

МИНЕРАЛИЗАЦИЯ МОЛИБДЕНА В ПОРОДАХ КРИВБАССА**Ю.Ф. Великанов, О.Ю. Великанова***Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко НАН Украины
03680, просп. Палладина, 34, г. Киев, Украина*

Приведены результаты исследований особенностей размещения и условий локализации минерализации Мо в осадочно-вулканогенных толщах Криворожской структуры. Рудопроявления минерализации молибдена пространственно и генетически связаны с гранитоидами разного возраста и приурочены к участкам контакта этих гранитоидов с осадочно-вулканогенными породами криворожской серии, где образуются зоны грейзенизации, кварцевого и кварц-сульфидного метасоматоза. Рудная минерализация представлена сетью молибденитовых, кварц-молибденитовых, кварц-сульфидных прожилков и вкрапленностью разной интенсивности в зонах окварцевания и грейзенизации. В породах, подвергшихся метасоматическим изменениям, процессы метасоматоза проявлены по узлокальным зонам мощностью от нескольких метров до первых десятков метров. В зонах метасоматоза молибденит тесно ассоциирует с пиритом, пирротинном, халькопиритом, шеелитом, арсенопиритом, касситеритом, магнетитом. Приведено краткое описание основных рудных минералов, развитых в зонах метасоматоза.

Ключевые слова: минерализация, рудопроявления, геохимия, метасоматоз, минерал.

Введение. Молибденит – один из стратегических металлов, применяемый во многих отраслях современной промышленности. Выявление промышленных месторождений и рудопоявлений имеет первостепенное значение при поисковых работах, для чего необходимо установление геолого-структурных, минералого-петрографических и геохимических особенностей, а также условий локализации молибденового оруденения в породах Украинского щита.

Богатые молибденовые руды содержат Мо, %: более 0,5, рядовые 0,2–0,5, бедные 0,1–0,2 и низкосортные комплексные 0,02–0,1. Рентабельное содержание Мо в рудах зависит от промышленно-генетического типа и размера месторождения. Для мелких жильных и пластово-линзовидных это обычно 0,3–1,0, для большей части штокверковых 0,1–0,15 %, а для штокверковых медно-молибденовых представляет ценность начиная с тысячных долей процента [8].

Геохимически Мо связан с кислой щелочно-земельной и другими типами магм, обуславли-

вающих его концентрации на постмагматических ступенях из гидротермальных растворов. Перенос молибдена в эндогенных условиях осуществляется в виде комплексных соединений гетерополикремниевых кислот в растворе кислого или слабо кислого состава, а при понижении температуры и наличии сероводорода происходит диссоциация молибдена с образованием молибденита и окварцеванием вмещающих пород [3].

Однако следует отметить – не смотря на то, что данная гипотеза наиболее популярна, она не всегда подтверждается данными экспериментальных исследований и приемлема по мнению других исследователей только в некоторых случаях.

В породах Кривбасса молибден образует собственный минерал молибденит или рассеивается в других минералах. В неизмененных породах региона Мо развит незначительно и обычно присутствует в осадочно-вулканогенных формациях в десятитысячных долях процента и только в зонах окварцевания и грейзенизации наблюдаются его аномальные содержания.

Краткий обзор предыдущих исследований. Вопросам размещения и формирования молибде-

новой минерализации в породах Кривбасса посвящены немногочисленные работы. Отдельные рудопроявления и точки минерализации молибдена ранее описаны с разной степенью детальности в статьях В.В. Решетняка с соавторами [10], Ю.Г. Гершойга и В.Н. Куделина [2], Ю.Б. Бабкова с соавторами [1], И.Н. Бордунова [5], Ф.И. Соловьевой [11, 12], Н.С. Курлова с соавторами [6], в коллективной монографии Е.К. Лазаренко с соавторами [7] и других исследователей.

В настоящей публикации сделана попытка обобщить имеющийся литературный материал, дополнить его данными собственных исследований по особенностям размещения и условиям образования минерализации молибдена в осадочно-вулканогенных образованиях Кривбасса и его обрамления, а также выявить перспективы рудоносности региона на этот компонент, что собственно и определяет актуальность работы, ее цель и задачи.

Каменный материал для исследований собран в разные годы по сохранившемуся ядру поисковых скважин экспедиции “Кривбассгеология”, а также в шахтах, карьерах и обнажениях по всему простиранию Криворожской структуры и ее обрамлению.

При исследовании пород из зон метасоматоза использован петрографический, минералогический, химический, спектральный и микрорентгеноспектральный методы исследования.

Минералогические и геохимические исследования. Рудопроявления молибдена с содержанием 0,02–0,3 % известны в Восточно-Анновской полосе, в Терновском и Криворожском районах, в Южном Криворожье, в западном и восточном обрамлении Криворожско-Кременчугской структуры.

Наиболее интенсивная молибденовая минерализация развита в породах Восточно-Анновской полосы и приурочена к метабазитам ново-криворожской свиты криворожской серии, которая сложена здесь в разной степени измененными амфиболитами с маломощными прослоями слюдистых кварцитов, кварц-биотитовых и актинолит-плагиоклазовых сланцев. Метабазиты интродуцированы плагиоклаз-микроклиновыми гранитами, прорваны жилами аплитов разной мощности.

Нижняя аркозово-филлитовая толща скелетатской свиты криворожской серии в Восточно-Анновской полосе представлена слюдистыми кварцитами и кварц-серицит-хлоритовыми сланцами и характеризуется переменным содержанием полевых шпатов, кварца, слюд, актинолита, хлорита, серицита, граната, андалузита. Талько-

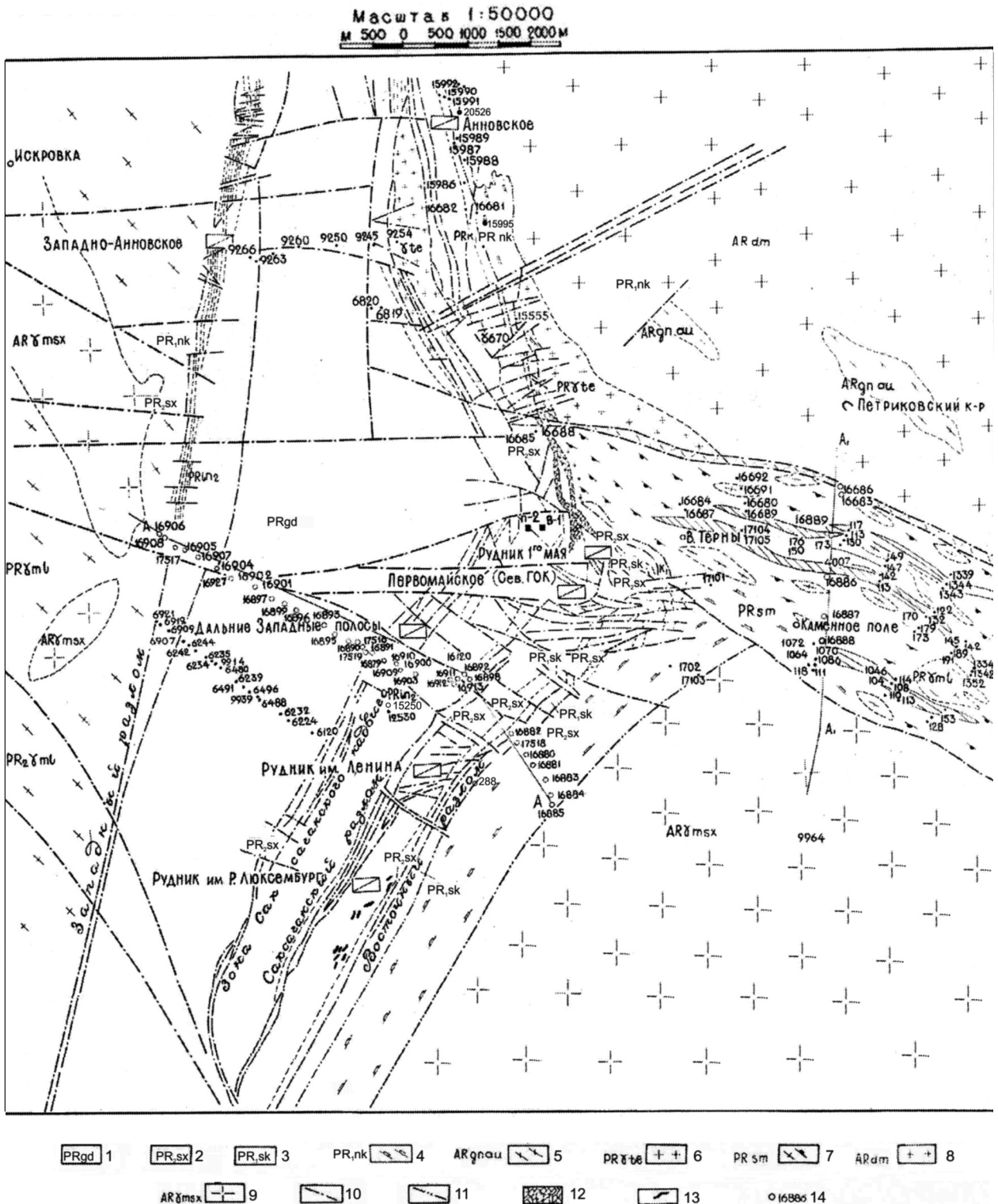
вый горизонт представлен переслаиванием серпентин-тремолитовых, карбонат-тремолит-серпентиновых и других в разной степени оталькованных сланцев. Продуктивная толща саксаганской свиты сложена кварц-амфибол-биотитовыми сланцами, магнетит-амфиболовыми кварцитами, железисто-силикатными и алюмосиликатными сланцами, силикатно-магнетитовыми джеспилитами и магнетит-силикатными кварцитами. Породы гданцевской свиты представлены безрудными кварцитами, кварц-карбонатными породами, слюдистыми кварцитами и слюдистыми сланцами в зависимости от содержания и соотношения актинолита, хлорита, биотита, мусковита, граната, кварца, карбонатов, полевых шпатов.

Основные дизъюнктивные нарушения на территории района – Центральный и Восточно-Анновский разломы, более мелкие продольные, поперечные и диагональные – оперяющие.

Среди складчатых образований наблюдаются продольные и поперечные складки с крутопогружающимися шарнирами, складки волочения, реже изоклинальные и кулисообразные, нередко с разрывами.

В метабазитах Восточно-Анновской полосы интенсивная рудная минерализация обусловлена метасоматозом и приурочена обычно к местам брекчирования, смятия, рассланцевания, то есть к участкам, благоприятным для циркуляции постмагматических гидротермальных растворов, где образуются зоны окварцевания и грейзенизации разной мощности. Пространственно интенсивная молибденовая минерализация приурочена к контакту розовато-серых микроклин-плагиоклазовых гранитов и среднезернистых роговообманковых амфиболитов, вдоль которого проходит тектонически ослабленная зона повышенной трещиноватости, рассланцевания и брекчирования. Молибденовая минерализация с вольфрамом и медью, связанная с внедрением гранитов, развита только в восточном крыле Анновской полосы и характеризуется устойчивой ассоциацией Mo-W-Cu. Содержание по изученным скважинам составляет, %: Mo – 0,02–0,3, W – 0,01–0,2, Cu – 0,05–0,7 (рисунок, таблица).

Возраст микроклин-плагиоклазовых гранитов, секущих метабазиты, составляет 2650 млн лет [13]. Возраст аплитов, служащих, видимо, жильной фацией гранитов, секущих толщу амфиболитов в южной части Восточно-Анновской полосы (скв. 20873), определен по цирконам и составляет (2615 ± 20) – (2625 ± 15) млн лет [15], поэтому можно счи-



Геологическая карта Северного Кривбасса: вулканогенно-осадочные образования: криворожская серия: 1 – алюмосиликатная формация гланцевой свиты PRgd (метапесчаники, сланцы, микрогнейсы, карбонатные породы); 2 – железисто-кремнистая формация саксаганской свиты PR₂sx (руды, железистые кварциты, сланцы); 3 – ультрабазитовая эффузивная и терригенная формации скелеватской свиты PR₁sk (тальковые, тальк-карбонатные сланцы, метапесчаники, метатравелиты, метаконгломераты); 4 – метабазитовая формация новокриворожской свиты PR₁nk (амфиболиты, сланцы); 5 – аульская серия ARgnau (гнейсы, амфиболиты); гранитоидные комплексы: 6 – граниты микроклин-плагиоклазовые (бокванско-ловзатские, терновские, анновские) PR₁te; 7 – Плагииграниты PR₂mi; 8 – граниты микроклин-плагиоклазовые порфиоровидные (демуринские) ARdm; 9 – граниты саксаганские AR₃msx; структурные элементы: 10 – тектонические нарушения; 11 – структурные границы, 12 – брекчии в зонах разломов, 13 – рудные тела, 14 – скважины

тать, что метабазиты древнее этого возраста, как это доказано в работе Н.П. Семененко и др. [13].

Особенность распределения молибдена состоит в том, что в неизменных метабазитах и в породах вышезалегающих толщ содержание молибдена ниже кларкового значения или близко к нему. На участках активного воздействия микроклин-плагноклазовых гранитов на вулканогенную толщу, в которой в результате этого происходит образование зон метасоматоза, содержание молибдена нередко возрастает до десятых долей процента, увеличивается содержание Cu, Bi, Ag, Zn, Pb. В гранитах молибденит образует мелкую вкрапленность разной интенсивности, примазки по плоскостям контактов ослюденелых и окварцованных участков, ассоциируя преимущественно с кварцем, мелкочешуйчатой слюдой и сульфидами. Размер чешуек молибденита здесь 0,045–0,25 мм. Содержание Au в зонах окварцевания составляет 0,03–0,3 г/т (скв 20526 инт. 344,8–367,5 м). Анализ геолого-структурной позиции и вещественного состава рудопроявлений золота показал, что особенностью золоторудной минерализации в зонах метасоматоза – тесная ассоциация золота с медью, серебром, висмутом и теллуром. Основные рудно-геохимическими ассоциациями оруденения в Восточно-Анновской полосе: Mo-Cu-W-Au-Ag-Bi-As и Au-Cu-Mo-W-As-Bi-Ag-Te.

Связь процессов метасоматоза с гранитными флюидами подтверждается проявлением и часто аномальными концентрациями в метабазитах рудных элементов, не характерных для пород вулканогенной формации, но типичных для гранитоидных магм – Mo, W, Sb, Bi, As, Sn и других. При метасоматозе во вмещающих породах наблюдается развитие кварцевых и микроклиновых прожилков, замещение плагноклазов микроклином, роговой обманки биотитом. В зонах грейзенизации плагноклазы вмещающих пород замещаются кварцем и мусковитом, появляются турмалин и апатит. По мере удаления от зон воздействия гранитоидов приконтактовые изменения постепенно исчезают.

Присутствующая в зоне оруденения вольфрамовая минерализация представлена шеелитом.

Мощность зон Mo минерализации с содержанием молибдена в десятые доли процента (по скв. 20526) меняется от 0,5 до 6,0 м. Мощность рудных зон с содержанием молибдена 0,01–0,03 % составляет здесь от 7–10 до 50 м. Аналогичные данные получены по скв. 15989, 16682, 15555, 15995 и др.

По разрезу скв. 20526 установлено, что в зонах метасоматоза развита интенсивная минера-

лизация, представленная (кроме молибденита) пиритом, пирротинном, халькопиритом, арсенопиритом, сфалеритом, галенитом, касситеритом (диагностирован с помощью рентгено-спектрального анализа), висмутином, магнетитом. Характер сульфидной минерализации в зонах метасоматоза прожилково-вкрапленный.

Морфологически рудопроявления молибдена в Восточно-Анновской полосе представлены мелкой рассеянной вкрапленностью молибденита разной интенсивности, листовато-чешуйчатыми агрегатами, гнездовидными скоплениями, а также сериями разноориентированных в пространстве маломощных молибденитовых, кварц-молибденитовых и кварц-микроклин-молибденитовых жил и прожилков, образующих штокверковую зону рудной минерализации, развитую в северо-западном направлении на несколько километров.

Выделенная по скважинам в Восточно-Анновской полосе молибденоносная рудная зона не имеет постоянной мощности и четких геологических границ. Рудные тела оконтуриваются только по данным опробования. Формы отдельных, разоб-

Содержание Mo, W и Cu в породах Северного Кривбасса

Номер п/п	Номер скважины	Порода	Содержание, %		
			Mo	W	Cu
Восточно-Анновская полоса					
1	15555	Зона кварц-сульфидного метасоматоза в амфиболитах	0,1	0,1	0,1
2	15995	То же	0,2	0,2	0,4
3	20526	“ “	0,3	0,01	0,2
4	15989	Окварцованные амфиболиты	0,1	0,03	0,05
5	15990	То же	0,05	0,06	0,7
6	16651	“ “	0,1	–	0,07
Терновский участок					
7	16683	Окварцованные амфиболиты	0,07	–	0,1
8	16684	То же	0,07	–	0,1
9	16685	“ “	0,3	–	0,1
10	16688	“ “	0,02	–	0,05
11	16691	“ “	0,05	0,01	0,1
12	17101	“ “	0,06	0,01	0,1
13	17102	“ “	0,03	0,02	0,1
14	17103	“ “	0,03	0,01	0,2
15	17104	“ “	0,07	0,01	0,1
16	17105	“ “	0,04	0,02	0,08

Примечание: полуколичественный спектральный анализ пород выполнен в лаборатории отдела спектральных методов исследования ИГФМ АН УССР, аналитик Орлова Л.А.

щенных тел, выделенных таким образом, повторяют в общих чертах форму основной зоны и также вытянуты по простиранию вмещающих пород. В вертикальном сечении рудные тела имеют зональное строение, то есть представлены чередованием участков с разной концентрацией молибдена.

Минералогическое изучение рудных штуфов и полированных шлифов из зон метасоматически измененных вмещающих пород показало, что молибденит распределен в зонах метасоматоза в виде мелкой и тончайшей вкрапленности. Размер чешуек составляет 0,01–0,1 мм, реже 1,5 мм, зафиксированы и гнезда размером 0,5–1,5 см. Кроме того молибденит наблюдается в виде примазок по стенкам трещин, а также пленок и налетов по плоскостям зеркал скольжения и сланцеватости.

Процессы минералообразования многостадийные. На высокотемпературной стадии отлагался крупночешуйчатый молибденит, иногда образующий гнездообразные скопления, на более низкотемпературной – мелкочешуйчатый, часто с образованием волосовидных прожилков, секущих ранние выделения крупночешуйчатого минерала.

В Девладовском районе Мо минерализация развита в катаклазированных и окварцованных мигматитах, плагиогранитах и розовых аплитовидных гранитах. Молибденит наблюдается здесь в виде мелкой, рассеянной вкрапленности, приуроченной к участкам окварцевания. Кроме молибденита на таких участках установлены разные количества пирита, пирротина, халькопирита, магнетита.

На Терновском участке Мо минерализация изучена по скв. 16683–16685, 16688, 17101–17105 (Рисунок). Минерализация приурочена здесь к участкам окварцевания в метабазах мощностью от 1–2 м до 15–20 м. Содержание Мо в зонах окварцевания составляет 0,02–0,07 % и только по скв. 16685 в интервале 135,3–136,4 м достигает 0,3 %. Содержание Си в таких интервалах составляет 0,05–0,2 %, W 0,01–0,02 %, Pb 0,01–0,1 %. Молибденит наблюдается здесь в виде мелкой (0,01–0,5 мм) рассеянной вкрапленности, изредка образует тончайшие мономинеральные прожилки или приурочен к кварц-молибденитовым прожилкам. Иногда пленки молибденита наблюдаются по плоскостям микротрещин в амфиболитах. В ассоциации с молибденитом в зонах окварцевания установлены халькопирит, пирит, пирротин, галенит, магнетит и другие минералы.

На Первомайском руднике в многочисленных кварцевых и кварц-сульфидных разноориентированных жилах и прожилках, залечивающих раз-

рывные нарушения, установлена редкая рассеянная вкрапленность молибденита в ассоциации с пиритом, пирротинном, халькопиритом, арсенопиритом, галенитом, иногда сфалеритом и магнетитом. На участках окварцевания вмещающих пород молибденитовая минерализация носит вкрапленный и тонковкрапленный характер, при этом ее интенсивность зависит от степени дробления и катаклаза вмещающих пород, а также от их эпигенетического окварцевания и сульфидизации. На таких участках выделения молибденита приурочены к трещинкам или развиваются в межзерновых пространствах порообразующих минералов.

Повышенное содержание молибдена установлено в метасоматически переработанных амфиболитах и амфибол-биотитовых сланцах с кварцевыми прожилками на горизонте 710 м шахты “Объединенная” Первомайского РУ. В лавах и лавобрекчиях Первомайской трубки взрыва среднее содержание Мо составляет 0,0002, максимальное 0,001 %. Мо ассоциирует здесь с Си (до 0,02 %), Zn (до 0,05 %), Pb (до 0,006 %) и Au – до 4 г/т.

Ю.Г. Гершойгом и В.Н. Куделиным [2] в северной части региона из линзовидных и дайковых тел ультраосновных пород, секущих амфиболиты и железисто-кремнистую толщу, исследованы образцы оталькованных серпентинитов и пегматоидных пироксенитов. Молибденит обнаружен в этих породах в виде чешуй и таблитчатых кристаллов гексагонального облика, размером в доли миллиметра. В одной из полировок установлено выделение молибденита величиной 2 × 2 см. Наблюдается приуроченность выделений молибденита к кварцевым и кварц-карбонатным прожилкам. По мнению авторов [2], молибденит здесь продукт поздней минерализации, связанной с гранитоидной магмой.

Метаконгломераты скелеватской свиты несут довольно обильную свинцово-цинковую и реже медно-молибдено-редкометалльную минерализацию. Обломочный материал метаконгломератов представлен гальками существенно кварцевого состава с вкрапленностью пирита, халькопирита, галенита, сфалерита и молибденита, а также гальками окварцованных хлорит-биотит-амфиболовых сланцев с тонкой и неравномерной вкрапленностью молибденита, халькопирита и пирротина.

По данным Н.С. Курлова и др. [6], в Криворожской сверхглубокой скважине молибденит вместе с другими сульфидами приурочен к зонам окварцевания и карбонатизации, где он нередко отмечается в виде отдельных чешуек (в частности,

в интервале 710,6–726,6 м). Кремнекислотный метасоматоз, по мнению этих авторов, синхронен времени формирования кировоградского комплекса гранитоидов (возраст биотита и мусковита из этих гранитов составляет 1950 ± 50 млн лет) [6].

На руднике им. К. Либкнехта в контакте метабазитов и розовато-серых микроклин-плагиоклазовых гранитов минерализация Мо с содержанием 0,001–0,003 % развита на участках окварцевания метабазитов и в кварц-полевошпатовых прожилках. В зонах метасоматоза наблюдается интенсивная сульфидная минерализация. Модельный возраст галенитов, выделенных из зон метасоматоза в амфиболитах, составляет 2560 млн лет.

По скв. 13663, южнее рудника им. Коминтерна, содержание Мо на окварцованных интервалах пород вблизи тектонических нарушений составляет 0,005–0,008 % в ассоциации с Cu (0,06), Zn (0,1) и Pb (0,1 %).

Фоновое содержание Мо в породах гданцевской свиты – 0,0001 %, повышенное – до 0,005–0,008 %; установлено в зонах кварцевого, кварц-сульфидного метасоматоза и грейзенизации по скв. 15300, 13663, 16901, 16894, 16897. Наблюдается прямая зависимость между степенью метасоматической переработки вмещающих пород и содержанием Мо.

В южном Криворожье, к востоку от Лихмановской синклинали, в контакте метабазитов с розовато-серыми микроклин-плагиоклазовыми гранитами имели место процессы окварцевания и грейзенизации, сопровождающиеся Мо минерализацией (0,002–0,008 %) в ассоциации с Cu (до 0,02), Zn (до 0,02) и As (до 0,01 %).

В Кременчугском районе в породах метабазитовой формации И.Н. Бордуновым [5] описана аномальная минерализация Мо и W, связанная с процессами кварцевого метасоматоза, грейзенизации и скарнирования. Содержание Мо и W здесь достигает 0,2 % (минеральная форма не установлена). Выделены три зоны рудной минерализации мощностью 10–30 м [5], приуроченные к контактам малых гранитных интрузий внутри метабазитовой толщи. Нижняя Cu-Zn зона с молибденитом представлена разобшенными телами амфиболитов мощностью 5–15 м, рассечённых розовыми аплит-пегматитами, кварц-полевошпатовыми и кварц-эпидотовыми жилами. Верхняя грейзеновая зона с Li и Bi установлена на участках чередования ксенолитов амфиболитов с плагиогранитами и розовыми аплит-пегматитами. Мо минерализация обнаружена также в аль-

битизированных аплитовых гранитах, пронизанных кварцевыми прожилками, в которых развиты пленки, рассеянная вкрапленность сульфидов и крупные чешуйки молибденита. В грейзенизированных серых альбитовых гранитах, рассечённых жилами аплитов, наблюдается кварц, молибденит, турмалин, пирит и халькопирит.

К востоку от Криворожско-Кременчугской полосы установлен ряд Cu-Мо рудопроявлений, пространственно связанных с жильными телами и мелкими массивами гранитов, интрузирующих осадочно-вулканогенную толщу.

Редкая вкрапленность молибденита установлена в катаклазированных и окварцованных биотитовых мигматитах, плагиогранитах и розовых аплитовидных гранитах Демурина купола, а также в кварцевых и кварц-калишпатовых прожилках, секущих порфирированные микроклин-плагиоклазовые демуриновые граниты. Молибденит здесь ассоциирует с пиритом, пирротинном, халькопиритом и шеелитом.

Генетически рудная минерализация связана здесь с молодыми лейкократовыми аплит-пегматоидными гранитами и небольшими интрузиями существенно калиевых гранитов. Оруденение представлено серией разноориентированных прожилков кварц-полевошпатового и кварц-эпидот-полевошпатового состава мощностью от нескольких миллиметров до 5–6 см с мелкой вкрапленностью, гнездами и тонкими прожилками молибденита. Размеры чешуек молибденита 0,5–1,0 мм. Молибденит ассоциирует с пиритом, пирротинном, халькопиритом.

В результате микроскопических исследований установлена приуроченность выделений молибденита к участкам микроклинизации, мусковитизации и окварцевания пород. При этом орудененные участки пород отличаются от безрудных повышенным содержанием калия и кремнезема.

В районе с. Александровка, в 15 км к востоку от Кривого Рога, Cu-Мо оруденение локализовано в зоне эндоконтакта массива токовских гранитов, возраст которых 2600–2800 млн лет [9], с осадочно-вулканогенной толщей. Молибденовое оруденение представлено серией разноориентированных прожилков различной мощности кварц-полевошпатового и кварцевого состава с вкрапленностью молибденита, выполняющих зоны расщепления и дробления во вмещающих их породах. Сближенные жилы образуют штокверковые тела вертикального залегания. Содержание Мо в пробах – 0,05–0,094 %, а в отдельных

пробах достигает 0,5–0,69 %, W до 0,02 %. Молибденит представлен крупночешуйчатыми выделениями. В ассоциации с молибденитом отмечаются халькопирит, пирит, пирротин [1, 10].

В Коломоевском карьере, в восточном обрамлении Кривбасса, в кварцевых прожилках, секущих катаклазированные саксаганские серые плагиограниты, содержащие ксенолиты древних амфиболитов, обнаружена Mo минерализация с содержанием Mo до 0,019 % [5].

В западном обрамлении Кривбасса рудопроявления Mo установлены в пределах субмеридиональной Карачуновско-Лозоватской зоны, где они приурочены к ингулецким мигматитам, среди которых встречаются останцы метаморфических пород криворожской серии, представленных здесь амфиболо-магнетитовыми и биотит-амфиболо-магнетитовыми кварцитами, разными по составу сланцами, амфиболитами и гнейсами. В целом метаморфические породы, представляющие собой останцы пород криворожской серии среди поля мигматитов. Рудопроявления и точки минерализации Mo тяготеют к участкам метасоматически измененных пород вдоль дизъюнктивных нарушений, секущих останцы метаморфических пород.

Сланцевые метасоматически измененные породы почти всегда содержат молибденит, который образует здесь чешуйки размером до 2 мм. Находится молибденит в тесной ассоциации с пиритом, пирротинном, халькопиритом, галенитом, магнетитом, арсенопиритом, золотом и платиноидами. Взаимоотношения молибденита с другими сульфидами указывают на более позднее его образование – позже пирита, пирротина и халькопирита.

В богатых разностях руд медно-молибденово-редкометалльной формации Карачуновско-Лозоватской зоны установлено, г/т: Au – 0,67–3,0, Ag – 100, Pd – 0,058–0,123, Pt 0,013–0,027. Наличие в рудах молибденита с содержанием рения до 0,5 % позволяет прогнозировать здесь обнаружение осмия до $n \times 10$ г/т [4].

Таким образом, молибденовая минерализация установлена на всем протяжении Криворожско-Кременчугской структуры, в восточном и западном ее обрамлении.

Повсеместно молибденовое оруденение связано с зонами грейзенизации, кварцевого и кварц-сульфидного метасоматоза, приуроченных к контакту осадочно-вулканогенных толщ и гранитоидов разного возраста.

С востока осадочно-вулканогенные образования криворожской серии граничат с существенно

микроклиновыми розовыми боковянско-лозоватскими гранитами, розовато-серыми порфиroidными микроклин-плагиоклазовыми демуринскими гранитами, серыми среднезернистыми саксаганскими плагиогранитами, на некотором удалении от Кривбасса – розовыми среднезернистыми порфиroidными токовскими гранитами; с запада – розовато-серыми среднезернистыми кировоградскими гранитами и светло-серыми среднезернистыми ингулецкими плагиогранитами.

Каждый из этих комплексов характеризуется определенным минеральным составом, текстурно-структурными, петро- и геохимическими особенностями, рудной минерализацией, возрастом и геолого-структурным положением.

Изучение генезиса молибденовой минерализации показало, что она связана с разновозрастными процессами метасоматоза и привнос Mo в породы Кривбасса осуществлялся неоднократно.

На основании геологических и геохронологических данных можно предполагать, что минерализация Mo сформировалась не менее, чем в 3 этапа метасоматического рудообразования. Первый этап соответствует периоду 2800–2600 млн лет [9, 13, 15] и связан с гранитоидами токовского и демуринского комплексов. Видимо, к образованиям того же возраста следует отнести вкрапленную минерализацию молибденита в кварцевых гальках и окварцованных хлорит-биотит-амфиболовых сланцах из метаконгломератов терригенной формации скелеватской свиты. Второй этап рудообразования обусловлен становлением гранитоидов кировоградского комплекса возрастом 2060–2020 млн лет [16]. Секущие тела аплитов и аплитовидных гранитов этого комплекса датированы возрастом 1970–1985 млн лет [16]. Третий этап связан с фазой тектонической активизации на платформенном этапе развития региона возрастом 250 ± 10 млн лет [14].

По видовому составу в зонах метасоматоза в породах Кривбасса установлены: молибденит, халькопирит, пирротин, сфалерит, галенит, арсенопирит, шеелит, касситерит, висмутин, магнетит.

Ниже приведено краткое описание основных рудных минералов, несущих ценную информацию о генетических условиях минералообразования.

Молибденит – минерал светло-серого цвета, представлен индивидами, размером 0,01–0,2 реже 3–4 мм. Обычно листоватый, массивный или чешуйчатый. Листоватые и чешуйчатые формы выделений молибденита сложены, как правило, единичными или несколькими индивидами,

обычно ориентированными в одном направлении. Молибденит тесно ассоциирует с кварцем и сопутствующими сульфидами как во вмещающих породах, так и в прожилках. Иногда молибденит наблюдается в виде волосовидных жилочек, которые развиты по субмикроскопическим трещинкам в кварце. Чешуйки часто смяты, изогнуты или расщеплены, что свидетельствует о наличии пострудных подвижек. По данным микрорентгено-спектрального анализа, содержание Мо в молибдените составляет 59,8–60,6 %; S от 39,9 % до 40,3 %. При исследовании молибденитов из разных пород на Re получены следующие результаты: наиболее обогащены Re молибдениты из розовых аплитовидных гранитов (0,02 %), окварцованных и карбонатизированных роговообманковых амфиболитов (0,01–0,02 %) и в меньшей степени из кварцевых жил (0,006–0,012 %) и двуслюдяных сланцев (0,005 %). Е.К. Лазаренко и др. [7] приводят содержание Re 0,3 % из пироксенитов Первомайского РУ и 0,5 % из сланцевой гальки.

Пирит широко развит в зонах метасоматоза. По времени образования и морфологическим особенностям выделено две генерации пирита. Пирит I присутствует в виде зерен неправильной формы размером несколько миллиметров, образует сплошные массы, цементирует зонки дробления, выполняет промежутки между зернами других минералов. Хорошо ограненные выделения пирита этой генерации приурочены обычно к трещинам и пустотам в породе, где он кристаллизовался в условиях свободного пространства. Кристаллографические формы пирита наблюдаются здесь в виде срезов квадратов, усеченных трапеций, прямоугольников, треугольников. Простые грани пирита здесь нередко усложнены гранями октаэдра или тетрагонтриоктаэдра, иногда наблюдаются комбинации граней октаэдра и пентагондодекаэдра. Наблюдается некоторая зависимость габитуса кристаллов пирита от содержания элементов-примесей. Так в пиритах, имеющих форму пентагондодекаэдра, установлено довольно высокое содержание никеля и кобальта, тогда как в пиритах кубической формы эти элементы обычно отсутствуют. Пирит II развит в прожилках мощностью до нескольких миллиметров. По составу прожилки мономинеральные или пирит-пирротин-халькопиритовые, иногда с кварцем и молибденитом. Пирит – наиболее ранний минерал этой ассоциации: наблюдаются включения и прожилки пирротина и халькопирита в пирите. Позже выделяется халькопирит и самый послед-

ним – пирротин. Характерные элементы-примеси пиритов – никель (до 0,2 %), кобальт (до 0,8), висмут (0,1). Содержание Fe составляет 45,6–46,9 %; S 53,0–53,4 %.

Пирротин присутствует в виде вкрапленности, скоплений, гнезд или сплошных агрегатов. Форма зерен минерала неправильная и часто обусловлена формой выполняемых им промежутков между нерудными минералами, размер индивидов от 0,5 до нескольких миллиметров. Характерны сростки пирротина с пиритом II, халькопиритом, магнетитом. Нередко пирротин приурочен к кварцевым и кварц-сульфидным жилам и прожилкам, иногда образует самостоятельные или совместно с другими сульфидами маломощные прожилки. Состав пирротинов, по данным зондового анализа, %: Fe 55,9–61,7; Ni 0,1–0,2; Co 0,1; S 37,3–43,3.

Халькопирит пользуется широким распространением в зонах метасоматоза. Развит в виде вкрапленности зёрен неправильной формы размером до нескольких миллиметров или выполняет промежутки между зернами других минералов, морфология которых определяется контурами выполненных халькопиритом межзерновых пространств и трещин среди нерудных минералов породы. Нередко образует разной мощности прожилки мономинеральные или вместе с кварцем, молибденитом и другими сульфидами. Часто замещает пирит I или отмечается в виде включений и прожилков в пирите I, что свидетельствует о более позднем, чем ранняя генерация пирита, его образовании.

По данным зондового анализа, содержание в халькопирите составляет, %: Fe 30,2–30,9, Cu 34,3–35,1, Ag до 0,1, S 33,9–34,1.

Сфалерит встречен в незначительном количестве в зонах окварцевания и сульфидной минерализации, в роговообманковых амфиболитах (скв. 15987, 15988, 16883) в ассоциации с пиритом, пирротином, галенитом, молибденитом, халькопиритом и магнетитом. Сфалерит представлен здесь индивидами неправильной формы размером 0,05–0,2 мм. Иногда наблюдается в виде мелких включений в халькопирите или эмульсионной вкрапленности в халькопирите. В отраженном свете минерал серый с желто-бурыми внутренними рефлексамии. Состав сфалерита по данным микрозондового анализа, %: Zn 59,5–64,8; Fe 3,0–7,9; Co 0,13; Cd 0,1–0,9; S 32,3–33,2.

Галенит встречается сравнительно редко – обычно это единичные зерна кубического габитуса с характерной спайностью размером 0,1–

1,0 мм. Цвет минерала свинцово-серый, участками с фиолетовой побежалостью. Иногда галенит приурочен к полиметаллическим прожилкам или вместе с молибденитом, халькопиритом, пирротином, пиритом и сфалеритом, по отношению к которым оказывается более молодым образованием, образует рудные прожилки разной мощности (от нескольких миллиметров до 1,5 см). Со сфалеритом галенит нередко образует сростания в кварц-сульфидных прожилках. Состав галенита, по данным микрозондового анализа, %: Pb 86,9–87,0; Ag 0,2; Bi 0,9–1,3; S 13,1–13,8.

Арсенопирит в виде единичных призматических кристаллов размером 0,1–0,3 мм установлен в зонах окварцевания вместе с молибденитом, пиритом, пирротином и халькопиритом. По взаимоотношению с другими сульфидами арсенопирит здесь – наиболее ранний минерал. Вместе с другими сульфидами арсенопирит иногда отмечается в полиметаллических прожилках. Состав арсенопирита, по данным микрозондового анализа, %: Fe 34,4; As 47,2; Ni 0,3; S 19,6.

Шеелит установлен в скарнах в Восточно-Анновской полосе, в ассоциации с халькопиритом, молибденитом, пиритом, пирротином. Форма кристаллов шеелита неправильная, изометричная, или таблитчатая, иногда округлая, размер от 0,1–0,2 мм до 0,6–0,8 мм. Цвет зеленовато-желтый, бледно-зеленый. Нередко вокруг зерен шеелита наблюдаются каемки пирита, халькопирита, сфалерита и др. минералов. Минерализация шеелита наложенная и связана с процессами кварц-полевошпатового метасоматоза и грейзенизации. По данным Н.С. Курлова и др. [6], в зонах магнезиально-углекислого метасоматоза, наложенного на образования глееватской и гданцевской свит, по разрезу Криворожской сверхглубокой скважины, шеелит находится в тесной ассоциации с арсенопиритом, халькопиритом, пирротином и молибденитом. Кроме того он отмечается в ассоциации с касситеритом, молибденитом и турмалином в грейзенизированных плагиигранитоидах на ранней стадии кремнекислотного метасоматоза.

Касситерит встречается только в зонах грейзенизации в виде обломков неправильной формы или короткопризматических кристаллов размером 0,01–0,2 мм, гнездовидных и линзовидных скоплений (до 0,5 мм), зерен и агрегатов светло-коричневого и желтого цвета.

Висмутин установлен в зонах метасоматоза вместе с другими сульфидами в виде выделений неправильной формы размером 0,01–0,1 мм или

лучистых агрегатов. Иногда образует тончайшие каёмочки вокруг зерен халькопирита. В отраженном свете минерал белый с кремовым оттенком.

Магнетит отмечается повсеместно вместе с другими сульфидами в виде выделений неправильной формы, размером от 0,1 до нескольких миллиметров, реже образует маломощные прожилки. При минераграфических исследованиях по условиям и времени образования выделено две генерации магнетита. Магнетит I – первично магматический, образовавшийся при кристаллизации исходной породы, представлен вкрапленностью разной интенсивности. Магнетит II – поздний, образовался в результате постмагматических метасоматических процессов и наблюдается в виде мелких включений неправильной формы в пирите, пирротине и халькопирите, а также нередко образует сростки с пирротином и прожилки разной мощности, иногда наблюдаются оторочки магнетита вокруг зерен пирита. Форма индивидов магнетита II указывает на развитие его в стеснённых условиях и свидетельствует о метасоматическом происхождении. Нередко прожилки магнетита секут кристаллы пирита, что свидетельствует о его более позднем происхождении. В кварцевых прожилках магнетит развит с обычной четкой кристаллографической огранкой (кубы, октаэдры или их комбинации).

Выводы. В результате проведенных исследований установлено:

1. Молибденовая минерализация развита по всему простиранию Криворожско-Кременчугской структуры, в восточном и западном ее обрамлении.

2. Рудопроявления и точки минерализации молибдена находятся в пространственной и генетической связи с гранитоидами разного возраста и приурочены к участкам активного контакта этих гранитоидов с вулканогенно-осадочными образованиями, где образуются зоны грейзенизации, кварцевого и кварц-сульфидного метасоматоза.

3. Молибденовая минерализация в породах региона представлена сетью молибденитовых, кварц-молибденитовых, кварц-молибденит-сульфидных прожилков и вкрапленностью молибденита разной интенсивности в зонах окварцевания, грейзенизации и незначительного скарнирования.

4. Среди проявлений Mo минерализации можно выделить: 1) жильный кварц-молибденовый тип; 2) жильный кварц-молибденовый тип с медью; 3) молибденит-грейзеновый тип с сульфидами; 4) вкрапленный тип.

Литература

1. Бабков Ю.Б., Киселев А.С., Решетняк В.В. и др. Некоторые особенности размещения медно-молибденовых рудопоявлений в восточной части Криворожско-Кременчугской зоны // Геол. журн. – 1972. – 32. – Вып. 4. – С. 112–114.
2. Гершойг Ю.Г., Куделин В.Н. Рудные акцессорные минералы ультраосновных пород Криворожского бассейна // Геол. журн. – 1971. – 31. – Вып. 5. – С. 34–40.
3. Геохимия молибдена и вольфрама. – М.: Наука, 1971. – 128 с.
4. Есипчук К.Е., Галецкий Л.С., Галий С.А. и др. Перспективы платиноидности геологических формаций Украины. – Киев, 1994. – 64 с. – Препр. ИГМР АН Украины.
5. Критерии прогнозирования месторождений Украинского щита и его обрамления. – К.: Наук. думка, 1975. – 560 с.
6. Курлов Н.С., Белевцев Р.Я., Мечников Ю.П. Рудно-метасоматическая зональность по разрезу Криворожской сверхглубокой скважины (СГ-8) // 36. наук. пр. ІГНС НАН та МНС України. – 2002. – Вып. 5/6. – С. 133–144.
7. Лазаренко Е.К., Гершойг Ю.Г., Бучинская Н.И. и др. Минералогия Криворожского бассейна. – К.: Наук. думка, 1977. – 543 с.
8. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины : В 2-х т. – К.-Львов: Центр Европы, 2005. – Т. 1. – С. 374–386.
9. Орса В.И. Гранитообразование в докембрии Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области. – К.: Наук. думка, 1988. – 202 с.
10. Решетняк В.В., Кисельов А.С. Олександрівський рудопояв молибдену в Кривбасі та розшифровка його із застосуванням кернометрії // Геол. журнал. – 1967. – 27. – Вып. 6. – С. 107–108.
11. Соловйова Ф.І. Новий тип гідротермальної мінералізації в мігматитах Інгулецького району // Геол. журнал. – 1963. – 23. – Вып. 1. – С. 84–88.
12. Соловйова Ф.І. Мідно-нікелева мінералізація в докембрії Кривого Рога // Питання геохімії, мінералогії і петрографії. – Київ: – Вид-во АН УРСР, 1963. – С. 206–216.
13. Семеновко Н.П., Ярошук Э.А., Курлов Н.С. и др. Изотопный возраст саксаганской метабазитовой серии и бокованско-лозоватского комплекса Украинского щита // Тез. Докл. XXI сес; Комиссия по определению абсолютного возраста геологических формаций. – Уфа, 1979. – С. 148–149.
14. Семеновко Н.П., Ярошук Э.А., Великанов Ю.Ф. и др. Связь мезозойского платформенного вулканизма с зонами активизации в докембрии Северного Криворожья // Геохимия и рудообразование. – 1985. – № 13. – С. 3–13.
15. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Бартницкий Е.Н. и др. Возраст осадочно-вулканогенных формаций Восточно-Анновской полосы // Докл. АН УССР. Сер. Б. – 1989. – № 2. – С. 30–35.
16. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М. Геохронология раннего докембрия УЩ. Протерозой. – К.: Наук. думка, 2008. – 239 с.

Velikanov Y.F., Velykanova O.Y.

Molybdenum mineralization in the rocks of the Kryvbas.

The paper demonstrates results on investigations of placement regularities and localizing conditions of Mo mineralization in the sedimentary-volcanic strata of the Kryvy Rig structure. Ore showings of Mo mineralization are spatially and genetically connected with the granitoids of different age and are located in the contact between the granitoids and sedimentary-volcanogenic rocks of the Kryvy Rig series, which includes the zones of greisenization, quartz and quartz-sulfide metasomatism. The ores consist of different intensity molibdenite, quartz-molibdenite and quartz-sulfide assemblages occurring as veinlet-disseminated in zones of quartzification and greisenization. In the zones including metasomatic alterations, processes of the metasomatism were developed in the narrow zones, from several meters to several tens of meters. In the zones of metasomatism, molibdenite is closely associated with pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, scheelite, arsenopyrite, cassiterite and magnetite. The major ore minerals of the zones of metasomatism are shortly described.

Key words: mineralisation, ore showings, geochemistry, metasomatism, mineral.

Великанов Ю.Ф., Великанова О.Ю.

Мінералізація молибдену в породах Кривбасу.

Наведені результати досліджень особливостей розташування та умов локалізації мінералізації Мо в осадово-вулканогенних товщах Криворізької структури. Рудопояви мінералізації молибдену просторово і генетично пов'язані з гранітоїдами різного віку і приурочені до ділянок контакту цих гранітоїдів з осадово-вулканогенними породами криворізької серії, де утворюються зони грейзенізації, кварцового і кварц-сульфідного метасоматозу. Зруденіння представлене молибденітовою, кварц-молибденітовою та кварц-сульфідною прожилково-вкрапленою мінералізацією різної інтенсивності в зонах окварцовання та грейзенізації. У породах, в яких відбулися метасоматичні зміни, процеси метасоматозу проявлені у вузьколокальних зонах потужністю від декількох метрів до перших десятків метрів. У зонах метасоматозу молибденіт тісно асоціює з піритом, піротином, халькопіритом, шеелітом, арсенопіритом, касітеритом, магнетитом. Викладено короткий опис основних рудних мінералів, розвинених у зонах метасоматозу.

Ключеві слова: мінералізація, рудопояви, геохімія, метасоматоз, мінерал.

Поступила 04.11.2013