

Originality. We have applied the laws of dialectical materialism to substantiate the New Rotational Hypothesis.

Practical value. We have applied a complex approach to the analysis of geo-tectonic hypotheses, which increases their evidence grade.

Keywords: *Earth, tectonic evolution, field of rotational stress, dialectical materialism*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук М.М. Довбнічем. Дата надходження рукопису 09.10.12.

УДК 553.22 +553.4/6

М.В. Рузина, д-р геол. наук, проф.,

О.А. Терешкова, канд. геол. наук,

Д.В. Яцына,

А.Д. Додатко, д-р геол.-мин. наук, проф.

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина,
e-mail: ruzinamarina@rambler.ru; terolla@bk.ru

ЛИСТВЕНИТ-БЕРЕЗИТЫ СРЕДНЕПРИДНЕПРОВСКОГО МЕГАБЛОКА УКРАИНСКОГО ЩИТА И ИХ РУДОНОСНОСТЬ

M.V. Ruzina, Dr. Sci. (Geol.), Professor,

O.A. Tereshkova, Cand. Sci. (Geol.),

D.V. Yatsyna,

A.D. Dodatko, Dr. Sci. (Geol.-min.), Professor

State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine,
e-mail: ruzinamarina@rambler.ru; terolla@bk.ru

LISTVENITE-BERESITES FROM THE MIDDLE PREDNIPROVIE MEGABLOCK OF THE UKRAINIAN SHIELD AND ITS ORE CONTENT

Цель. Исследование петрологии и рудоносности лиственит-березитов зеленокаменных структур (ЗКС) Среднего Приднепровья и установление закономерностей формирования полихронных и комплексных по составу проявлений редких и благородных металлов, пространственно связанных с зонами телескопированных метасоматических формаций.

Методы. Для решения главных задач исследований, состоящих в изучении петрологии и рудоносности лиственит-березитов, были использованы петрографические, минераграфические и геохимические методы исследования. Для определения роли тектонических факторов в процессе рудообразования проведено сопоставление метасоматических зон Среднего Приднепровья с системами глубинных разломов на основании геолого-геофизических данных по картам различного масштаба.

Результаты. Листвениты и березиты распространены практически во всех зеленокаменных структурах (ЗКС) Среднеприднепровского мегаблока. В пределах Западного участка Белозерской ЗКС и Южно-Белозерского массива гипербазитов обнаружены проявления хромита, комплексные аномалии золота, серебра и платины, проявления талька, магнезита и асбеста, а также проявления Co, Cu, Ni, Hg. Практически все проявления приурочены к зонам тектонических нарушений и участкам интенсивного проявления метасоматоза в виде лиственитизации и серпентинизации нескольких стадий (лизардитовой, антигоритовой, хризотиловой), оталькования, карбонатизации. Генезис подобных проявлений определен как дислокационно-метаморфический. Закономерности высокой рудоносности ЗКС Среднего Приднепровья объясняются пространственным их совмещением с узлами пересечения разломов и неоднократной активизацией разломов разных систем, сопровождаемой возобновлением магматогенной и метаморфогенной гидротермальной деятельности, в результате которой и формируются полихронные и комплексные по составу проявления редких и благородных металлов, пространственно связанные с зонами телескопированных метасоматических формаций. По результатам исследований установлено, что Белозерская, Верховцевская, Чертомлыкская и Сурская ЗКС могут быть отнесены к разряду кластеров, вследствие их расположения в узлах пересечения четырех – шести систем глубинных разломов, выделяемых в Среднеприднепровском мегаблоке.

Научная новизна. Установлена металлогеническая специализация серицит-карбонатных метасоматических формаций в пределах Среднеприднепровского мегаблока. Выявлены закономерности пространственной приуроченности телескопированных рудоносных метасоматитов к зонам глубинных разломов, которые определяются двойной ролью метасоматоза в зависимости от активизации системы глубинных разломов (положительной для сложной благородной минерализации и отрицательной для платиноносной хромитовой формации и хризотил-асбестовой минерализации).

Практическая значимость. Установлено, что вероятность появления месторождений повышается с ростом числа глубинных разломов, пересекающихся в узле, который может приобрести роль рудного кластера, концентрирующего разные по возрасту и составу месторождения благородных металлов и других полезных ископаемых, в т.ч. неметаллического минерального сырья.

Ключевые слова: *карбонатный метасоматоз, рудоносность, лиственит-березиты, зеленокаменные структуры*

Постановка проблемы. Метасоматиты серицит-карбонатной формации (листвениты и березиты) яв-

ляются наиболее изученными образованиями как в истории изучения метасоматических процессов, так и в Среднеприднепровском мегаблоке Украинского щита в связи с их потенциальной золотоносностью. Впервые

© Рузина М.В., Терешкова А.О., Яцына Д.В., Додатко А.Д., 2013

они были встречены и описаны как апосерпентинитовые кварц-карбонатные породы (листвениты) и апогранитовые кварц-карбонат-серицитовые (березиты). Наиболее полная история изучения и эволюции представлений об условиях образования метасоматитов формации лиственит-березитов приведена в монографии В.Н. Сазонова.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. В настоящее время под лиственитизацией понимают процесс преобразования серпентинитов, основных и средних пород, а также туфов, известковых сланцев, песчаников, конгломератов и карбонатных пород в листвениты под воздействием кислых, углекислых, сероводородсодержащих растворов в результате гидротермальных авто- и аллометаморфических процессов [1].

Лиственит – порода карбонат (брейнерит, магнетит)-кварцевого состава с примесью талька, хлорита, эпидота, актинолита, фуксита, магнетита, рутила, актинолита.

Главным отличием лиственита от березита является наличие карбоната. Д.С. Коржинский считал целесообразным распространение термина „лиственитизация“ на все процессы карбонатизации ультрабазитов, которые происходят под воздействием растворов, вызывающих березитизацию более кислых пород. Согласно петрографическому кодексу Украины [1], листвениты относятся к подклассу кислотных метасоматитов (pH=3-7) группы низкотемпературных метасоматитов (температура образования ниже 350°C).

Березиты – гидротермально измененные околожильные породы, состоящие из кварца и серицита с примесью пирита и рутила. Образуются за счет преобразования кислых алюмосиликатных пород, а также вторичных кварцитов, грейзенов и пропицитов [1], относятся к продуктам низкотемпературного метасоматоза и возникают при переходе щелочной среды образования пропицитов в кислую – вторичных кварцитов. Ведущие подвижные компоненты процессов лиственитизации и березитизации – K⁺, CO₂, H₂S. В пределах Среднеприднепровского мегаблока, кроме собственно лиственитов и березитов, встречаются метасоматиты смешанного типа: лиственит-березиты и лиственит-пропициты.

Однако наряду с вышеуказанными породами встречаются своеобразные телескопированные метасоматиты, совмещающие минерализацию как лиственитов, так и березитов.

Лиственит-березиты – породы, состоящие из карбоната, хлорита, серицита, альбита, талька и кварца с примесью пирита, рутила, магнетита. Редко содержат биотит, халькопирит и ильменит.

Образование данного типа метасоматитов и механизм формирования комплексного оруденения, пространственно (а возможно и генетически) связанного с метасоматитами данной группы, в настоящее время однозначно не определены и составляют предмет исследований данной работы.

Задачи исследования. В Среднеприднепровском мегаблоке метасоматиты серицит-карбонатной фор-

мации встречены, практически, во всех зеленокаменных структурах (ЗКС) и часто сопровождают золоторудные проявления. В связи с этим, главные задачи исследований состояли в изучении петрологии и рудоносности лиственит-березитов.

Изложение основного материала исследования. В пределах Белозерской ЗКС (БЗКС) Среднеприднепровского мегаблока Украинского щита листвениты являются одними из наиболее распространенных метасоматических образований, что подтверждено их развитием по серпентинитам, метабазитам и даже некоторым разновидностям железистых кварцитов и богатых магнетитовых руд. Процесс лиственитизации наиболее интенсивно проявился в серпентинитах и метабазитах нижней и средней свит конкской серии на Западном участке БЗКС, а также в пределах силла серпентинитов с дайками габбро-долеритов Южно-Белозерского и Переверзевского месторождений и прилегающих к нему участков разреза верхнего сланцевого и железорудного горизонтов верхнебелозерской свиты. Основная форма структурного контроля лиственитов – разрывные нарушения и зоны расланцевания пород, а для богатых тальк-магнетитовых руд – это межбудинный пережим мощности железистых кварцитов на участке Переверзевской флексуры. Состав лиственитов и сопутствующих им изменений зависит от состава исходных пород. В пределах Западного участка лиственитизированные метабазиты представлены цоизит-кварц-карбонатными, хлорит-кварц-карбонатными образованиями с примесью амфибола, биотита (реликты), лейкоксена, сульфидов, ильменита (с оторочками лейкоксена). При этом породы, близкие к собственно лиственитам, имеют следующий состав, в %: кварц – 20–25, карбонат – 30–40, хлорит – 5–15, цоизит-клинцоизит – 5–10, роговая обманка – 5–10, биотит – 3–5, альбит – до 5, сульфиды – до 5, рутил – 2.

Лиственитизированные породы основного состава обнаруживают следующие минеральные ассоциации: роговая обманка двух генераций – 40–45%, хлорит – 10%, карбонат – 10–20%, кварц – 10–20%, цоизит – 5–10%, лейкоксен, ильменит, рутил, апатит (до 5%).

Лиственитизация ультраосновных пород, проявленная в серпентинитах Южно-Белозерского массива и на Западном участке Белозерской ЗКС, представлена интенсивно оталькованными и карбонатизированными серпентинитами с примесью хлорита и рудных минералов. Минеральный состав этих пород в % следующий: тальк – 15–35, карбонат – 20–40, тремолит-актинолит – 5–10, серпентин (антгорит, лизардит) – 30–40, хлорит – 10–15, магнетит, хромшпинелид – до 2.

К собственно лиственитам отнесены тальк-карбонатные породы с реликтами серпентинита. Основной карбонат – магнетит, в прожилках отмечается кальцит. Рудные минералы, в основном, унаследованы от исходных пород. При этом характерно почти полное замещение хромшпинелидов новообразованным магнетитом с образованием каемчатых, футляровидных, „остатков от замещения“ структур. Кварцевая зона лиственитов в ультраосновных породах обычно отсутствует,

но в единичных аномалиях она представлена в форме прожилков кварца в листвените. С серпентинитами пространственно сопряжены тремолитовые сланцы, в единичных случаях встречается турмалин.

Проявления лиственитизации в пределах железисто-го горизонта в виде тальк-магнетитовых и тальк-карбонат-магнетитовых богатых руд описаны ранее в керне скважин №№ 737, 746, 748, 757 [2]. Новообразованные карбонаты представлены анкеритом, пистомезит-брейнеритом и кальцитом. Весь тальк сформировался путем замещения хлоритовых, стилипноелановых, кварц-сидероплезитовых и силикатно-карбонат-магнетитовых с примесью кварца слоек. Количество талька достигает 40%. На основании близости этих проявлений с лиственитизированными серпентинитами сделан вывод о едином преобразовании пород и руд гидротермальными растворами.

Наряду с охарактеризованными метасоматитами часто встречаются образования совмещенного типа, которые по составу можно назвать лиственит-пропилитами. Например, карбонат-кварцевые породы с прожилками биотит-цоизитового состава. Текстура у них полосчатая, минеральный состав объединенный: кварц – 40–45%, карбонат – 20–25%, цоизит – 10–15%, ильменит, рутил, лейкоксен, пирит (3–5%). Изменения химического состава определены интенсивным привнесением магния и углекислоты, а в зоне окварцевания еще и кремнекислоты. Это обусловило близкую к нейтральной реакцию среды с $pH=6-8$ и температурой образования на уровне 200°C.

Березиты в пределах БЗКС являются относительно редко встречаемыми метасоматитами, которые сформировались в зонах дробления и расланцевания кислых метавулканитов, отчасти и метатерригенных пород. Они встречены среди метакератофиров верхней свиты конкской серии на Восточном участке (рис. 1), а также в метакератофирах (кварцевых порфириоидах) и терригенных породах нижней свиты белозерской серии.

В зонах березитизации массивные метавулканиты с порфировой структурой, сложенные таблитчатыми вкрапленниками альбит-олигоклаза и округлыми – кварца (10–30% объема пород), которые окружены микрозернистой массой кварц-альбит-хлорит-карбонатного состава с примесью рудных минералов, приобретают сланцеватую текстуру и преобразуются в мелкочешуйчатые кварц-серицитовые сланцы с реликтово-порфировой структурой.



Рис. 1. Березитизированный кварцевый кератофир. Восточный участок (БЗКС), скв. 13 с, николи +, ув. 200*

Нередко серицит в них собран в линзообразные агрегаты, субогласные со сланцеватостью. При сохранении массивной текстуры серицит развивается в виде мелкой сети прожилков, иногда формирующих сетчатый рисунок березитизации, обусловленный взаимно-ортогональным расположением агрегатов серицита.

Метасоматиты с сетчатым рисунком березитизации описаны также В.С. Монаховым в Сурской ЗКС и установлены в пределах Конкской ЗКС.

Практически повсеместно в березитах присутствует рассеянная вкрапленность зерен пирита (1–3%). С березитами часто пространственно совмещены лиственит-березиты, в которых кроме кварца, серицита и пирита в большом количестве появляется карбонат.

В терригенных породах, особенно в филлитовидных сланцах, березитизация слабо заметна из-за общности их минерального состава с березитами. Однако ее присутствие можно предполагать по осветлению серой окраски сланцев и появлению примеси тонкочешуйчатого талькоподобного минерала (предположительно, пиррофиллит).

Это явление наиболее выразительно представлено в зонах околорудного изменения черных сланцев, которые в зонах преобразований приобретают пепельно-серую, почти белую окраску вследствие полного окисления примеси органического вещества. По данным исследователей Каратаусской золоторудной зоны [2] это явление сопутствует золоторудной минерализации и относится к „перерожденным“ признакам околорудных изменений пород.

Кроме вышеописанных изменений, к березитизации в Белозерской ЗКС, возможно, следует отнести и серицитизацию цемента в сланцеватых кварцевых метапесчаниках Восточного участка. Обломочная часть в них составляет до 75 % объема породы и представлена полуокатанными и окатанными зернами кварца, размером 0,5–0,8 мм в поперечнике. Цемент поровый, занимает, соответственно, 25 % объема породы и состоит из серицита, кварца и хлорита с примесью рудных минералов и циркона. Характерно, что новообразованные минералы цемента имеют „ориентированный“ облик вследствие расположения серицитовых агрегатов согласно сланцеватости.

Главные изменения пород вызваны активным поведением, привнесением кремнекислоты и сероводорода при незначительном участии углекислоты, что определило близкую к нейтральной, но определенно кислую реакцию среды с $pH=6-7$, при незначительном снижении температуры по сравнению с лиственитизацией (около 200°C).

В пределах Верховцевской ЗКС, по данным В.А. Стульчикова и С.В. Иловойской, процесс лиственитизации проявлен, в основном, по ультрабазитам Варваровской залежи, реже по филлитам, перекрывающим ультрабазиты, и по породам основного состава. Проявления лиственитизации приурочены к верхним горизонтам ультраосновных толщ, где образуются собственно листвениты, состоящие из кварца, карбоната (брейнерита) и слюд (тальк, фуксит).

Минеральный состав лиственитов по ультрабази-там также представлен анкеритом, кварцем, тальком, хлоритом, биотитом, серицитом, альбитом, сульфидными минералами.

Наиболее типичные области проявления лиственизации в пределах Верховцевской ЗКС – складчатые участки верхних горизонтов ультраосновных толщ. При этом тела лиственитов приурочены к замковым частям складок второго порядка, к тектоническим нарушениям и имеют мощность 1–30 м при протяженности на 100–200 м. Наиболее богатые зоны сульфидной минерализации имеют мощность до 1 м при содержании в них никеля – 0,6–0,9%, кобальта – 0,1–0,2%, меди – 0,3%, цинка – 0,1%, золота – 0,3–1 г/т.

В результате лиственизации филлитов образуются альбит-кварц-фуксит-анкеритовые и хлорит-биотит-анкерит-альбит-кварцевые разновидности пород с пирротиновой и пирит-халькопиритовой минерализацией. Листвениты, образовавшиеся за счет замещения основных пород, состоят из кварца, доломита, хлорита, серицита и пирита.

Березиты в Верховцевской ЗКС развиты, в основном, по кварцевым кератофирам и реже – по гранитам. По минеральному составу это кварц-серицит-карбонатные породы с примесью пирита, альбита, хлорита, биотита. При замещении силикатов исходной породы произошло образование серицита.

Геохимическое отличие березитов Верховцевской структуры от лиственитов заключается в том, что листвениты, в отличие от березитов, содержат никель и кобальт, а в березитах подобная рудная минерализация не встречается. Кроме того, листвениты содержат тальк и фуксит, а в березитах отмечается серицит.

Березиты, заместившие кератофиры, приурочены, в основном, к зонам тектонических нарушений. Для процесса березитизации кератофиров Верховцевской ЗКС характерна высокая подвижность компонентов – вынос кремния, привнос железа и серы, слагающих сульфиды, привнос углерода, магния, кальция и диоксида углерода, а также повышение содержания калия, что фиксируется в сериците и калиевом полево шпате.

В Чертомлыкской ЗКС встречаются золотоносные березиты, сформировавшиеся в результате замещения гранитов в зонах катаклаза. Мощность зон проявлений данного типа метасоматитов – до 100 м. В березитах отмечаются прожилки карбонат-кварцевого, карбонатного и кварцевого состава мощностью до 2–3 м. Минеральный состав березитов в %: плагиоклаз – 40–45, кварц – 27–30, мусковит – 15, карбонат – 6–10, сульфиды – 3–4. Сульфиды, в основном, представлены пиритом, развитым в виде идиоморфных, реже ксеноморфных зерен, размером, в среднем, – 0,5x0,6 мм. В крупных кристаллах встречаются включения магнетита.

Золотоносные березиты представлены светло-серыми породами с вкрапленностью магнетита и пирита. Мощность – от нескольких сантиметров до 5–6 м. Исходные породы, подвергшиеся замещению, в основном, – кислого состава. В пределах всей толщи отмечается частое чередование метабазитовых слан-

цев и кислых пород, подвергшихся окварцеванию, карбонатизации и серицитизации. При этом кварц-альбит-хлоритовые сланцы преобразованы в альбит-серицит-хлорит-карбонат-кварцевые сланцы, а в результате замещения кислых пород сформировались березиты. Минеральный состав березитов в %: карбонат – 40–50, серицит – 10–30, кварц – 10–25, плагиоклаз – 10–40. В зоне контакта с альбит-серицит-хлорит-карбонат-кварцевыми сланцами отмечается присутствие хлорита (2–5 %).

Березиты содержат рудную минерализацию (до 10 %), представленную пиритом, халькопиритом, магнетитом, а также галенитом, встречаемым в составе полевошпат-карбонат-кварцевых прожилков, секущих березиты.

В структурном отношении проявления березитов приурочены к контактам литологических разновидностей пород, контактам осадочно-вулканогенных толщ с гранитоидами, а также к разломам, участкам катаклаза, зонам трещиноватости, смятия, расслоения.

В пределах Софиевской ЗКС, по результатам исследований, проведенных при участии одного из авторов, проявления березитизации развиты незначительно. В основном это продукты преобразования гранитов. Однако в керне скв. 837 встречаются метасоматиты, по составу более соответствующие лиственит-березитам и представленные золотоносными кварц-альбит-анкерит-серицитовыми метасоматитами, сформировавшимися за счет преобразования габбро-амфиболитов под воздействием эманаций кислых интрузий в зоне разлома.

В Сурской ЗКС установлены лиственит-березиты по породам основного, среднего и кислого состава, железистым кварцитам и парасланцам. Исходные породы основного и среднего состава относятся к спилит-кератофировой формации и представлены аподиабазами, апопиритами, их туфами, туфосланцами. С зонами лиственит-березитизации этих пород пространственно сопряжены проявления эпидотизации и пропилитизации. При этом В.С. Монаховым установлена четкая зональность по степени метасоматического преобразования исходных пород и составу минеральных новообразований процесса лиственит-березитизации:

1) внешняя зона метасоматоза – характеризуется сменой ассоциации реликтовый эпидот + хлорит (пеннин-клинохлор) + кальцит + магнетит + биотит на минеральный парагенезис – анкерит + железистый хлорит при сохранении магнетита и полном исчезновении биотита и эпидота. По мнению В.С. Монахова в данной зоне происходило развитие лиственит-березитов за счет преобразования минералов низкотемпературной зоны изменений пропилитового типа;

2) средняя зона – характеризуется развитием новообразованного минерального парагенезиса железистый хлорит + анкерит + пирит + серицит;

3) внутренняя зона – основные новообразованные минералы представлены парагенезисом анкерит + серицит + пирит + кварц. Следует отметить, что метакристаллы пирита, при общем развитии кубических

форм во внутренней зоне осложнены гранями октаэдра, ромбододекаэдра и пентагондододекаэдра.

Подобные изменения морфологии кристаллов пирита различных зон лиственит-березитизации описаны в ряде работ [2, 3 и др.]. При изучении типоморфных особенностей пиритов золоторудных месторождений установлено, что наиболее информативными признаками пиритов являются морфология кристаллов, химический состав и термоэлектрические свойства пиритов. При этом отмечается зональное размещение морфологических типов кристаллов пирита в пространстве эндогенных месторождений. По направлению к рудным телам в метасоматитах и рудных столбах разнообразие кристаллов увеличивается за счет появления на них слабо развитых граней (111), (210), (321), (211), т.е. кристалломорфология пирита в рудных телах резко усложняется.

Вокруг метакристаллов пирита наблюдаются „тени давления“, заполненные „стебельчатым“ кварцем и, реже, – карбонатом. Подобные преобразования отмечены в зонах развития лиственит-березитов Чертомлыкской, Сурской и Верховцевской ЗКС. И, наконец, в Сурской ЗКС, по данным В.С. Монахова, и в Белозерской (БЗКС) и Конкской (КЗКС) зеленокаменных структурах, по наблюдениям авторов статьи, установлены лиственит-березиты с сетчатым рисунком серицитизации, развитые по породам кислого состава. Исходные кислые вулканиты представлены кератофирами, полевошпатовыми геллефлинтами по кварцевым апопорфирам, фельзит-порфирам, аподацитам и их туфам.

Состав вкрапленников представлен полисинтетически сдвойникованными таблитчатыми зернами плагиоклаза (олигоклаз-альбит) и кварца (округлые и идиоморфные зерна, часто с оплавленными краями). Размер вкрапленников – от 0,3 до 1–2 мм. Основная ткань породы представлена роговиковоподобной основной массой кварц-альбитового состава. Размер зерен основной мелкозернистой массы – 0,01 мм и менее. В зонах метасоматических преобразований наблюдается раздавливание вкрапленников альбита с преобразованием их в тонкозернистый агрегат кварц-альбитового состава. Кварцевые вкрапленники более устойчивы к разрушению и сохраняются в реликтовых порфирированных выделениях. В массивных разновидностях лиственит-березитов серицит развивается во взаимно перпендикулярных направлениях в виде своеобразной сетки по основной породообразующей ткани кварц-альбитового состава (рис. 2).

Наряду с новообразованным серицитом отмечается наличие кальцита и пирита. Описанный тип изменений развит очень широко, часто захватывая весь объем замещаемых кислых пород, и относится к изменениям, характерным для внешних ореолов березитизации.

По мере приближения к рудоносным карбонат-кварцевым прожилкам происходит повышение содержания серицита, карбоната и пирита, наряду с кальцитом появляется паранкерит и анкерит (до 20%).

В переходной средней зоне, сохранены реликты альбита, а во внутренней зоне отмечается полное замещение альбита и хлорита серицитом, анкеритом и

пиритом. Наблюдается развитие кварца двух генераций: исходного, породообразующего и выщелоченного, переотложенного в тенях давления вокруг карбоната и пирита. Таким образом, парагенезис серицит + анкерит + пирит + кварц (двух генераций) можно считать типоморфным для внутренних зон лиственит-березитов по кислым породам в ряде ЗКС Среднеприднепровского мегаблока (Сурской, Конкской и Белозерской).



Рис. 2. Лиственит-березит по риолиту (КЗКС), николи +, ув. 200*

По данным В.Н. Сазонова метасоматиты формации лиственитов и березитов широко распространены на низкотемпературных месторождениях Au, Ag, As, Hg, Pb, Zn, сформировавшихся на заключительных стадиях образования складчатых поясов и (или) этапов тектономагматической активизации [2]. Этот тип изменений связан с тоналит-гранодиоритовой или габбро-гранитовой формациями, дайками гранит-порфиров и субвулканическими образованиями кислого состава. Температура гидротермальных растворов составляла в среднем 250–300°C, давление 0,6–1,8 кбар, растворы имели хлоридный состав и были обогащены CO₂, K, S. В целом процесс березитизации-лиственитизации характеризуется привнесением CO₂, K, S, выносом Na (для мусковитовой субформации), а иногда и кремния, общей дифференциацией Al, Ca, Mg, Sr и ряда других элементов в объеме рудно-метасоматической системы. Глубина образования рудных месторождений, связанных с зонами березитизации-лиственитизации, – 2,5–4 км. Образование метасоматических ореолов происходило в 2 стадии: 1) кислотного выщелачивания; 2) осаждения выщелоченных элементов в сульфидной форме.

Метасоматиты формации лиственитов, в основном, характеризуются золоторудной специализацией. В качестве сопутствующих рудных элементов присутствуют As, Co, Ni, Hg. По данным П. Пикота и Е. Маркуса на ряде месторождений Марокко, Саудовской Аравии, Франции содержания золота в зонах лиственитизации гипербазитов в 5–20 раз выше, чем в ассоциирующих ультраосновных породах. Промышленные содержания колеблются от 1 до 10 г/т. Наиболее высокие концентрации отмечаются в зонах пиритизации, с которыми пространственно связана Co-As минерализация. Зоны лиственитов приурочены

к крупным нарушениям, с которыми совмещены и кварцевые жилы. По мнению авторов, лиственитизация ультраосновных пород, как и серпентинизация, являлась результатом средне-низкотемпературных гидротермальных изменений росолами Na и Cl.

Золото выщелачивалось из аморфных минералов серпентинизированных ультраосновных пород. В процессе развития гидротермальной системы золото переносилось флюидами, обогащенными CO_2 -S-As-Cl-Na-K-B, вдоль контактов пород и осаждалось кварцем, сульфидами, арсенидами, когда флюиды восстанавливались в условиях щелочности карбонатизированных пород. Зоны лиственитизации в этих регионах рассматриваются как объекты поисков золотой минерализации.

Листвениты и березиты распространены, практически, во всех зеленокаменных структурах Среднеприднепровского мегаблока. При этом нередко наблюдается пространственное совмещение зон метасоматитов разных температурных групп.

Каждая метасоматическая формация характеризуется специфическим набором рудных элементов. Однако процессы метасоматических преобразований в породах редко протекают в одну стадию и, в основном, являются полистадийными. В одних случаях многократные проявления метасоматических процессов играют созидательную роль, обеспечивая формирование комплексной рудной минерализации, в других – разрушительную, приводящую к уничтожению предшествующих минеральных образований, в том числе и рудных.

Примером двойственной роли метасоматоза в рудообразовании может быть формирование залежей хризотил-асбеста в гипербазитовых массивах. Образование мономинеральных хризотилитовых пород в гипербазитах происходит после проявления региональной серпентинизации, но в наиболее проницаемых для рудоносных растворов зонах дробления, милонитизации гипербазитов. В процессе асбестообразования метасоматические процессы, приводящие к формированию хризотилитовых пород, оказывают разрушительное воздействие не только на основные породообразующие, но и на аксессуарные, в том числе и рудные, минералы. Метаморфизм хромшпинелидов в хромитовых рудах изохимичен и изофациален изменениям вмещающих их материнских пород. Вследствие этого при серпентинизации, приводящей к выносу FeO , MgO , Cr_2O_3 , и переходе Fe^{2+} и Fe^{3+} из хромшпинелида также выносятся FeO , MgO , Cr_2O_3 , что приводит к разрушению и исчезновению хромшпинелида. В результате серпентинизация, приводящая к возникновению асбеста, оказывает разрушительное воздействие на проявления хромита более ранних стадий образования. Именно поэтому в зонах интенсивного асбестообразования, как правило, не встречаются крупные залежи хромитовых руд.

В свою очередь интенсивное оталькование и карбонатизация в гипербазитовых массивах является отрицательным фактором при оценке асбестоносности данных комплексов пород. На рис. 3 приведена мик-

рофотография карбонатизированного хризотилового прожилка в хризотил-антигоритовом серпентините. Отмечается избирательное замещение карбонатом прожилков хризотила на фоне основной породообразующей массы существенно антигоритового состава.



Рис. 3. Карбонатизация хризотил-асбестового прожилка в хризотил-антигоритовом серпентините. Свет проходящий, николи +, ув. 135*

В Среднеприднепровском мегаблоке в пределах Западного участка Белозерской ЗКС и Южно-Белозерского массива гипербазитов обнаружены проявления хромита, комплексные аномалии золота, серебра и платины, проявления талька, магнезита и хризотил-асбеста, а также проявления кобальта, меди, никеля и даже киновари. Практически все проявления приурочены к зонам тектонических нарушений и участкам интенсивного проявления метасоматоза в виде лиственитизации и серпентинизации нескольких стадий (лизардитовой, антигоритовой, хризотиловой), оталькования, карбонатизации. Генезис подобных проявлений определен как дислокационно-метаморфический. В данном случае проявление нескольких стадий метасоматических процессов привело к созданию благоприятной среды для формирования комплексного оруденения, но при этом промышленное значение различных типов минерального сырья оказалось неравнозначным:

- рудопоявления хромита платиносодержащей хромитовой формации признаны бесперспективными из-за интенсивного замещения хромита серпентином и магнетитом, что приводит к разубоживанию и без того низкого качества руд и выносу платиноидов;

- рудопоявления поперечно-волокнистого хризотил-асбеста в общем оценены как положительные ввиду благоприятных структурных условий локализации (расположение БЗКС в узле пересечения четырех систем глубинных разломов), зеленосланцевой фации метаморфизма, дорудного характера сплошной антигоритизации. Однако при этом в пределах массива возможно обнаружение только мелких проявлений лабинского или брединского типов. Отрицательным фактором, снижающим предпосылки обнаружения проявлений наиболее крупномасштабного баженовского промышленного типа, является интенсивная многократная серпентинизация, в результате которой

полностью уничтожены реликтовые ядра исходных пород, характерные для баженковского типа;

– рудопроявления талько-магнезитов, связанных с наиболее поздними метасоматическими процессами (лиственнитизацией), признаны наиболее перспективными, обоснована возможность обнаружения средних по масштабам месторождений.

Таким образом, интенсивная серпентинизация нескольких этапов, снижающая перспективность платиносодержащих хромитовых руд, а также масштабы проявлений хризотил-асбестового сырья, одновременно расширяет перспективы талько-магнезитового сырья [2].

В юго-восточной части Правдинского ультраосновного массива Сурской ЗКС расположено Правдинское месторождение талько-магнезитов и карбонатизированных серпентинитов. Гипербазитовый массив, по данным В.А. Стульчикова, сложен хризотилowymi с реликтами оливина, хризотил-антигоритовыми, антигоритовыми оталькованными, карбонатизированными серпентинитами и тальк-магнезитовыми породами.

В отличие от Белозерской ЗКС, где проявления антигоритизации в серпентинитах имеют дорудный характер по отношению к проявлениям хризотил-асбеста, в пределах Правдинского месторождения антигоритизация проявлена в виде нескольких генераций: более ранней, предшествующей формированию волокон хризотила, и более поздней, развивающейся за счет замещения хризотилowych агрегатов, вплоть до полного исчезновения последних. Таким образом, поздняя антигоритизация в пределах Правдинского массива является отрицательным признаком для хризотил-асбестовых проявлений, вследствие уничтожения реликтовых ядер исходных перидотитовых пород и агрегатов более раннего хризотила.

Тальк и магнезит являются наиболее поздними по времени формирования и замещают как хризотил-овые жилки, так и агрегаты антигорита. Тальк-магнезитовые залежи приурочены к тектонически нарушенным зонам или к периферийным участкам серпентинитовых тел.

По мнению большинства исследователей, месторождения талько-магнезитовых пород в гипербазитах относятся к гидротермально-метасоматическим образованиям. В пределах гипербазитовых массивов Сурской и Белозерской ЗКС выделяются следующие стадии формирования и преобразований пород:

- 1) магматическая (дуниты, перидотиты);
- 2) автометаморфическая (хризотил-овые и антигорит-хризотил-овые серпентиниты с реликтами оливина и реликтово-псевдоморфными структурами);
- 3) аллометаморфическая – перекристаллизованные и карбонатизированные антигоритовые серпентиниты;
- 4) гидротермально-метасоматическая – карбонатизация, оталькование, хлоритизация с формированием тальк-магнезитовых, хлорит-карбонат-тальковых, тальк-хлоритовых пород. При этом тальк-магнезитовые тела приурочены к зонам наиболее ин-

тенсивных проявлений метасоматических процессов, т.е. к зонам повышенной проницаемости.

При сопоставлении ЗКС Среднего Приднестровья с зонами систем глубинных разломов, выполненном при участии авторов статьи, установлено расположение Белозерской ЗКС в узле пересечения четырех систем глубинных разломов, а Сурской ЗКС – в узле пересечения шести систем глубинных разломов, что свидетельствует о более высокой степени проницаемости тектонических зон Сурской ЗКС и, как следствие, более интенсивном проявлении гидротермально-метасоматических преобразований, обусловивших формирование залежей тальк-магнезитового состава [2]. Таким образом, вероятность появления месторождений тальк-магнезитового сырья, связанного с гипербазитами СПМБ, вероятно, повышается с ростом числа пересекающихся глубинных разломов, в пределах которых локализованы массивы ультраосновных пород.

В пределах Верховцевской ЗКС, по данным В.А. Стульчикова, Н.П. Семененко, С.М. Рябоконе, С.В. Иловайской и других авторов, обнаружен ряд проявлений минерализации комплексного состава, формирование которых пространственно и генетически связано с приуроченностью зон метасоматитов и вмещающей ими минерализации к зоне глубинного разлома:

1) медно-кобальтовая с золотом минерализация, приуроченная к зоне восточного контакта Варваровской залежи ультрабазитов. Минерализация связана со сложным комплексом изменений основных пород (пропилитизация, карбонатизация, окварцевание, турмалинизация), с преобразованиями ультраосновных пород (лиственнитизация, карбонатизация, оталькование) и с березитизацией кислых пород. Сульфидная минерализация представлена разновременными ассоциациями. Главные минералы – халькопирит, кобальтпирит, пирротин, сфалерит, кобальтин, пентландит, золота, арсенопирит;

2) минерализация с золотом в лиственитизированных ультрабазитах. Рудные минералы представлены сфалеритом, арсенопиритом, бертьеритом. Данный тип минерализации пространственно связан с зоной Центрально-Верховцевского разлома.

3) золото-мышьяковая (пирит, арсенопирит, золото), установленная в березитах по кератофирам, приуроченная к зоне тектонического нарушения, мощностью до 16 м.

Выводы. В результате исследований взаимосвязи систем глубинных разломов с проявлениями редких и благородных металлов, выполненных при участии авторов статьи, установлено, что высокая рудоносность ЗКС Среднего Приднестровья объясняется их совмещением с узлами пересечения разломов (Сурская, Чертомлыкская, Белозерская, Конкская ЗКС) либо перекрытием площади зеленокаменных структур наиболее продуктивными подсистемами разломов (Верховцевская ЗКС) [4, 5, 6]. Такие закономерности объясняются пространственным совмещением и неоднократной активизацией разломов разных систем, сопровождаемой возобновлением магматогенной и метаморфо-

генной гидротермальной деятельности, в результате которой и формируются полихронные и комплексные по составу проявления редких и благородных металлов, пространственно связанные с зонами телескопированных метасоматических формаций.

По данным М.А. Фаворской и других авторов, рудоконтролирующая роль глубинных разломов особенно усиливается в узлах их пересечения, где формируются так называемые кластеры – “...площади (блоки) интенсивной тектонической переработки, которые как бы выколоты крупными региональными системами нарушений и представляют собой специфические блоки с особым режимом неотектонических движений”.

Вероятность появления месторождений повышается с ростом числа глубинных разломов, пересекающихся в узле, который может приобрести роль рудного кластера, концентрирующего разные по возрасту и составу месторождения благородных металлов и других полезных ископаемых, в т.ч. неметаллического минерального сырья. По результатам исследований, проведенных при участии авторов статьи, установлено, что Белозерская, Верховцевская, Чертомлыкская и Сурская ЗКС могут быть отнесены к разряду кластеров вследствие их расположения в узлах пересечения четырех – шести систем глубинных разломов, выделяемых в Среднеприднепровском мегаблоке.

Дерезоватская, Софиевская и Широковская ЗКС пересекаются разломами лишь одного направления. Возможно, с этим связана локализация наиболее перспективных золоторудных проявлений и месторождений в пределах первых четырех ЗКС при отсутствии перспективных проявлений в остальных. Данная зависимость может быть использована не только в качестве рудоконтролирующего фактора, но и поискового критерия для ряда полезных ископаемых СПМБ, в т.ч. неметаллического минерального сырья. Так, в пределах Сурской ЗКС, находящейся в узле пересечения шести систем глубинных разломов, кроме золоторудных месторождений, расположено и крупное Правдинское месторождение серпентинитов и талько-магнезитов.

Список литературы / References

1. Петрографічний кодекс України / Відп. ред. І.Б.Щербаков – К: ІГМР НАН України, 1999. – 80 с.
Petrografichnyi codeks Ukrayiny (1999), [Petrographical Code of Ukraine], IGMO NAS, Ukraine.
2. Рузина М.В. Закономерности распространения и рудоносность метасоматитов Среднеприднепровского мегаблока Украинского щита / М. В. Рузина – Днепропетровск: РВК НГУ, 2010. – 158 с.
Ruzina, M.V. (2010), *Zakonomernosti rasprostraneniya i rudonosnosti metasomatitov Srednepridneprovskogo megabloka Ukrainetskogo Shchita* [Regularities of Distribution and Ore Content of Metasomatites from the Middle Pridneprovie of Ukrainian Shield], RVK NGY, Dnepropetrovsk, Ukraine.
3. Коробейников А.Ф. Закономерности образования, размещения и прогнозная оценка нетрадиционных комплексных золото-платиноидных месторождений / А.Ф. Коробейников – Томск: изд-во ТПУ, 1995. – 88 с.

Korobeynikov, A.F. (1995), *Zakonomernosti obrazovaniya, razmeshcheniya i prognoznaya otsenka netraditsionnykh kompleksnykh zoloto-platinoidnykh mestorozhdeniy*, [Formation and Distribution Regularities and Forecast of Non-Traditional Complex Gold-Platinum Deposits], TPU, Tomsk, Russia.

4. Исходный минеральный состав ультрамафитов Южно-Белозерского массива и распределение благородных металлов / [М.М. Ильвицкий, Н.Ф. Дудник, С.С. Поповченко и др.] // Науковий вісник НГА України. – Днепропетровск: 2000. – №4. – С. 19–20.

Ilvitsky, M.M., Dudnik, N.F. and Popovchenko, S.Ye. (2000), “The initial mineral composition of ultramafic rocks from South-Belosersky massif and distribution of noble metals”, *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no. 4, pp. 19–20.

5. Рудоконтролирующая и рудогенерирующая роль систем разломов Приднепровского гранит-зеленокаменного блока Украинского щита / [В.М. Кравченко, М.Ю. Дышук, М.В. Рузина и др.] // Сборник научных трудов НГА Украины. – Днепропетровск: 2002. – Т. 4 – №3. – С. 28–31.

Kravchenko, V.M., Dyshchuk, M.Yu. and Ruzina, M.V. (2002), “Ore-control and ore-producing role of deep faults systems of Pridneprovsky granite-green-stone block of the Ukrainian shield”, *Sbornik nauchnykh trudov NGA Ukrainy*, Vol. 4, no.3, pp. 28–31.

6. Вещественный состав и перспективы обогатимости золотосодержащих железистых кварцитов Северобелозерского месторождения / Рузина М.В., Терешкова О.А., Яцына Д.В., Жильцов С.Ю. // Науковий вісник НГУ. – Днепропетровск: 2012. – №4. – С. 16–21.

Ruzina, M.V., Tereshkova, O.A., Yatsyna, D.V. and Zhylytsov, S.Yu. (2012), “Matter composition and prospects of enrichment of gold-bearing ferruginous quartzite from Severo-Belozersky deposit”, *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no.4, pp. 16–21.

Мета. Дослідження петрології та рудоносності лиственіт-березитів зеленокам'яних структур (ЗКС) Середнього Придніпров'я та встановлення закономірностей формування поліхронних і комплексних за складом проявів рідкісних і благородних металів, просторово пов'язаних із зонами телескопированих метасоматичних формаций.

Методи. Для вирішення головних завдань досліджень, щодо вивчення петрології та рудоносності лиственіт-березитів, були використані петрографічні, мінераграфічні й геохімічні методи досліджень. Для визначення ролі тектонічних чинників у процесі рудоутворення проведено зіставлення метасоматичних зон ЗКС Середнього Придніпров'я із системами глибинних розломів на підставі геолого-геофізичних даних по картах різного масштабу.

Результати. Лиственіти та березити поширені практично в усіх зеленокам'яних структурах Середньопридніпровського мегаблоку. У межах Західної ділянки Білозерської ЗКС і Південно-Білозерського масиву гіпербазитів виявлені прояви хроміту, ком-

плексні аномалії золота, срібла й платини, прояви тальку, магнезиту та азбесту, а також прояви Co, Cu, Ni, Hg. Практично всі прояви приурочені до зон тектонічних порушень і ділянок інтенсивного прояву метасоматозу у вигляді лиственітизації та серпентинізації декількох стадій (лізардітової, антигоритової, хризотилової), оталькування, карбонатизації. Генезис подібних проявів визначений як дислокаційно-метаморфічний.

Закономірності високої рудоносності ЗКС Середнього Придніпров'я пояснюються просторовим їх суміщенням з вузлами перетину розломів і неодноразовою активізацією розломів різних систем, що супроводжується поновленням магматогенної й метаморфогенної гідротермальної діяльності, у результаті якої і формуються поліхронні та комплексні за складом прояви рідкісних і благородних металів, що просторово пов'язані із зонами телескопированих метасоматичних формацій. За результатами досліджень встановлено, що Білозерська, Верховцевська, Чортотлицька і Сурська ЗКС можуть бути віднесені до розряду кластерів внаслідок їх розташування у вузлах перетину чотирьох – шести систем глибинних розломів, що виділяються в Середньопридніпровському мегаблоці.

Наукова новизна. Встановлена металогенічна спеціалізація серицит-карбонатних метасоматичних формацій у межах Середньопридніпровського мегаблоку. Виявлено закономірності просторової приуроченості телескопированих рудоносних метасоматитів до зон глибинних розломів, котрі визначаються подвійною роллю метасоматозу в залежності від активізації системи глибинних розломів (позитивної для складної благородної мінералізації та негативної для платиноносної хромітової формації й хризотил-азбестової мінералізації).

Практична значимість. Встановлено, що ймовірність утворення родовищ підвищується із зростанням числа глибинних розломів, що перетинаються у вузлі, який може набути роль рудного кластера, котрий концентрує різні за віком та складом родовища благородних металів та інших корисних копалин, у т.ч. неметалічної мінеральної сировини.

Ключові слова: *карбонатний метасоматоз, рудоносність, лиственіт-березіти, зеленокам'яні структури*

Purpose. To study petrology and ore content peculiarities of metasomatic listvenite-berezites formation within greenstone structures (GSS) of the Middle Pridneprovie and define the complex ore formation regularities, which are spatially and genetically related to zones of telescopic metasomatic deposits.

Methodology. To study the listvenite-berezite petrology and ore content, we have used petrographical, mineralogical and geochemical methods. To define the role of the tectonic factor in the ore formation process we have studied the juxtaposition of metasomatic zones in Middle Pridneprovie with zones of deep faults by means of the analysis of geology-geophysical data on maps of different scale.

Findings. Listvenites and berezites are widespread in all green-stone structures of the Middle Pridneprovie. In western area of the Belozersky GSS and within the Yuzhno-Belozersky massif of ultramafites we have found chromite, complex noble metals ores, talk, magnesite, asbestos, mineralization of Co, Cu, Ni, Hg. All ore deposits are related to zones of tectogenesis and intensive metasomatic processes such as listvenitization, serpentinization of several stages (lizardite, antigorite, chrysotil), carbonization. Genesis of ore mineralization has been determined as dislocation-metamorphic.

High ore content in metasomatic deposits of GSS in Middle Pridneprovie is caused by their spatial coincidence with deep faults intersections and repeated activation of different system faults accompanied by magmatic and metamorphic hydrothermal activity, which leads to formation of polychronous and complex ores of noble and rare metals, which spatially are related to telescopic metasomatic formation zones. By results of researches we should determine the Belozersky, Verkhovtsevsky, Chertomlytsky and Sursky GSS as ore clusters, because of their location in the intersection of four-six deep fault systems in the Middle Pridneprovie megablock.

Originality. The metallogeny specialization of sericite-carbonate metasomatic formations within Middle Pridneprovie megablock has been established. Spatial relation of the telescopic ore-bearing metasomatic deposits to deep faults intersections has been shown. We have determined the dual role of the metasomatic processes on deep fault system activation (positive for complex noble metal mineralization and negative for platinum-bearing chromatic formation and chrysotile-asbestos mineralization).

Practical value. We have established, that probability of deposit formation and complex composition of ores rise with growth of the number of deep faults, which intersect in a junction, which may be determined as 'ore cluster', which concentrate deposits of noble metals and another raw materials of different age and composition, such as non-metal deposits.

Keywords: *carbonate metasomatic process, ore content, listvenite-berezite, greenstone structure*

Рекомендовано до публікації докт. геол. наук П.М. Барановим. Дата надходження рукопису 22.10.12.