

УДК 551.243:553.3 (477.62)

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

ПОКРОВО-КИРЕЕВСКИЙ РУДОНОСНЫЙ СТРУКТУРНЫЙ УЗЕЛ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ ДОНБАССА С ПРИАЗОВСКИМ МЕГАБЛОКОМ УКРАИНСКОГО ЩИТА

ПОКРОВО-КИРІЇВСЬКИЙ РУДОНОСІЙНИЙ СТРУКТУРНИЙ ВУЗОЛ ЗОНИ ЗЧЛЕНУВАННЯ ДОНБАСУ З ПРИАЗОВСЬКИМ МЕГАБЛОКОМ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Приведены результаты исследования крупного Покрово-Киреевского структурного узла, расположенного в зоне сочленения Донбасса с Приазовским мегаблоком Украинского щита. Определены закономерности разломно-блоковой тектоники и ее роль в формировании рудного узла. По аэрокосмическим и геолого-геофизическим данным охарактеризованы Кальмиусская, Грузско-Еланчикская, Южно-Донецкая и другие разломные зоны ортогональной и диагональной систем и их значение в локализации уникального флюорит-редкоземельного месторождения. Исследованы особенности проявленного магматизма.

Ключевые слова: тектоника, разломная геоструктура, геоблоки, дайки, флюорит-редкоземельное месторождение.

N. N. Shatalov, Doctor of Sciences in Geology, senior scientist (IGS, NAS of Ukraine)

POKROVO-KIREEVSKAYA LARGE STRUCTURAL ORE KNOT WITH IN OF THE DEEP STRUCTURE OF DONBAS AND NEAR-AZOVIAN GEOBLOK UKRAINIAN SHIELD

The results of investigations for the large structural Pokrovo-Kireevskaya ore knot within the of Donbas and Near-Azovian megablock of the Ukrainian Shield are presented. The features of fault-block tectonics and its influence on forming the ore knot are defined. The Kalmiuska, Gruzcko-Yelanchikskaya, Yuzhno-Donetskaya, and other fault zones of the orthogonal and diagonal systems and their significance in the localization of unigue fluorite rare-earth deposit are characterized, by using satellite images and geological-geophysical data. The features of magmatism manifestation are studied.

Keywords: tectonics, fault geostucture, dikes, fluorite-rare metals ore deposit.

Вступлення

К настоящему времени в мире известно более сотни разновозрастных месторождений флюорита, которые встречаются в различных геологических формациях. В восточной части Украины, в крупнейшем горнодобывающем регионе страны, геологами Приазовской ГРЭ в конце 50-х годов XX ст. обнаружено уникальное Покрово-Киреевское флюорит-редкоземельное месторождение [4]. Оно представляет собой яркий пример формирования руд на сравнительно небольшой глубине и в чрезвычайно сложно построенном структурно-тектоническом узле. По генетическим особенностям Покрово-Киреевское месторождение также уникально и не имеет аналогов в Украине. Руды подобного типа обнаружены лишь на Вознесенском месторождении флюорита на Дальнем Востоке.

Тектоническая позиция

Покрово-Киреевского рудного узла

Покрово-Киреевское флюорит-редкоземельное месторождение локализовано в границах одноименного весьма сложного структурно-рудного узла. В тектоническом плане он размещен в зоне сочленения сравнительно молодого “*фанерозойского*” складчатого Донецкого бассейна с древним “*докембрийским*” Приазовским мегаблоком Украинского

щита (УЩ). В докембрийском кристаллическом фундаменте региона под осадочным чехлом предположительно выделяется одноименная куполообразная структура размером до 30 км. Она сложена гнейсо-мигматитовыми образованиями архея, протерозоя и гранитами восточно-приазовского комплекса неопротерозоя. Широким развитием здесь пользуются массивы, штоки и дайки разновозрастных палеозойских пород ультраосновного, основного и щелочного состава. Фрагменты отдельных дуговых разломов, даек и других элементов строения Покрово-Киреевского купола выявлены по геолого-геофизическим и аэрокосмическим данным [3].

Важнейшими элементами тектоники описываемого региона являются разломы [1–8, 11–14]. Ими обусловлена вся гетерогенность и мозаичность Покрово-Киреевской структуры, блоковый характер строения Восточно-Приазовского мегаблока УЩ и зоны сочленения его с Донбассом. Разрывные нарушения различаются в регионе по направлению, глубине заложения, протяженности, амплитуде смещения по вертикали и латерали и другим кинематическим признакам. В юго-восточной части Украины они образуют ортогональные и диагональные системы, которые состоят из серии субпараллельных зон, расчленяющих охарактеризованные выше структурные этажи на разновеликие геоблоки. Большинство разломов зародилось в докембрии и продолжает развиваться до настоящего времени. Многим зонам разрыв-

ных нарушений свойственны все типичные признаки глубинных разломов.

Южно-Донецкий разлом, разделяющий Приазовский мегаблок УЩ от складчатого Донбасса, является, например, структурой наподобие краевого шва (по сути, минирифт). Вдоль него произошло погружение пород кристаллического фундамента на значительные глубины и накопилась мощная толща осадочных и вулканогенных палеозойских пород. По данным глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ), Южно-Донецкий разлом четко фиксируется в рельефе поверхности Мохо и, вероятно, проникает до глубин не менее 200 км. Одним из главных доказательств его глубинности является приуроченность к нему магматических пород ультраосновного, основного и щелочного состава. Южно-Донецкий разлом приводит в тектоническое несогласие породы “белого” девона с отложениями карбона, а далее – кристаллические породы докембрия с различными горизонтами девона. По этому глубинному разлому (шириной до 10 км) непосредственно можно наблюдать тектонические взаимоотношения докембрийского, герцинского и альпийского структурных ярусов. Амплитуды смещений по данному разлому в пределах “минирифта” достигают 500 м [7, 8, 11, 12].

В бассейне р. Мокрая Волноваха хорошо прослеживаются также крупные разломы северо-восточного (Кальмиусский) и субмеридионального (Грузско-Еланчикский) простираения. Они секут Южно-Донецкий разлом и складчатые структуры Донбасса. Эти тектонические нарушения также характеризуются признаками глубинности. По тектонической значимости, особенностям геодинамики, магматизма, минерагеническим и геолого-геофизическим характеристикам большое значение в формировании весьма сложного Покрово-Киреевского структурно-рудного узла имеет Грузско-Еланчикский глубинный разлом. Эта тектоническая зона здесь является главной среди секущих разломов. В границах Покрово-Киреевской структуры (по латерали и на глубину) она, несомненно, является рудоконтролирующей структурой. Именно с ней четко совпадает флюорит-редкоземельная рудоносная залежь. Вероятно, в тот период эволюции Земли в узле пересечения Южно-Донецкой и Грузско-Еланчикской зон глубинных разломов произошло растрескивание и растяжение сформированной, сравнительно мощной, плотной и твердокристаллической земной коры Приазовского мегаблока. В процессе тектономагматической активизации здесь внедрились многочисленные магматические интрузии пород щелочно-ультраосновного состава и сформировалась флюорит-редкоземельная рудная залежь.

Следует отметить, что в пределах зоны сочленения Донбасса с Приазовьем разломы классифицированы по кинематическим признакам: *сбросы, сбросо-сдвиги, взбросы, взбросо-сдвиги*. Амплитуды отдельных сбросов здесь достигают 1–2 км, а суммарные амплитуды продольных и поперечных сбросо- и взбросо-сдвигов по Южно-Донецкому разлому составляют около 4–5 км [8, 11, 12]. Эти разрывные нарушения обусловили сложное разломно-блоковое строение региона, в связи с чем в регионе выделяются: положительные структуры – горсты и отрицательные – грабены. Заложение горсто-грабеновых структур зоны сочленения Донбасса с Приазовским мегаблоком УЩ произошло в раннефранское время. Тектонические движения здесь интенсивно проявились после формирования осадочных пород николаевской свиты (средний девон). Со сменой тектонического режима в Южно-Донецком “микроавлакогене” неразрывно

связано начало вулканической деятельности – формирование вулканитов петровской толщи в последующем перекрытой эффузивными и вулканокластическими образованиями антон-гарамской, долгинской и раздольненской свит.

Описываемый регион в морфологическом плане – это сравнительно равнинный (степной) участок юго-востока Украины. Вместе с тем здесь, между реками Кальмиус и Грузский Еланчик, в зоне пересечения зон глубинных разломов диагональной и ортогональной систем, А. Я. Древиным и др. [4] установлено, что докембрийский кристаллический фундамент Приазовского мегаблока УЩ, глубоко вдаваясь в область распространения пород складчатого палеозоя Донбасса, образует крупный Еланчикский горст (рис. 1). На данном горсте плащеобразно и почти горизонтально залегают мезозойские (частично) и третичные отложения небольшой мощности, образующие *верхний структурный этаж*. В соседствующих с горстом грабенах, наоборот, развиты мощные осадочно-вулканогенные образования девона, карбона и мезо-кайнозоя, закартированные многочисленными скважинами. С помощью глубинного геологического картирования выявлено, что в грабенах и других погруженных частях Еланчикского горста, а также в границах обрамляющих его геоблоков на породах докембрия, преимущественно несогласно, залегают палеозойские осадочно-вулканогенные образования, слагающие *средний структурный этаж*.

Нижний (докембрийский) структурный этаж слагают древние архей-протерозойские кристаллические породы,

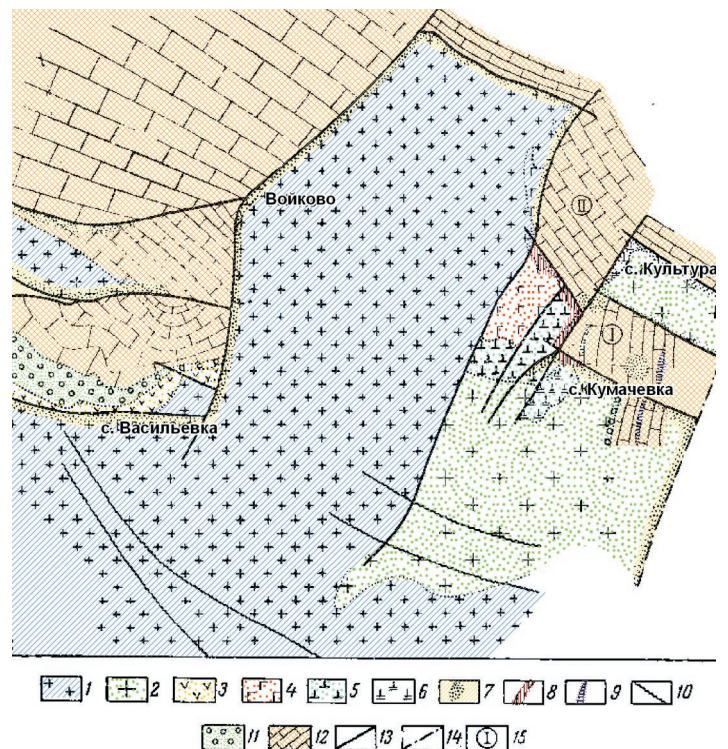


Рис. 1. Схема разломно-блокового строения Покрово-Киреевской структуры [4]:

1 – архейские гнейсы и мигматиты; 2 – протерозойские граносиениты; 3 – верхнедевонские базальты; 4 – авгитовые пироксениты; 5 – щелочные базальтоиды и порфириты; 6 – малиньиты; 7 – базальтоиды под палеозойскими осадочными породами; 8 – ортофиры; 9 – андезиты и трахиандезиты; 10 – дайки грорудитов; 11 – девонские осадочные породы; 12 – осадочные породы карбона; 13 – установленные разломы; 14 – предполагаемые разломы по геофизическим данным; 15 – грабены

представленные гнейсами, мигматитами, гранитами, граносиенитами и др. Обнажения докембрийских пород Еланчикского горста можно наблюдать лишь по р. Грузский Еланчик (между селами Кузнецово-Михайловское и Кумачевка) и ее правым ответвлениям (балка Каменка и др.). Эрозионными процессами на данном участке вскрыты серые и розовые разности гнейсомигматитовых пород архея и палеопротерозоя, а также массивы граносиенитов неопротерозоя, составляющие основу нижнего структурного этажа. Гнейсы, мигматиты и граносиениты в границах Покрово-Киреевской структуры секутся массивами пироксенитов, штоками базальтов, порфиринов, малиньитов, бостонитов и многочисленными палеозойскими дайками основного (диабазы), ксилога (ортофиры и кварцевые порфиры) и щелочного (гродуиты) состава. Здесь же наблюдаются участки катаклаза, милонитизации и интенсивного ощелачивания вмещающих пород. Ранее они выделены и охарактеризованы автором в составе Кузнецово-Михайловского дайкового пояса [13, 14].

Как видно на рис. 1, основные характерные черты Покрово-Киреевской структуры определяет горсто-грабеновый тип строения земной коры. С запада, севера и востока крупный Еланчикский горст окаймляют более мелкие горсты и грабены. Их размеры от 2х3 до 5х10 км. Друг от друга они отчленяются системами разломов (сбросы, взбросы, сбросо-сдвиги, взбросо-сдвиги) преимущественно субмеридиональной и субширотной ориентировки. Многие из них прослежены картировочными и разведочными скважинами. Наиболее изученным из них является субширотный сброс, проходящий через северную окраину с. Кумачевка. К южному крылу сброса примыкают неопротерозойские граносиениты и палеозойские малиньиты. Амплитуда вертикального перемещения данного сброса здесь достигает 300 м [4, 8]. Второй, сопряженный с ним субширотный разлом-сброс, закартирован южнее с. Культура. Указанные сбросы секутся Грузско-Еланчикским разломом-сбросом, проходящим вдоль р. Грузский Еланчик, западнее сел Культура и Кумачевка. Эта разломная зона прослежена на расстоянии 10 км, имеет простирание СВ 30° и крутое юго-восточное падение. Систему горстов и грабенов на востоке ограничивает другой разлом-сброс северо-восточного простирания (рис. 1). Грабены Покрово-Киреевской структуры выполнены известняками карбона и туфогенно-осадочными отложениями юрского возраста, а докембрийские породы на горстах (например, на горсте с. Культура) перекрыты лишь осадочными породами мела, палеогена и неогена (рис. 2).

В процессе дальнейшего изучения зоны сочленения Донбасса с Приазовьем геологами Артемовской и Приазовской ГРЭ был значительно уточнен и детализирован горсто-грабеновый характер строения Покрово-Киреевской структуры. Выявлена также картина сложного блокового строения докембрийского и герцинского структурных этажей Покрово-Киреевского рудного узла (рис. 3). Здесь были закартированы новые системы разломов-сбросов и взбросов, установлены значительные амплитуды горизонтальных и вертикальных перемещений геоблоков (более 1 км) и характер развития фанерозойского вулканизма [2, 8]. В частности были выявлены поля распространения осадочно-вулканогенных пород палеозойского возраста и установлена их связь с разломно-блоковым строением. Н. В. Бутурлиновым и В. И. Скаржинским [2] среди вулканических пород в Покрово-Киреево выделены серии пород ультраосновного, основного, щелочно-субщелочного и шонкинито-монцонито-

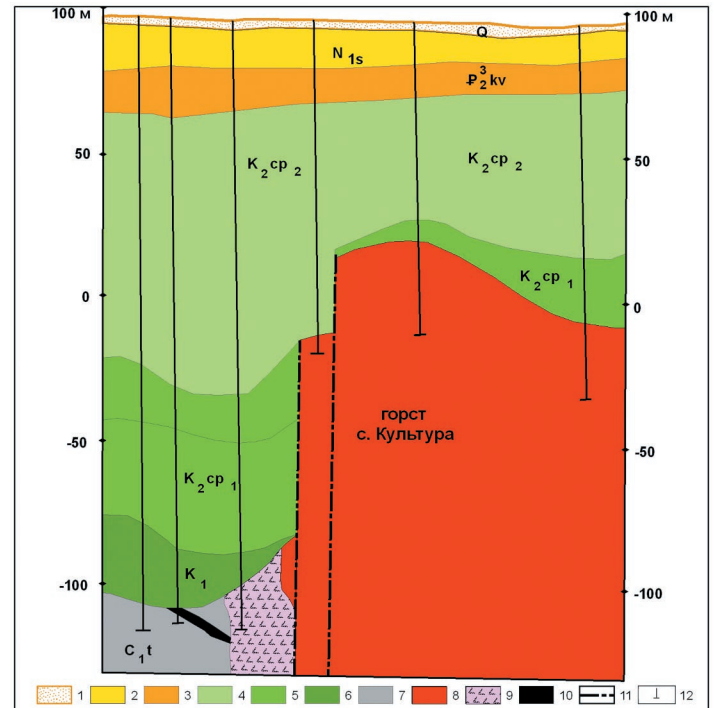


Рис. 2. Геологический разрез осадочного чехла, развитого над системой горстов и грабенов Покрово-Киреевской структуры, контролирующей флюорит-редкоземельное месторождение (составлен автором по материалам геологосъемочных работ Артемовской ГРЭ (В. А. Матюшок, И. А. Майданович, 1970 г.):

1 – отложения антропогена (пески, суглинки); 2 – отложения сарматского яруса неогена (глины, пески, мергели); 3 – отложения верхнего эоцена, киевская свита (мергели, глины, песчаники); 4 – верхнемеловые отложения, маастрихтский ярус (известняки, глауконитовые пески); 5 – верхнемеловые отложения, кампанский ярус (окремненные известняки, пески, известняки); 6 – нижнемеловые отложения (каолинистые глины, песчаники); 7 – отложения турнейского яруса карбона (доломитизированные известняки, глинистые сланцы); 8 – докембрийские геоблоки; 9 – дайка палеозойского возраста; 10 – флюорит-редкометалльная залежь; 11 – разломы; 12 – скважины

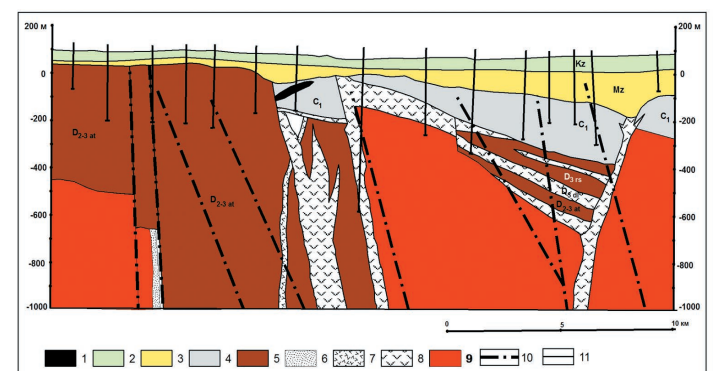


Рис. 3. Геологический разрез, демонстрирующий “клавишное” геоблоковое строение в районе Покрово-Киреевского флюорит-редкоземельного месторождения (составлен автором по материалам геологосъемочных работ Артемовской и Приазовской ГРЭ (И. А. Майданович, Н. Ф. Русаков, 1970 г.):

1 – флюоритовое месторождение; 2 – осадки антропогена; 3 – осадки мезозоя; 4 – отложения карбона; 5 – вулканогенно-осадочные породы девона (антон-тарамская, долгинская и раздольненская свиты); 6 – мафические дайки докембрия; 7 – дайки девонского возраста (авгититы, лимбургиты и др.); 8 – интрузии палеозоя; 9 – геоблоки докембрийского фундамента; 10 – разломные зоны; 11 – скважины

вого ряда – авгитофировые базальты, авгитовые пироксениты, порфириды, малиньиты, шонкиниты, бостониты, лампрофиры, ортофиры, грорудиты и многие другие.

Установлено, что сверху вниз на докембрийских геоблоках здесь залегает эффузивно-терригенная толща верхнего девона (раздольненская свита), эффузивно-терригенная толща верхнего девона (долгинская свита), эффузивная толща среднего-верхнего девона (антон-тарамская свита). Широким распространением пользуются также дайки палеозойского и мезозойского возраста (андезиты, андезитовые порфириды и др.), секущие породы докембрия и палеозоя. Наглядное представление о характере взаимоотношений пород докембрия и фанерозоя Покрово-Киреевской горсто-грабеновой структуры, особенностях геологического строения и вулканизма исследуемого района дают рис. 3 и 4.

Анализ карты аномалий Буге Приазовского мегаблока показывает, что Еланчикскому горсту и Покрово-Киреевской структуре в целом соответствует гравитационная аномалия [5, 7, 11]. Положительное гравитационное поле занимает здесь большую часть структуры и соответствует геоблоковому строению крупного Еланчикского горста и более мелких блоков его обрамляющих. Покрово-Киреевская гравитационная аномалия в границах изолинии +52 мГл имеет площадь до 280 км² и интенсивность в центре до +90 мГл. На западе Покрово-Киреевская гравитационная аномалия резко уменьшается, образуя гравитационный уступ более 20 мГл с градиентами поля 4 мГл/км [7, 8]. Длина уступа здесь до 45 км, протягивается он вдоль крупного разлома. Геофизики связывают с данным уступом наличие глубинной Кальмиусской зоны разломов, которая проходит от хут. Шевченко на хут. Колоски, Хлебороб и далее на юго-запад [5, 7, 11]. На востоке, между реками Грузский и Сухой Еланчик, интенсивность Покрово-Киреевской гравитационной аномалии также изменяется на величину 20 мГл, что дает среднее значение градиента больше 3 мГл/км. В самой северной ее части, на расстоянии примерно 11 км от железной дороги Иловайск – Таганрог, гравитацион-

ный уступ отделяет Покрово-Киреевский максимум от пониженной части поля, характерной для Донецкого складчатого сооружения. На юге гравитационный уступ субширотного простирания отделяет Покрово-Киреевскую часть гравитационного максимума от Тельмановского. Протяженность уступов здесь достигает около 20 км, а градиенты поля вдоль них – более 20 этвеш [11].

Аналогично в районе Покрово-Киреевской структуры происходят изменения магнитного поля. Их интенсивность уменьшается от центра Еланчикского горста в направлениях на север, юг, восток и запад. На площади структуры магнитная аномалия имеет весьма сложное строение, обусловленное наличием пяти эпицентров [5]. Три западных эпицентра разбурены многочисленными картировочными и поисково-разведочными скважинами. В результате были установлены три мелких (до 2×3 км) массива пироксенитов и габбро-пироксенитов, создающих указанные магнитные аномалии. Проведенные в описываемом регионе электроразведочные также четко фиксируют геоблоковую структуру и опускания глыб докембрия от глубин около 100 м возле с. Кумачевка (бывшее с. Покрово-Киреево) до глубин 500 м севернее с. Екатериновка [8].

Важные данные о геоблоковой делимости земной коры Покрово-Киреевской структуры получены нами по данным дистанционного изучения Земли и анализа геолого-геофизических данных [3, 15]. Следует отметить, что материалы космо- и аэрофотосъемки ранее использовались здесь крайне ограничено из-за закрытости территории. Проведенные опытно-методические исследования показали, что аэрокосмическая информация существенно дополняет результаты традиционного геологического картирования и успешно может использоваться также при поисковых работах на данной территории. Ранее нами [15] здесь выполнено дешифрирование крупномасштабных фотоснимков (1:17 000, 1:30 000), фотосхем различных масштабов и космоснимков масштабов 1:500 000, 1:1 000 000, а также составлено несколько разновидностей морфометрических и морфографических карт. На основании обобщающей карты интерпретации аэрокосмических и структурно-геоморфологических материалов составлена геолого-структурная карта Покрово-Киреевского района. Выделенные на ней блоковые структуры (рис. 5) и разделяющие их разрывные нарушения часто совпадают с ранее выявленными по геолого-геофизическим данным. Вместе с тем аэрокосмические исследования в ряде случаев позволили не только уточнить пространственное положение известных разломных зон, но и выделить новые системы линейных элементов и геоблоков, детализировать их строение внутри, что подтвердило последующее контрольное бурение. Выявленные по материалам космо- и аэрофотосъемки новые разломы региона и особенно узлы их пересечения, несомненно, перспективны в отношении дальнейших поисков эндогенного оруденения в границах структурного узла.

Анализ геолого-геофизических данных и аэрокосмической информации свидетельствует о том, что изученный Покрово-Киреевский рудный узел тектонически контролируется пересечением глубинного Южно-Донецкого субширотного разлома и Грузско-Еланчикской субмеридиальной разломной зоны, а также системами разрывных нарушений северо-западного и северо-восточного простирания. В результате исследований установлено, что в совокупности Покрово-Киреевская структура представляет собой сложную горсто-грабеновую структуру “клавишного строения” (рис. 1–5). В ее пределах по аэрокос-

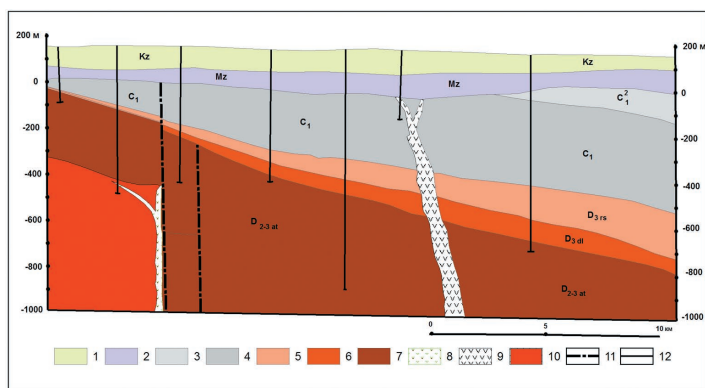


Рис. 4. Характер развития осадочного чехла над геоблоками Покрово-Киреевской структуры Приазовья (составлен автором по данным геологосъемочных работ Артемовской и Приазовской ГРЭ (В. А. Матюшонок, И. А. Майданович, 1970 г.):

1 – осадки кайнозоя; 2 – нерасчлененные осадки мезозоя; 3 – сланцы, песчаники и известняки карбона; 4 – отложения (известняки, сланцы) визейского и турнейского яруса карбона; 5 – эффузивно-терригенная толща верхнего девона, раздольненская свита; 6 – эффузивно-терригенная толща верхнего девона, долгинская свита; 7 – эффузивная толща среднего-верхнего девона, антон-тарамская свита; 8 – мафические дайки докембрия; 9 – дайки мезозойского возраста (андезиты, андезитовые порфириды и др.); 10 – геоблоки докембрийского фундамента; 11 – разломные зоны; 12 – скважины

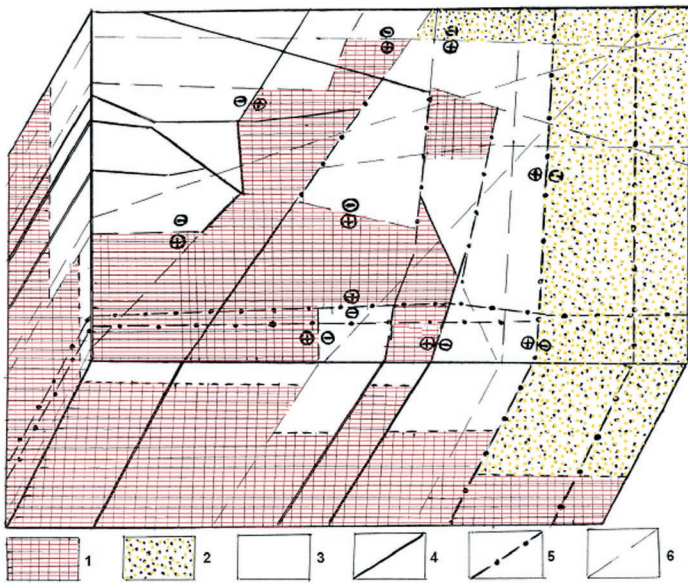


Рис. 5. Блок-диаграмма разломно-блоковой тектоники Покрово-Киреевского района по аэрокосмическим и геолого-геофизическим данным (составлен автором с учетом материалов И. А. Майдановича, В. А. Матюшонка, Н. Ф. Русакова, В. Г. Верховцева):

1 – приподнятые блоки дорифейского кристаллического фундамента; 2 – опущенные блоки фундамента; 3 – блоки, занимающие промежуточное положение; 4 – разломы, выделенные по геологическим данным; 5 – разломы, выделенные по геофизическим данным; 6 – разломы, установленные по данным аэрокосмодешифрирования

мическим и геолого-геофизическим данным следует выделить несколько тектонических глыб: на юго-западе – Еланчикский горст, в центральной части – Покрово-Киреевскую шовную разломную зону, а на востоке – горст села Культура и Покрово-Киреевский грабен. Юго-западная часть Покрово-Киреевского района наиболее приподнята. Она имеет двухъярусное строение (докембрий и палеозой), а северо-восточная часть опущена и имеет трехъярусное (докембрий, палеозой и мезо-кайнозой) строение. Системами разломов субмеридиального, субширотного и северо-восточного простираний район расчленен на мелкие блоки различной конфигурации (рис. 5). Блоки имеют небольшие размеры, сложены различными по возрасту докембрийскими и осадочно-вулканогенными породами фанерозоя и погружаются в северном и северо-восточном направлениях на глубину до 5 км. Разломы расчленяют тут не только докембрийский фундамент, но палеозойский и частично мезо-кайнозойский осадочный чехол. Как видно на рис. 1 и 5, здесь преобладают разломные зоны ортогональной ориентировки. В формировании палеозойских штокообразных малых интрузий и даек ультраосновного, основного и щелочно-ультраосновного состава, слагающих основной объем рудного района, значительную роль сыграли также разломы северо-восточного и северо-западного простирания.

Структура и морфология рудного тела

На основании выполненных геолого-геофизических и аэрокосмических исследований, а также детальных буровых работ были выявлены особенности структурной позиции Покрово-Киреевского месторождения, т. е. доказана приуроченность месторождения к узлу пересечения субширотного Южно-Донецкого и субмеридионального Груз-

ско-Еланчикского глубинных разломов. Установлено, что флюорит-редкоземельная минерализация приурочена к грабену, впоследствии названному “рудным”. Территория “рудного” грабена, где закартировано флюорит-редкоземельное месторождение, разломами ортогональной и диагональной систем в свою очередь расчленяется на ряд более мелких геоблоков. Поскольку месторождение локализовано в грабене, т. е. в окружении пород фанерозоя и геоблоков докембрийского фундамента, то совершенно очевидно, что разломно-блоковые тектонические движения обусловили формирование рудных тел месторождения. Структурно-геологическая обстановка благоприятствовала также “сохранности” флюорит-редкоземельного месторождения от размыва в последующие геологические эпохи.

По тектурным особенностям и генезису на месторождении выделено два типа флюоритовой минерализации [4]. Первый тип представлен гидротермальными зонами прожилково-вкрапленных брекчиевых руд среди альбитофиоров, гранитов и других пород, примыкающих к северо-западному борту грабена. Профилем скважин рудная зона по простиранию прослежена на расстоянии 4 км, а по вертикали – на 350 м и более. Простирание зоны северо-восточное (СВ 20°), падение северо-западное, крутое. Мощность зоны от 5 до 20 м. Мощность прожилков флюорита варьирует от 1 мм до 5 см. Содержание флюорита в зоне колеблется от 2 до 51 % [4].

Второй, главный, тип месторождения представлен метасоматической, неправильной формы залежью среди известняков турнейского яруса карбона. Флюоритовая залежь располагается в западном углу грабена и приурочена к структурному узлу пересечения разломов северо-восточного и северо-западного простирания. Она контролируется разломом северо-восточного направления и фактически параллельна предыдущей флюоритовой зоне. Падение рудоносной зоны здесь северо-западное, под углом 45–55°. Разведочными скважинами рудное тело по простиранию прослежено на расстоянии 100 м, а по падению – 80 м. Мощность рудной зоны колеблется от 8 до 80 м. Содержание флюорита варьирует от 20 до 85 %. Глубина залегания рудного тела на месторождении изменяется от 90 до 192 м [4].

Главными минералами руд Покрово-Киреевского месторождения являются флюорит, кальцит, доломит, полевые шпаты и кварц. Из второстепенных минералов встречаются сидерит, барит, целестин, реальгар, галенит, сфалерит и пирит [6, 9]. Флюорит нередко псевдоморфно замещается другими минералами: кварцем, кальцитом и др. Он встречается в ассоциации с типичными гидротермальными минералами: баритом, сфалеритом, галенитом, кварцем, кальцитом и др. Руды по минеральному составу следует отнести к кальцито-силикатно-флюоритовым. Кроме флюоритовой минерализации, в районе Покрово-Киреевского месторождения установлены проявления самородной меди, киновари, полиметаллов, барита. Важно отметить, что распространение жильного минерала флюорита в ассоциации с кварцем, кальцитом, доломитом, свинцово-цинковыми и полиметаллическими рудами довольно часто отмечается и для других флюоритовых месторождений мира. Особенно это характерно для метасоматических скоплений в осадочных горных породах.

В штуфах флюорит определяется по совершенной спайности по октаэдру, стеклянному блеску и кубическому габитусу кристаллов. Цвет флюорита (CaF₂) преимущественно фиолетовый, иногда встречаются бесцветные, белые, жел-

тые, голубые или зеленые разности. Удельный вес 3,2 г/см³, а показатель преломления изменяется от 1,425 до 1,43. Дисперсия слабая, спайность по (111) совершенная. Ионы кальция в структуре флюорита размещаются согласно гранецентрированной кубической решетке, где каждый ион фтора располагается в центре более мелких кубов. Светлые разновидности флюорита обладают низким светопреломлением. Слабая дисперсия и изотропность позволяют использовать бесцветные минералы флюорита как хороший оптический материал. Образцы с интенсивной фиолетовой окраской обладают повышенным светопреломлением и пониженным удельным весом. Окраска флюорита и его люминесценция зависят от распределения кристаллографических элементов и физических нарушений в структуре кристаллов, включений радиоактивных и редкоземельных элементов. Минерал слабо растворяется в HCl и полностью растворяется в H₂SO₄. Он имеет легкоплавкую природу и может с успехом применяться в металлургии в качестве флюса. Флюорит можно синтезировать также выпариванием раствора CaF₂ в HCl.

Во флюоритах Покрово-Киреевского месторождения, особенно в поздних его генерациях, возникших в продуктивные стадии минерализации, выявлены высокие концентрации редких земель и очень высокие стронция – до 1200 г/т [9]. В абсолютном отношении стронция во флюоритах Покрово-Киреевского месторождения значительно больше, чем на аналогичных месторождениях США (до 100 г/т) и Германии (3–44 г/т). Увеличение же концентраций стронция, по данным немецких геологов, происходит во флюоритах продуктивных стадий саксонского (постварисского) минерагенического цикла, поэтому стронций является важным геохимическим индикатором генетической принадлежности флюорита к различным стадиям рудообразования. Распределение рубидия, скандия, церия, лантана, европия, самария, иттрия и других редкоземельных элементов во флюоритах Покрово-Киреевского месторождения колеблется в пределах 1–8 г/т. Между окраской минералов и содержанием редкоземельных элементов зависимости не установлено. Так, в зеленом флюорите содержание европия и самария в 3–4 раза меньше, чем в фиолетовом. Следовательно, эти элементы нельзя считать хромофорами зеленого цвета для флюорита, как считалось ранее. Более контрастно распределен здесь иттрий. Его уменьшение (до 1 г/т) зафиксировано в плавленом шпате поздней генерации. Для флюорита различных генераций Покрово-Киреевского месторождения характерны сравнительно высокие значения отношений Ce: Y (0,5–1,5) и Ce: La (1,0–1,42). Подобные церий-лантановые соотношения (1,5–2,0) наблюдаются для продуктивных стадий минерализации важнейших флюоритовых месторождений Тюрингии и Саксонии в Германии.

Генезис

К настоящему времени накопилось большое количество геолого-минералогических и геохимических данных, что фтор – чрезвычайно информативный химический элемент. Благодаря своему широкому рассеянию и миграционной подвижности он участвует в различных природных геологических процессах. При рассмотрении генетических взаимоотношений фтора с различными типами глубинных магматических пород региона установлено, что тесная связь между ними отсутствует. Фтор амагматичен, он не имеет генетической связи с магматизмом. Поэтому следует предполагать лишь их структурную и парагенетическую связь. Из глубинных зон астеносферы и литосферы фтор поступал по разломным тектоническим зонам в период их тектономагматической ак-

тивизации как продукт дегазации глубинных частей Земли. Предполагается, что дегазация фтора происходила с более глубоких уровней, чем уровни генерации всех известных в регионе изверженных пород. При этом дегазация фтора могла происходить как синхронно с вулканическими процессами, так и вне связи с ними. О последнем свидетельствует широкое развитие флюоритовой минерализации как на Донбассе, так и в пределах всего Приазовского докембрийского мегаблока УЩ. Предполагается, что в приповерхностных горизонтах литосферы флюорит отлагался при сравнительно низкой температуре. Флюоритовая минерализация в регионе повсеместно приурочена к крупным структурным узлам пересечения зон глубинных разломов. В докембрии и фанерозое они являлись в регионе благоприятными рудоцентрирующими структурами для фтора, ртути, золота, редких металлов и редкоземельных элементов. Именно в крупных узлах пересечения разломных тектонических зон происходило здесь “фтор-ртутное” дыхание Земли. По данным Б. С. Панова и др. [9, 10], на Покрово-Киреевском месторождении установлены рудные агрегаты (реальгар, киноварь, антимонит и др.) колломорфного строения, что свидетельствует об участии в их формировании коллоидных растворов. По изотопному составу серы реальгар близок к киновари и антимониту продуктивных стадий минерализации. Изотопный же состав серы марказита характеризуется повышенным содержанием “легкой” серы, что свидетельствует об активном участии в заключительной стадии гидротермального процесса сульфидной серы вмещающих оруденение пород. Такая генетическая особенность минералообразования в Покрово-Киреевской структуре обусловлена их образованием при относительно низком внешнем давлении в умеренно глубинных и приповерхностных условиях [10]. Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что формирование Покрово-Киреевского флюорит-редкоземельного месторождения связано с гидротермальной деятельностью растворов, вызвавшей метасоматическое замещение известняков карбона [4].

Возраст

Время поступления из глубин Земли “фтороносных” флюидов и формирование Покрово-Киреевского месторождения определяется исходя из геолого-структурных и изотопных данных. Флюиды проникали через породы докембрия и толщу девонских осадочно-вулканогенных пород. Месторождение локализовано в известняках турнейского яруса карбона и перекрыто толщей юрских, мел-палеогеновых и четвертичных пород. По мнению Б. С. Панова [9, 10], оруденение связано с варисским орогенезом. Ранее полученный изотопный возраст для щелочных пород (малиньиты, эгириновые порфиры и др.) Покрово-Киреевской структуры колеблется в пределах 270–280 млн лет. По другим геохронологическим данным возраст формирования руд месторождения составляет около 330–300 млн лет.

Выводы

Приведенные данные свидетельствуют о том, что разломы ортогональной и диагональной систем расчленили территорию юго-востока Украины на ряд мелких клиновидных геоблоков. В границах Покрово-Киреевской структуры были образованы участки с максимальной раздробленностью и проницаемостью литосферы, благоприятные для локализации рудного вещества. В связи с активизацией глубинных энергетических и магматических процессов в пределах крупного структурного узла выделился более мелкий Покрово-Киреевский рудный узел и в грабене произошло фор-

мирование уникального флюорит-редкоземельного месторождения. Рассмотренные выше особенности тектономагматических и метасоматических процессов (глубинность, многоэтапность, длительность, интенсивность) и вызванная этим раздробленность земной коры, а также глубокая дифференцированность вещества недр планеты 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 гидротермально-метасоматических процессов как на больших глубинах, так и в приповерхностных частях литосферы. Покрово-Киреевский 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.

Южно-Донецкий, Грузско-Еланчикский и другие глубинные разломы, которые обусловили сложное горсто-грабенное строение описываемой Покрово-Киреевской структуры, явились теми путями, по которым осуществлялась дегазация фтора и ртути из глубин Земли – “фтор-ртутное дыхание”. Подъем рудных флюидов происходил преимущественно в интенсивно “раздробленных” тектонических узлах, вне их связей с магматизмом. Формирование Покрово-Киреевского флюорит-редкоземельного месторождения произошло примерно 300 млн лет назад в сложнейшем структурном узле пересечения указанных выше разломов ортогональной и диагональной систем. Геолого-структурные условия его локализации были обусловлены процессами глубинного тектогенеза, гидротермальной деятельностью растворов, вызвавшей метасоматическое замещение известняков карбона. Формирование месторождения, несомненно, было предопределено энергетическим потенциалом глубинных астенолитов, тектонической и геологической историей развития всего региона, в частности заложением и развитием Доно-Днепровского прогиба и зоны сочленения Донбасса с Приазовским мегаблоком УЩ. Месторождение локализовано в грабене, который позднее назван “рудным”. Быстрое накопление в нем осадочных толщ мезо-кайнозой сыграло роль “покрышки”. Вероятно, оно также уберегло уникальную флюорит-редкоземельную залежь Покрово-Киреевского месторождения от размыва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарчук В. Г. Тектоника Большого Донбасса и происхождение ровообразных прогибов в платформе//Геол. журнал. – 1966. – № 2. – С. 3–11.
2. Бутурлинов Н. В., Скаржинский В. И. О комплексах магматических пород и магматических формациях Донецкого бассейна//ДАН СССР. – 1970. – № 2. – С. 401–404.
3. 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.
4. Древин А. Я., Зарицкий А. И., Царовский И. Д. О строении юго-восточной краевой части Украинского щита (Покрово-Киреевская структура)//Сов. геология. – 1960. – № 10. – С. 137–140.
5. Келеватов Г. М., Полуновский Р. М. Некоторые вопросы тектоники и магматизма Покрово-Киреевской структуры и Грузско-Еланчикской зоны глубинных разломов//Геол. журнал. – 1986. – № 3. – С. 97–103.
6. Лазаренко Е. К., Лавриненко Л. Ф., Бучинская Н. И. Минералогия Приазовья. – Киев: Наукова думка, 1981. – 432 с.
7. Лебедев Т. С., Собакарь Г. Т. Тектоника северо-восточного Приазовья по данным геофизических исследований//Докл. АН УССР. – 1961. – № 10. – С. 564–567.
8. Майданович И. А. О глубинной тектонике Донбасса//Докл. АН УССР. – 1968. – № 6. – С. 506–509.

9. 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.

10. Панов Б. С., Панов Ю. Б. Рудные формации Приазовской редкоземельно-редкометаллической области Украинского щита//Минерал. журн. – 2000. – № 1. – С. 81–85.

11. Собакарь Г. Т. Структура зоны сочленения Донбасса с Приазовским массивом//Геол. журн. – 1961. – № 3. – С. 60–64.

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

13. Шаталов Н. Н. Петрохимические особенности грорудитов Кузнецово-Михайловской зоны Приазовья//Докл. АН УССР. Сер. Б. – 1981. – № 8. – С. 32–35.

14. Шаталов Н. Н. Дайки Приазовья. – Киев: Наукова думка, 1986. – 192 с.

15. Шаталов Н. Н., Верховцев В. Г., Русаков Н. Ф. Использование аэрокосмической информации при крупномасштабном геологическом картировании (на примере Покрово-Киреевского рудного района)//Применение аэрокосмической информации в геологии и смежных областях. – Москва: Наука, 1987. – С. 56–57.

REFERENCES

1. Bondarchuk V. G. Tectonics of the Great Donbas and genesis of the trench – like depressions in the platform//Geologicheskij zhurnal. – 1966. – № 2. – P. 3–11. (In Russian).
2. Buturlinov N. V., Skarzhinskij V. I. On the magmatic rock complexes and magmatic formations of the Donets Basin//Doklady AN SSSR. – 1970. – № 2. – P. 401–404. (In Russian).
3. Bystrvskaja S. S., Shatalov N. N. Abyssal earth crust structure from space images: Case of the eastern Near-Azovian area//Issledovanie Zemli iz kosmosa. – 1980. – № 5. – P. 10–16. (In Russian).
4. Drevin A. Ja., Zarickij A. N., Carovskij I. D. On the structure of south-eastern marginal part of the Ukrainian Shield (of structure Pokrovo-Kireevo)//Sovetskaya geologiya. – 1960. – № 10. – P. 137–140. (In Russian).
5. Kelevatov G. M., Polunovskij R. M. Certain Problems on Tectonic and Magmatism of the Pokrovo-Kireevan Structure and Gruzsky-Elanchik Zone of Deep Faults//Geologicheskij zhurnal. – 1986. – № 3. – P. 97–103. (In Russian).
6. Lazarenko E. K., Lavrinenko L. F., Buchinskaja N. I. Minerology of the Near-Azovian area. – Kiev: Naukova dumka, 1981. – 432 p. (In Russian).
7. Lebedev T. S., Sobokar G. T. Tectonics of the North-eastern Near-Azovian area using geophysical data//Doklady AN USSR. – 1961. – № 10. – P. 564–567. (In Russian).
8. Majdanovich I. A. On abyssal tectonics of the Donbas//Doklady AN USSR. – 1968. – № 6. – P. 506–509. (In Russian).
9. Panov B. S., Stremovskij A. M., Basten Zh. L. Rare earth and rare elements in fluorspars from the Donbas and Near-Azovian area//Doklady AN USSR. Ser. B. – 1980. – № 2. – P. 29–32. (In Russian).
10. Panov B. S., Panov Ju. B. The ore formations of the Near-Azovian rare earth – rare metal range of the Ukrainian Shield//Mineralogicheskij zhurnal. – 2000. – № 1. – P. 81–85. (In Russian).
11. Sobokar G. T. The structure of the conjunction zone of the Donbas with the Near-Azovian massif//Geologicheskij zhurnal. – 1961. – № 3. – P. 60–65 (In Russian).
12. Chebanenko I. I., Znamenskaja 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. – Moscow: Nauka, 1991. – P. 85–92. (In Russian).
13. Shatalov N. N. Petrochemical features of grorudites from the Kuznetsovo-Mikhailovsk zone of the Near-Azovian//Doklady AN USSR. Ser. B. – 1981. – № 8. – P. 32–35. (In Russian).
14. Shatalov N. N. The Near-Azovian dykes. – Kiev: Naukova dumka, 1986. – 192 p. (In Russian).
15. Shatalov N. N., Verhovcev V. G., Rusakov N. F. Using aerospace information in large-scale geological mapping (on example of Pokrovo-Kireevski ore district)//Appl. Of space information in geology and related fields. – Moscow: Nauka, 1991. – P. 56–57. (In Russian).

Рукопис отримано 03.08.2015.