменко В. И.* Петрово-Гнутовское месторождение паразита (Укр. ССР)//Сов. геология 1946. № 12. С. 49–61.

11. *Куц В. П.* Особенности распределения акцессорных редкоземельных элементов в минералах Петрово-Гнутовского рудопроявления паразита//Докл. АН УССР. Сер. Б. 1971. № 10. С. 892–894.

12. *Лазаренко Е. К., Лавриненко Л. Ф., Бучинская Н. И.* и др. Минералогия Приазовья. Киев: Наукова думка, 1981. 432 с.

13. *Левенштейн М. Л.* К вопросу о структуре юго-западной окраины Донецкого бассейна//Изв. АН СССР. Сер. геол., 1959. № 4. С. 91–98.

14. *Марченко Е. Я.* Об акцессорном флоритовом шаре из Приазовья//Мин. сб. Львовск. геол. об-ва, 1965. № 19. Вып. 3. С. 378–380.

15. *Марченко Е. А., Коньков Г. Г., Власенко В. И.* О карбонатитовой природе Петрово-Гнутовской дайки Приазовья//Докл. АН УССР. Сер. Б. 1980. № 1. С. 24–27.

16. *Марченко Е. Я., Стрекозов С. М.* Азовская рудоносная структура докембрия Приазовья//Мінер. ресурси України. 1999. № 1. С. 34–36.

17. *Мельников В. С., Возняк Д. К., Гречановская Е. Е.* и др. Азовское цирконий-редкоземельное месторождение: минералогические и генетические особенности//Мінерал. журнал, 2000. № 1. С. 42–61.

18. *Панов Б. С., Коньков Г. Г.* Рудные древние свинцы в Восточном Приазовье//Геохимия. 1966. № 7. С. 867–869.

19. *Панов Б. С., Стремовский А. М., Бастьен Ж. Л.* Редкоземельные и редкие элементы в флюоритах Донбасса и Приазовья//Докл. АН УССР. Сер. Б. 1980. № 2. С. 29–32.

20. *Панов Б. С., Панов Ю. Б.* Рудные формации Приазовской редкоземельно-редкометалльной области Украинского щита//Мінерал. журнал, 2000. № 1. С. 81–85.

21. *Пауэлл Дж., Харли Р. М., Форбон Х. В.* Изотопный состав стронция и происхождение карбонатитов//В кн.: Карбонатиты. М.: Мир, 1969. С. 314–325.

22. *Стрекозов С. Н., Васильченко В. В., Гурский Д. С.* и др. Геологическое строение и характер оруденения Азовского месторождения//Мінер. ресурси України. 1998. № 3. С. 6–9.

23. *Фор Г., Пауэлл Дж.* Изотопы стронция в геологии. М.: Мир, 1974. 213 с.

24. *Хомяков А. П., Семенов Е. И.* Гидротермальные месторождения фторкарбонатов редких земель. М.: Наука, 1971. 133 с.

25. *Чебаненко И. И., Знаменская Т. А., Шаталов Н. Н.* Проявление сдвиговой тектоники в структуре литосферы Украины//В кн.: Сдвиговые тектонические нарушения и их роль в образовании месторождений полезных ископаемых. М.: Наука, 1991. С. 85–92.

26. *Шаталов М. М.* Деякі структурно-геологічні і вікові особливості дайок ортофірів Павлополь-Октябрьського поясу Приазов'я//Доп. АН УРСР. Сер. Б. 1980. № 10. С. 34–37.

27. *Шаталов М. М.* Перша знахідка складно побудованої дайки в Східному Приазов'ї//Доп. АН УРСР. Сер. Б. 1981. № 7. С. 34–37.

28. *Шаталов Н. Н.* К вопросу об использовании результатов дешифрирования космо- и аэрофотоснимков при изучении особенностей геологического строения Восточного Приазовья//Геол. журн., 1982. № 1. С. 68–76.

29. *Шаталов Н. Н.* Дайки Приазовья. Киев: Наукова думка, 1986. 192 с.

30. *Щербак Н. П., Артеменко Г. В., Лесная И. М.* и др. Геохронология раннего докембрия УЩ. Протерозой. Киев: Наукова думка, 2008. 240 с.

REFERENCES

1. *Bystrevskaia S. S., Shatalov N. N.* Abyssal earth crust structure from space images: Case of the eastern Near-Azovian area//Issledovania Zemli iz Kosmosa. 1980. № 5. P. 10–16. (In Russian).

2. *Bystrevskaia S. S., Klivadenko L. L.* Feodosiisko-Slaviansky lineament//Dokl. AN USSR. Ser. B. 1980. № 9. P. 3–8. (In Russian).

3. *Haletsky L. S.* Genthelvit mineralization as a new high quality type of beryllium mineral materials//Geologia rudnykh mestorozhdeniy. 1971. Vol. 13. № 3. P. 21–30. (In Russian).

4. *Haletsky L. S., Zaritsky A. I., Kniazev H. I.* Subgraphic spodumene and petalite – spodumene pegmatites for one of Precambrian fields//Geol. zhurnal. 1987. № 1. P. 136–141.

5. *Hursky D. S., Chornokur I. H.* Perzhanske deposit of beryllium

(Geology and perspectives of exploration in context of world and native tendencies of development of mineral raw materials base for rare metals)//Mineralny resursy Ukrainy. 2009. № 4. P. 23–32. (In Ukrainian).

6. *Hursky D. S., Yesypchuk K. E., Kalinin V. I.* Metal useful mineral. Kyiv-Lviv: Tsentr Evropy, 2005. Vol. 1. 710 p. (In Ukrainian).

7. *Yeliseev N. A., Kushev V. H., Vinogradov D. P.* Proterozoic intrusive complex of the Eastern Near-Azovian area. M.-L.: Nauka, 1965. 200 p. (In Russian).

8. *Krivdik S. H., Tkachuk V. I.* Petrology of alkali rocks of the Ukrainian Shield. Kiev: Naukova dumka, 1990. 408 p. (In Russian).

9. *Kuzmenko V. I.* Rare earths in the Petrovo-Hnutonian fluorspar-carbonate vein of the Near-Azovian area (Mariupol)//Dopovidi AN UkrSSR. 1940. № 3. P. 26–30. (In Ukrainian).

10. *Kuzmenko V. I.* The Petrovo-Hnutonian parasite deposit (UkrSSR)//Sovetskaya Geologia. 1946. № 12. P. 49–61. (In Russian).

11. *Kuts V. P.* The special aspects of distribution for rare earth elements in the minerals from the Petrovo-Hnutonian parasite ore occurrence//Dokl. AN USSR. Ser. B. 1971. № 10. P. 892–894. (In Russian).

12. *Lazarenko Ye. K., Lavrinenko L. F., Buchinskaia N. I.* Mineralogy of the Near-Azovian area. Kiev: Naukova dumka, 1981. 432 p. (In Russian).

13. *Levenshtein M. L.* Towards the structure of the south-western margin of the Donets basin//Izvestia AN USSR. Series of geology. 1959. № 4. P. 91–98. (In Russian).

14. *Marchenko Ye. Ya.* On accessory sphene from the Near-Azovian area//Minerology digest of the Lvov's Geological society. 1965. № 19. Issue 3. P. 378–380. (In Russian).

15. *Marchenko Ye. Ya., Konkov H. H., Vlasenko V. I.* On carbonatite character of the Petrovo-Hnutovian dyke of the Near-Azovian area//Dokl. AN USSR. Ser. B. 1980. № 1. P. 24–27. (In Russian).

16. *Marchenko Ye. Ya., Strekozov S. M.* The Azovian ore-bearing structure of the Precambrian of the Near-Azovian area//Mineralny resursy Ukrainy. 1999. № 1. P. 34–36. (In Ukrainian).

17. *Melnikov V. S., Vozniak D. K., Hrechanskaia Ye. Ye.* The Azovian zirconium – rare earth deposit: Mineralogical and genetic features//Mineral. zhurnal. 2000. № 1. P. 42–61. (In Russian).

18. *Panov B. S., Konkov H. H.* Ore ancient leads in the Eastern Near-Azovian//Heokhimiya. 1966. № 7. P. 867–869. (In Russian).

19. *Panov B. S., Stremovskiy A. M., Bastien Zh. L.* Rare earth and rare elements in fluorspars from the Donbas and Near-Azovian area//Dokl. AN USSR. Ser. B. 1980. № 2. P. 29–32. (In Russian).

20. *Panov B. S., Panov Yu. B.* The ore formations of the Near-Azovian rare earth – rare metal range of the Ukrainian Shield//Mineral. zhurnal. 2000. № 1. P. 81–85. (In Russian).

21. *Powell J., Harley R. M., Farban H. V.* Strontium isotopic composition and carbonatite genesis//In: Carbonatites. M.: Mir, 1969. P. 314–325. (In Russian).

22. *Strekozov S. N., Vasilchenko V. V., Hursky D. S.* Geological structure and character of mineralization from the Azovian deposit//Mineralny resursy Ukrainy. 1998. № 3. P. 6–9. (In Russian).

23. *Faure G., Powell J.* Strontium Isotopes Geology. M.: Mir, 1974. 213 p. (In Russian).

24. *Khomiakov A. P., Semenov Ye. I.* Hydrothermal deposit for fluorine carbonates of rare earths. M.: Nauka, 1971. 133 p. (In Russian).

25. *Chebanenko I. I., Znamenkaia T. A., Shatalov N. N.* Manifestation of fault tectonics in the lithosphere structure of Ukraine. In: Fault tectonic dislocations and their role in the mineral deposit formation. M.: Nauka, 1991. P. 85–92. (In Russian).

26. *Shatalov M. M.* Some structural and geological age features for orthopyres dykes from the Pavlop – Oktiabrsk belt of the Near-Azovian area//Dopovidi AN UkrSSR. Series B. 1980. № 10. P. 34–37. (In Ukrainian).

27. *Shatalov M. M.* The first finding of compound dyke in the eastern Near-Azovian area//Dopovidi AN UkrSSR. Series B. 1981. № 7. P. 34–37. (In Ukrainian).

28. *Shatalov N. N.* Towards the application of satellite and aerial imagery data for the study of geological structure characteristics of the Eastern Near-Azovian area//Geol. zhurnal. 1982. № 1. P. 68–76. (In Russian).

29. *Shatalov N. N.* Dykes of the Near-Azovian area. Kiev: Naukova dumka, 1986. 192 p. (In Russian).

30. *Scherbak N. P., Artemenko H. V., Lesnaia I. M., Ponomarenko A. N., Shumliansky L. V.* The Early Pre-Cambrian Geochronology of the Ukrainian Shield. The Proterozoic. Kiev: Naukova dumka, 2008. 240 p. (In Russian).