

УДК 550.8 : 553.41 : 553.24 (477.63)

Монахов В.С., Дыщук М.Ю., Сукач В.В., Великанов Ю.Ф.

Околорудные метасоматиты как критерий прогноза и поисковый признак золотого оруденения в докембрийских образованиях Среднего Приднепровья

Рассмотрены закономерности локализации и минералогической зональности тел основных типов метасоматитов, сопровождающих золотую минерализацию в породах зеленокаменных поясов Среднего Приднепровья. Охарактеризованы петрохимическая и минералогическая направленность околорудных изменений пород различного исходного состава. Дана оценка особенностей околорудных метасоматитов и слагающих их минералов как поисковых признаков золоторудной минерализации в докембрийских образованиях Среднего Приднепровья.

В последние десятилетия на территории Украинского щита (УЩ) и, в частности, Среднего Приднепровья выявлено значительное количество месторождений, рудопроявлений и точек золоторудной минерализации. Однако увязка отдельных рудных пересечений, прослеживание рудных тел и рудоносных зон, а также обоснованная оценка перспективы выявления новых тел вследствие значительной закрытости докембрийских образований существенно затруднены. Вместе с тем общеизвестный факт тесной взаимосвязи процессов рудообразования и гидротермально-метасоматического преобразования вмещающих пород может в значительной мере снять большую часть подобных затруднений.

Как установлено по результатам работ, проведенных на отдельных месторождениях и проявлениях, золоторудная минерализация контролируется ореолами метасоматических пород и в большинстве случаев не выходит за их пределы. Метасоматически измененные породы, включающие рудную минерализацию, в отличие от последней, захватывают значительные большие объемы геологического пространства и, сравнительно легко диагностируясь, могут служить важнейшим поисковым признаком руд. Кроме того, сами метасоматиты, являясь нередко составной частью руд, в значительной степени определяют многие их качественные и технологические параметры. Этим определяется актуальность изучения метасоматитов и практическая значимость использования полученных результатов в геологической практике.

Как показал опыт работы на золоторудных проявлениях Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области, основными формационными типами метасоматитов, сопровождающими руды золота, являются амфиболовые и щелочно-полевошпатовые метасоматиты, пропилиты и листвениито-березиты. Менее распространенными являются кварцсерицитовые и другие минеральные разновидности метасоматитов.

Амфиболовые метасоматиты

Золотоносные кварц-амфибол (тремолит-актинолит)-карбонатные метасоматиты, являющиеся продуктами, преимущественно, основного железо-магнезиально-кальциевого метасоматоза, впервые выявлены и описаны для Сергеевского месторождения [1, 6]. В дальнейшем они были установлены на месторождениях Балка Золотая, Правдинское, Аполлоновское, а также на месторождении шахты им. В.И.Ленина (Криворожский бассейн) в metabazитах новокриворожской свиты Криворожской структуры. Метасоматиты данного типа развиты на месторождениях золота в зеленокаменных структурах докембрия Финляндии, Западной Австралии и Канады [8-10]. В то же время в практике поисково-съёмочных и оценочных работ, проводимых в пределах УЩ (за исключением Сурской структуры), метасоматитам данного типа не уделялось должного внимания, что и побудило авторов привести их краткую характеристику.

Кварц-амфибол-карбонатные метасоматиты представлены обычно согласными и секущими жилоподобными зонально построенными телами мощностью от первых сантиметров до первых метров. Они развивались по породам основного и ультраосновного состава, в отдельных случаях по железистым кварцитам, содержащим обычно карбонат-кварцевые, а иногда ритмически полосчатые доломитовые жилы. При развитии их по породам основного состава, в метасоматитах центральных и внутренних зон часто значительную роль играет кварц. В случае замещения ими ультраосновных пород или ритмически полосчатых доломитовых жил (фиксирующихся на Сергеевском месторождении) основной объём метасоматитов сложен либо карбонатом (представлен исключительно кальцитом), либо амфиболом тремолит-актинолитового ряда.

На фоне темно-зеленых основных и ультраосновных пород описываемые метасоматиты выделяются относительно светлой окраской мелкозернистой основной массы кварц-кальцитового или тальк-карбонатного состава с тем или иным количеством хлорита. По основной массе неравномерно распределены крупные (до 1 см в длину) беспорядочно ориентированные длиннопризматические метакристаллы светло-зеленого амфибола актинолит-тремолитового ряда.

Кварц-амфибол-карбонатные метасоматиты обычно слагают внутренние зоны метасоматических ореолов, нередко обрамляющие центральные жильные карбонатно-кварцевые (с амфиболом, биотитом, хлоритом, тальком, иногда полевым шпатом, сульфидами) или карбонатные жильные тела. Достаточно часто они обрамляются или содержат пятнистые участки сланцев, как правило, имеющих тальк-биотит-хлоритовый, биотит-хлоритовый или кварц-карбонат-хлоритовый состав. В этих сланцах иногда также фиксируются порфиробластические разноориентированные кристаллы амфибола, но представленные уже актинолитом и магнезиальной роговой обманкой. Значительному заме-

щению хлоритом и биотитом подвергаются и вмещающие эти сланцы metabазиты.

Обобщенный разрез метасоматического ореола околорудных образований данного типа приведен в табл. 1.

Таблица 1.

Обобщенное строение разреза амфиболовых метасоматитов

Зона		Порода	Парагенезис		Мощность
вмещающие породы		метагаббро-долериты, метадо-лериты, metabазаль-ты	эпидот, плагиоклаз, актинолит или рого-вая обманка	магнетит, титаномаг-нетит, пирит, пирротин	площадное рас-пространение
внешняя	верхняя	метасоматические сланцы	хлорит, альбит, эпи-дот, кварц, биотит	магнетит, ильменит	см – 10-20 м
	средняя	метасоматические сланцы	хлорит, альбит, кварц, биотит, каль-цит, анкерит	магнетит, сульфиды, ильменит	см – 10-20 м
	нижняя	метасоматические сланцы	хлорит, кальцит, био-тит ± альбит	магнетит, сульфиды, ильменит	см – 10-20 м
средняя		метасоматические сланцы, хлоритолиты	хлорит, биотит, каль-цит, кварц, амфибол, сфен	магнетит, сульфиды, ильменит	см – первые метры
внутренняя		метасоматиты, сланцы	кальцит, актинолит ± кварц, хлорит, био-тит, тальк, магнетит, карбонат, тальк (верхняя)	пирит, пирротин, халь-копирит, галенит, тел-луриды свинца, висму-та, серебра, козалин, арсенопирит, само-родное золото, магне-тит	см – первые метры
центральная		жилы, прожилки, прожилковидные гнезда и скопления	кварц, кальцит, акти-нолит ± хлорит, био-тит, тальк	сульфиды, сульфосо-ли, теллуриды, гален-ит, сфалерит, само-родное золото	до первых мет-ров

Таблица 2.

Химический состав (мас.%) пород из зональных тел амфиболовых мета-соматитов

Компоненты	1	2	3	4	5
SiO ₂	45,75	41,30	38,74	21,42	40,67
TiO ₂	3,50	1,71	0,70	0,25	0,50
Al ₂ O ₃	12,75	13,40	14,61	4,86	2,42
Fe ₂ O ₃	3,70	1,09	0,0	0,0	2,80
FeO	11,40	10,38	14,99	5,31	5,39
MnO	0,34	0,15	0,10	0,17	0,0
MgO	5,60	7,22	11,61	12,48	8,98
CaO	10,30	9,50	5,05	30,58	21,97
Na ₂ O	2,30	2,73	0,75	0,20	0,20
K ₂ O	0,40	1,04	1,88	0,40	0,23
P ₂ O ₅	0,24	0,21	0,05	0,05	0,20
CO ₂	–	7,50	5,70	24,20	15,15
S	0,48	0,25	5,56	0,51	–
H ₂ O ⁺	3,10	3,50	2,93	0,61	2,58
H ₂ O ⁻	0,06	–	0,16	0,14	0,0
Сумма	99,68	99,98	101,79	100,86	101,09

Породы: 1 – массивные эпидот-плагиоклаз-роговообманковые metabазиты, иногда с биоти-том, кварцем, карбонатом; 2 – рассланцованные биотит-карбонат-альбит-хлоритовые, иногда с кварцем metabазиты; 3 – рассланцованные сульфид-биотит-карбонат-хлоритовые метасоматиты, иногда с альбитом или тальком; 4 – массивные или рассланцованные актинолит-карбонатные ме-

тасоматиты с кварцем, биотитом, хлоритом, сульфидами; 5 – массивные амфибол-карбонат-кварцевые метасоматические породы.

Изменения химического состава пород при образовании этих метасоматитов заключаются (табл. 2) в привносе в зоны околорудного метасоматоза магния и кальция, а также углекислоты, серы, иногда мышьяка и сурьмы и выносе за пределы отдельных метасоматических зон кремнезема.

Как следует из анализа минеральных парагенезисов метасоматитов, условия их образования характеризуются интервалом температур 380-450⁰С и давлением около 2 кбар, что позволяет относить их к среднетемпературным метасоматитам.

Щелочно-полевошпатовые метасоматиты

Щелочно-полевошпатовые метасоматиты установлены в полях развития субвулканических и дайковых тел метадацит-порфиоров и плагиогранитов в породах практически всех зеленокаменных структур Среднего Приднепровья. Метасоматиты развивались по породам кислого, среднего, основного и отчасти ультраосновного состава. Нередко тяготеют к зонам контактов основных вулканитов с дайковыми или субсогласными телами кислых пород.

В участках интенсивного проявления метасоматоза отмечается смена окраски исходных пород на розовато-серую, а их состав становится практически мономинеральным альбитовым. Иногда альбитизированные породы содержат редкие неправильной формы порфиробласты карбонатов (до 3 мм в поперечнике) и метакристаллы кубического пирита. В центральных частях зон альбитизации располагаются обычно кварц-карбонатные с пиритом, иногда с альбитом, а также кварц-альбитовые с пиритом прожилки и гнезда. Кристаллы альбита в прожилках в 3-10 раз крупнее чем во вмещающих породах, форма их широкотаблитчатая или неправильная.

На золотоносных площадях карбонат-альбитовые породы обычно катаклазированы, будинированы; петлевидные трещины между карбонат-альбитовыми будинами залечены пирит-биотит-хлоритовым материалом.

Изменение химического состава исходных пород при образовании метасоматитов заключается в обогащении их натрием и глиноземом (табл. 3). РТ-параметры образования щелочно-полевошпатовых метасоматитов близки к таковым у амфиболовых метасоматитов и составляют 390-490⁰С и 2-3 кбар.

Собственно карбонат-альбитовым метасоматитам обычно не свойственно повышенное содержание рудообразующих элементов за исключением свинца. Содержание его в альбитизированных разновидностях пород может возрастать в 2-5 раз по сравнению с исходными породами. В участках же наложения на карбонат-альбитовые метасоматиты пирит-хлорит-биотитовых новообразований довольно часто фиксируется увеличение концентраций золота в

десятки-тысячи и более раз, в 5-100 раз увеличивается содержание меди, свинца, серебра, иногда цинка. В повышенном количестве присутствуют мышьяк, висмут, теллур, часто вольфрам и практически постоянно молибден (до 0,1 %).

Таблица 3.

Химический состав (мас.%) пород из щелочно-полевошпатовых метасоматитов

Компоненты	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	47,59	42,00	41,10	37,27	49,09	54,83
TiO ₂	2,10	1,90	2,70	2,69	2,54	1,53
Al ₂ O ₃	14,79	13,76	12,50	14,40	16,95	7,52
Fe ₂ O ₃	5,42	2,40	3,79	0,11	0,00	0,25
FeO	8,81	10,90	12,75	20,53	13,04	14,43
MnO	0,20	0,13	0,17	0,15	0,09	0,09
MgO	5,74	5,40	5,13	5,90	3,57	2,54
CaO	9,66	10,50	9,60	3,77	1,40	1,44
Na ₂ O	3,30	2,50	1,80	2,87	4,50	1,64
K ₂ O	0,17	0,65	0,32	0,26	0,20	0,05
P ₂ O ₅	0,26	0,16	0,34	0,35	0,36	0,12
S	0,42	0,16	0,25	10,68	8,12	13,80
H ₂ O ⁺	1,57	10,30	9,90	3,05	2,06	1,28
H ₂ O ⁻	0,03	0,02	0,07	0,11	0,02	0,18
Сумма	100,30	100,45	100,4	98,14	98,88	99,87

Породы: 1 – массивный эпидот-плагиоклаз роговообманковый метабазит; 2 – рассланцованный карбонат-кварц-альбит-хлоритовый метабазит; 3 – рассланцованная карбонат-альбит-кварц-хлоритовая метасоматическая порода с биотитом; 4 – рассланцованная кварц-альбит-хлоритовая порода с обильными включениями пирита; 5 – брекчированная и сцементированная хлорит-пиритовым агрегатом кварц-альбитовая метасоматическая порода; 6 – кварцевое жильное тело с реликтами кварц-альбитовых метасоматических пород.

Метасоматиты этого типа являются основными околорудными образованиями в зеленокаменных породах золоторудного месторождения Фазенда Бразильеро в Бразилии [11].

Метасоматиты лиственито-березитового типа

Под метасоматитами лиственито-березитового типа мы вслед за С.Д.Шером [7] понимаем продукты средне-низкотемпературного водородно-щелочного метасоматоза. Под березитами обычно понимаются околотрещинные существенно кварц-серицитовые метасоматиты, образованные по породам кислого состава, а под лиственитами, – преимущественно, кварц-карбонатные, возникшие за счет пород среднего, основного, но главным образом ультраосновного состава. Однако, как показали выполненные нами исследования, околорудные метасоматиты по породам основного и среднего состава достаточно отчетливо отличаются от лиственитов и березитов как по содержанию глинозема, железа, магния и кальция, так и по количественным соотношениям новообразованных минералов. Аналогичные отличия были также достаточно четко зафиксированы В.Н.Сазоновым и Н.И.Бородаевским [4, 5] в подвергшихся метасоматозу средних породах Урала, что побудило их предложить для таких метасоматитов термин “лиственито-березит”. Изучение подвергшихся околорудному метасоматозу пород Среднего Приднепро-

вья дало основание распространить термин “лиственито-березит” и на околорудно измененные породы основного состава, а также на железистые кварциты, оставив термин “лиственит” за измененными ультраосновными, а “березит” – за кислыми породами.

Изучение околорудных преобразований лиственито-березитового типа показало следующее.

1. Преобладающими минералами внутренних зон метасоматитов лиственито-березитового типа в случае их развития по породам кислого состава являются пирит и серицит; по породам основного состава – пирит, карбонат (анкерит), серицит; по ультраосновным – карбонат (брейнерит, железистый доломит), тальк, фуксит и кварц. В случае же их развития по железистым кварцитам основной минеральный парагенезис внутренних зон представлен пирит-сидерит-хлоритовой ассоциацией.

2. Минеральные новообразования имеют отчетливо зональное расположение относительно золотоносных кварцевых жил и прожилков (табл. 4). Во внешних зонах околорудно измененных пород основного состава практически полностью отсутствует актинолитовая роговая обманка, а полевошпат в значительной мере запылен чешуйками хлорита. Эпидот сохранился лишь в метасоматитах верхней подзоны, иногда здесь фиксируется биотит. Титаномагнетит частично, а иногда и целиком лейкоксенизирован с обособлением при его разложении игольчатых и пластинчатых кристаллов рутила и ильменита. Набор породообразующих минералов показывает, что эта зона, скорее всего, является низкотемпературной зоной пропилитовых изменений, по которой на большинстве рудопроявлений развивались минералы лиственито-березитов. В нижней подзоне кальцит сменяется анкеритом, пеннин и клинохлор – железистыми хлоритами типа брунсвигита-диабантита; исчезают биотит и эпидот. Мощность метасоматитов внешних зон ореолов непостоянна, изменяется в пределах 10-100 м.

В лиственито-березитах средних зон колонок наряду с хлоритом, порфиروبластами анкерита и их гломеробластовыми скоплениями отмечаются пирит и мелкочешуйчатый серицит. Количество каждого из них не превышает 10-15%. Измененные породы средней зоны обычно слабо осветлены, имеют темно-серую до серой окраску и иногда рассланцованы. Мощность метасоматитов средних зон изменяется от первых миллиметров до первых метров.

Во внутренних зонах ореолов основными минералами метасоматитов, как уже отмечалось, являются анкерит, серицит, пирит и кварц. Локально в этой зоне сохраняется иногда подвергшийся рекристаллизации альбит (вероятно, такие места представляют собой участки совмещения щелочно-полевошпатовых и лиственито-березитовых преобразований). Альбит обычно очищен от включений, но не сдвойникован. Метабластовые зерна пирита при общем развитии кубических форм часто осложнены гранями октаэдра, ромбододекаэдра и пентагон-додокаэдра, а вблизи карбонат-кварцевых жил и прожилков их пентагондодокаэдри-

ческая форма становится преобладающей. Вокруг метакристаллов пирита и их скоплений нередко можно наблюдать так называемые “тени давления”, выполненные “стебельчатым” кварцем, карбонатом, относительно крупночешуйчатыми серицитом, изредка хлоритом. Мощность метасоматитов внутренних зон изменяется от долей миллиметра до первых дециметров.

В осевых частях ореолов развиты анкерит-кварцевые жилы и прожилки с тем или иным количеством сульфидов, реже альбита, хлорита, серицита и турмалина

Иногда золотоносные кварцевые жильные тела и вмещающие их пирит-кварц-серицит-анкеритовые метасоматиты пересекаются кальцит-биотитовыми с пиритом прожилками. Это позволяет предположить, что на низко-среднетемпературные минеральные парагенезисы лиственито-березитов накладывались несколько более высокотемпературные биотит-содержащие.

Особенностью метасоматитов рассмотренных ореолов является постепенное снижение железистости анкерита и повышение железистости, отчасти и глиноземистости хлорита по направлению от внешних метасоматических зон к внутренним.

Отличием лиственито-березитов зеленокаменных структур Среднего Приднепровья от большинства лиственито-березитов фанерозоя является практически полное отсутствие метасоматического кварца в породах внутренних зон колонок.

Изучение минеральных парагенезисов различных зон метасоматических колонок (табл. 4), химического состава слагающих их пород (табл. 5), а также расчет баланса вещества при метасоматозе позволили следующим образом представить поведение главных пороодо- и рудообразующих компонентов при образовании лиственито-березитов.

Таблица 4.

Обобщенное строение разреза лиственито-березитов, образовавшихся за счет основных пород

Зона		Порода	Парагенезис	Мощность
вмещающие породы		пропилитизированные метадиабазы, спилиты метапорфириты и их туфы	актинолит, эпидот, цоизит, полевошпат	площадное распространение
внешняя	верхняя	метасоматиты	хлорит (пеннин, клинохлор), альбит, эпидот, кальцит, магнетит, биотит	десятки-сотни м
	нижняя	метасоматиты	хлорит (брунсвигит-диабантит), альбит, анкерит	десятки-сотни м
средняя		лиственито-березиты	хлорит (брунсвигит-диабантит), альбит, анкерит, серицит, пирит	первые м – десятки м
внутренняя		лиственито-березиты	анкерит, серицит, пирит ± альбит	дм – первые м
центральная		жилы, прожилки, прожилковидные гнезда и скопления	кварц, анкерит ± альбит, сульфиды	до первых метров

1. Породы основного и близкого к нему состава в процессе лиственито-березитовых изменений в значительной мере обогащались угле-

кислотой, серой и калием. Увеличение их концентрации в метасоматитах средних и особенно внутренних зон характеризует гидротермальные растворы как существенно калиевые серно-углекислотные.

Таблица 5.

Химический состав (мас.%) пород из тел лиственито-березитовых метасоматитов в метабазах

Компоненты	1	2	3	4	5
SiO ₂	47,05	44,71	40,24	40,66	27,98
TiO ₂	1,37	2,38	1,59	1,59	1,32
Al ₂ O ₃	14,60	10,31	12,39	12,79	13,11
Fe ₂ O ₃	4,22	6,78	1,66	0,67	0,24
FeO	12,38	12,39	13,94	14,13	13,37
MnO	0,30	0,00	0,28	0,12	0,16
MgO	5,70	6,33	3,34	6,19	4,31
CaO	8,26	10,40	10,50	7,74	13,72
Na ₂ O	2,00	0,82	2,40	2,50	0,2
K ₂ O	0,55	0,25	0,10	0,70	3,1
SO ₃	-	-	0,18	0,07	0,07
P ₂ O ₅	0,07	0,12	0,17	0,22	0,12
CO ₂	0,86	2,20	14,06	15,60	20,00
S	0,14	0,43	1,47	0,37	2,25
Cl	-	-	0,48	0,48	0,02
H ₂ O ⁺	2,95	2,37	1,68	3,52	0,2
H ₂ O ⁻	0,06	0,01	0,04	0,0	0,03
Сумма	100,5	99,43	99,79	100,29	99,68

Породы: 1 – эпидот-плагиоклаз-амфиболовые метабазыты; 2-3 – карбонат-хлорит-альбитовые пропилитоподобные метасоматические породы внешних зон ореолов, иногда обогащенные пиритом; 4 – серицит-карбонат-хлорит-альбитовые с пиритом метасоматические породы средних зон ореолов; 5 – пирит-серицит-карбонатные метасоматиты внутренних зон ореолов.

2. Натрий и особенно кремнезем, преимущественно, выносились из исходных пород. Минимальное содержание кремнезема свойственно метасоматитам внутренних зон ореолов, в которых процесс образования минералов калия, серы и углекислоты и вынос натрия осуществлялись наиболее активно. Наряду с метасоматитами, из которых натрий выносился, минимальными концентрациями кремнезема характеризуются и те из них, в которых натрий накапливался в виде рекристаллизованного альбита.

3. В отдельных случаях в породы совместно с углекислотой приносилось заметное количество кальция, которым обогащены метасоматиты внешних, средних и, отчасти, внутренних зон. Но чаще наблюдается резкое уменьшение его содержания в лиственито-березитах внутренних зон, и именно в тех из них, где отмечается значительное развитие пирита.

4. По мере усиления степени метасоматических преобразований в породах отмечается увеличение содержания двухвалентного железа и, как правило, снижение – алюминия. Но в отдельных случаях метасоматиты внутренних зон обогащались глиноземом, что находит свое отражение в интенсивном развитии серицита или рекристаллизации альбита.

5. Наличие в прожилках игольчатых и пластинчатых кристаллов рутила и ильменита без видимой связи с реликтами вмещающих про-

жилки пород позволяет говорить о том, что и титан проявлял миграционную способность в условиях околорудного преобразования пород.

б. В зоны околорудного метасоматоза осуществлялся привнос заметного количества золота, серебра и элементов, генетически связанных с кислым (тоналит-плаггиогранитным) магматизмом (молибден, вольфрам, олово, свинец, висмут и др.). В то же время наблюдается обогащение околорудных метасоматитов и кварцевых жильных тел медью и цинком, то есть элементами, повышенные фоновые содержания которых свойственны породам основного состава. Это обогащение особенно заметно в зонах экзо- и эндоконтактов кварцевых жильных тел.

Особенностью преобразований кислых пород при их березитизации (табл. б) является резкое обогащение их глиноземом с максимальным привносом калия. Для березитов свойственно минимальное количество кремнекислоты, т.е. там, где происходило образование серицитолитов, место одного амфотерного оксида (SiO_2) занимал другой (Al_2O_3). Отсюда следует, что глинозем в гидротермальных системах был склонен к накоплению в отдельных участках ореолов околорудных изменений.

Таблица 6.
Химический состав (мас.%) пород кислого состава из зон их березитизации

Компоненты	1	2	3	4	5	6
SiO_2	74,59	75,44	74,60	55,30	42,00	58,49
TiO_2	0,31	0,09	0,05	0,20	0,38	0,50
Al_2O_3	12,21	12,82	12,00	12,80	26,01	11,59
Fe_2O_3	1,11	0,44	0,66	1,15	1,23	0,0
FeO	0,50	0,36	0,85	5,78	7,21	8,46
MnO	0,04	0,02	0,04	0,10	0,01	0,03
MgO	0,75	0,01	0,82	3,92	1,71	1,00
CaO	1,63	1,75	3,00	7,68	3,22	1,02
Na_2O	6,24	5,60	0,40	0,10	0,50	0,35
K_2O	0,22	1,06	3,60	3,26	6,80	3,50
P_2O_5	0,03	0,03	0,06	0,07	0,14	0,10
CO_2	0,77	1,57	3,25	8,30	5,78	8,00
S	0,12	0,21	0,38	2,10	4,96	9,62
F	-	0,01	-	-	-	-
Cl	-	0,01	-	-	-	-
H_2O^+	1,25	0,13	0,47	0,05	2,26	2,86
H_2O^-	0,04	0,20	0,02	0,04	0,06	0,26
Сумма	99,81	99,75	100,20	100,85	102,40	100,78

Породы: 1 – кварц-альбитовые апориолиты с хлоритом; 2 – серицит-кварц-альбитовые апориолиты с карбонатом и хлоритом; 3 – кварц-серицитовые метасоматиты с карбонатом, альбитом, хлоритом и пиритом; 4 – карбонат-серицитовые березиты с пиритом и хлоритом; 5 – пирит-карбонат-кварц-серицитовые березиты; 6 – пирит-серицитовые породы с пирит-кварцевыми прожилками.

Золото в том и другом случаях находится в сростаниях с пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом и другими рудными и жильными минералами и ассоциирует с Cu, Pb, Ag, Te, Zn, Bi, As, Sb, в значительной мере – с Mo и W.

Отличия лиственито-березитовых преобразований ультраосновных пород и железистых кварцитов от вышеописанных состоят лишь в том, что основным карбонатным минералом в лиственитах является брейнерит и железистый доломит, а в железистых кварцитах – сидерит. Место серицита в лиственитах занимают тальк и фуксит, а в железистых кварцитах – хлорит.

Средне- и низкотемпературные пропилиты

Пропилиты – один из наиболее распространенных продуктов метасоматических преобразований пород зеленокаменных структур Среднего Приднепровья. В границах золоторудных объектов они формируют самостоятельные ореолы, но чаще являются внешними частями ореолов по отношению к другим типам метасоматитов. Наиболее отчетливо пропилиты проявлены в породах основного и среднего состава. Отмечается наличие двух типов ореолов пропилитизации: с горизонтальной или глубинной (температурной – по [3]) метасоматической зональностью. Горизонтальная зональность пропилитов в большинстве своем имеет следующий вид:

- зона 0 (неизменный амфиболит) – кварц + плагиоклаз + роговая обманка;
- зона 1 – кварц + эпидот + альбит + актинолит;
- зона 2 – пирит + кварц + эпидот + актинолит;
- зона 3 – кварц + эпидот;
- зона 4 – кварц.

Анализ изменений химического состава амфиболитов при подобного рода пропилитизации, превращении пород в кварц-эпидотовые метасоматиты (табл. 7) указывает на увеличение в метасоматитах внутренних зон содержания кальция, трехвалентного железа и глинозема и уменьшение концентрации щелочей, двухвалентного железа, магния и в отдельных случаях – кремния. Эти данные свидетельствуют о слабощелочной реакции метасоматизирующих растворов, постепенно раскисляющихся по мере усиления степени метасоматической переработки пород, а также об их относительно высокой окисляющей способности.

Пропилиты, характеризующиеся проявлением вертикальной зональности, чаще всего не имеют в своем составе тыловых кварц-эпидотовых зон. Они, преимущественно, подразделяются на следующие температурные (или глубинные) субфации:

- роговообманко-эпидот-альбитовая;
- хлорит-эпидот-альбитовая;
- карбонат-альбит-хлоритовая.

В промежутке между первой и третьей субфациями может располагаться биотитовая субфация.

Н.И.Наковник [2] выделяет в пропилитах ещё и продвинутую субфацию, представленную серицит-карбонат-альбит-хлоритовым параге-

незисом, совпадающим с таковым лиственито-березитов средних зон метасоматических колонок.

Таблица 7.
Химический состав (мас.%) пород из зон пропилитизации амфиболитов

Компоненты	1	2	3	4	5
SiO ₂	48,68	49,58	45,41	45,85	41,21
TiO ₂	1,34	1,51	1,61	1,24	0,94
Al ₂ O ₃	14,03	14,40	15,25	15,25	16,00
Fe ₂ O ₃	3,08	3,78	7,18	7,75	8,2
FeO	10,85	8,91	4,17	3,09	2,8
MnO	0,21	0,24	0,23	0,21	0,25
MgO	6,35	6,35	4,02	3,00	3,05
CaO	8,84	9,80	18,08	19,37	22,06
Na ₂ O	3,00	3,04	0,58	0,22	0,26
K ₂ O	0,53	0,48	0,12	0,08	0,16
P ₂ O ₅	0,12	0,11	0,12	0,12	0,09
CO ₂	0,24	1,21	1,25	2,33	2,78
B ₂ O ₃	0,01	0,07	0,02	0,02	0,03
S	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01
Cl	0,04	0,06	0,2	0,16	0,08
F	0,05	0,13	0,01	0,01	0,06
H ₂ O ⁺	2,02	0,62	1,84	1,42	1,9
H ₂ O ⁻	0,16	0,18	0,29	0,18	0,55
Сумма	100,28	100,34	100,26	100,23	100,36

Породы: 1-2 – кварц-плагиоклаз-роговообманковые амфиболиты; 3 – кварц-эпидотовый пропилит с реликтами амфибола; 4-5 – кварц-эпидотовые пропилиты.

Низкотемпературные субфации пропилитов развиты среди высокотемпературных в локальных зонах, обычно окаймляющих зоны линейного тектонического расщепления и катаклаза, которые залечены карбонат-кварцевым материалом. В случае, если средне- и низкотемпературные метасоматиты возникали вне связи с зонами расщепления, в них сохранялась массивная текстура и структуры исходных пород.

В пропилитах, развитых на площадях золоторудных проявлений Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области, наблюдается зональность обоих типов. Однако, если элементы горизонтальной зональности достаточно отчетливо проявлены в участках появления молибденитовой минерализации, то золотая минерализация чаще всего фиксируется в пропилитах карбонат-альбит-хлоритовой и хлорит-эпидот-альбитовой субфаций. К тому же в пропилитах продвинутых фаций, но, главным образом, в кварцевых жильных телах, значительно (на один-три порядка) возрастают концентрации свинца, висмута и серебра.

Пропилитовые преобразования пород кислого состава могут быть зафиксированы по появлению в них эпидота, хлорита, карбоната, иногда серицита.

В ультраосновных породах пропилитоподобные метасоматиты, слагающие центральные зоны метасоматических ореолов, представлены кварц-карбонат-хлоритовой минеральной ассоциацией с пиритом, ино-

гда с тальком. В отдельных случаях они несут ураганные количества золота.

Золото в пропилитах встречается в сростаниях как с породообразующими минералами, так и с пиритом, реже пирротином, халькопиритом, другими минералами и ассоциирует с Cu, Ag, Zn, As, Bi, Te и др.

Поисковые признаки золоторудных месторождений

На основе детального изучения состава исходных пород, метасоматитов, руд и слагающих их минералов установлено, что поисковыми признаками всех без исключения золоторудных месторождений на территории Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области могут являться:

1) развитие в пределах зеленокаменных структур метасоматических преобразований и метасоматитов следующих типов: лиственито-березитовых, пропилитовых, щелочно-полевошпатовых, амфибол-карбонат-кварцевых; особое значение имеют участки сопряжения тел этих метасоматитов как между собою так и с зонами более поздних хлорит-биотитовых метасоматитов;

2) приуроченность некоторых типов метасоматитов (в частности, амфибол-карбонат-кварцевых, некоторых пропилитовых и щелочно-полевошпатовых) к экзо- и эндоконтактовым участкам даек метариодацит-порфиоров, плагиогранит-порфиоров, тоналитов и к сопровождающим их зонам дробления;

3) наличие в центральных частях тел метасоматически измененных пород – кварцевых, карбонатных, карбонат-кварцевых (иногда с амфиболом или альбитом) жильных тел;

4) осветление (метасоматиты средних и внутренних зон метасоматических колонок) первично серых, темно-серых или темно-зелено-серых пород и развитие в этих зонах наряду с пиритом – карбоната, альбита, серицита и биотита при практически полном исчезновении хлорита и роговой обманки;

5) наложение на осветленные породы пирит-хлорит-биотитовой метасоматической (метаморфической?) ассоциации;

6) локализация золотого оруденения в центральных частях метасоматических колонок;

7) переход хлорита ряда пикнохлорит-рипидолит в хлорит брун-свигит-диабантитового ряда в лиственито-березитах (увеличение глиноземистости и железистости хлорита);

8) появление в железистых кварцитах высокомарганцевистого сидерита и совместно с ним анкерита;

9) анкеритовый состав карбоната в лиственито-березитах и щелочно-полевошпатовых метасоматитах и кальцитовый – в тремолит-карбонат-кварцевых и кварц-карбонатных метасоматитах, повышенная марганцовистость анкерита и кальцита;

10) появление в метасоматических ореолах и в исходных породах арсенопиритовой минерализации;

11) присутствие в околорудных метасоматитах и жильных телах, преимущественно, мышьяковистого пирита, а также кристаллов пирита кубического габитуса, усложненных гранями октаэдра, ромбододекаэдра и пентагон-додэкаэдра;

12) наличие в породах и жильных телах теллур-висмут-серебряно-свинцовой и сурьмяно-мышьяковой геохимических ассоциаций, а также повышенный фон ртути в метасоматически измененных породах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Монахов В.С., Сеницын В.А., Фомин Ю.А. и др.* Золотоносные кварц-карбонат-амфиболовые метасоматиты зеленокаменных структур докембрия Среднего Приднепровья // Геологический журнал.– 1994.–№4.– С.65-76.

2. *Наковник Н.И.* О пирит-альбит-серицитовых метасоматитах как “продвинутой” фации пропилитов / Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании. Труды 1-й Конференции по околорудному метасоматизму. Москва, 1966 // Москва: Недра, 1966.– С. 115-119.

3. *Русинов В.Л., Тихомиров В.С.* Новые данные о вертикальной зональности в пропилитах / Проблемы вертикальной метасоматической зональности // Москва: Наука, 1982.– С. 60-74.

4. *Сазонов В.Н.* Березит-лиственитовая формация метасоматитов (на примере Южного Урала) / Метасоматические формации и фации // Свердловск: Труды ИГГ Уральского филиала РАН, 1979.– Вып. 139.– С. 44-64.

5. *Сазонов В.Н., Бородаевский Н.И.* Генезис текстур и структур метасоматитов березит-лиственитовой формации // Свердловск: Наука, 1980.– 29 с.

6. *Семенов Н.П., Монахов В.С., Бондарь М.Н., Бобров А.Б.* Амфиболовые метасоматиты докембрия Сурского района (Среднее Приднепровье) // Доклады АН УССР. Серия Б.– 1986.– №12.– С.10-14.

7. *Шер С.Д.* О химизме околорудных изменений, сопровождающих золотоносные кварцевые жилы / Вопросы геологии месторождений золотоносных районов // Москва: Труды ЦНИГРИ, 1968.– Вып. 79.– С. 97-102

8. *Kishida A., Kerrich R.*, Hydrothermal alteration zoning and gold concentration at the Kerr-Addison Archean lode gold deposit, Kirkland Lake, Ontario // Econ. Geol.– 1987, v. 82.– №3.– P. 649-690.

9. *Korkiakoski E.A.* Geology and geochemistry of the metakomatiite-hosted Pahtavaara gold deposit in Sodankyla, Northern Finland, with emphasis on hydrothermal alteration // Geol. Survey of Finland, Bull. 360 (Acad. dissert.) Geologian tutkimuskeskus, Espoo 1992.– 114 p.

10. *Mueller A.G.* Petrogenesis of amphibole-biotite-calcite-plagioclase alteration and laminated gold-silver-quartz veins in four Archean shear zones of the Norseman district, Western Australia // Can. J. Earth Sci.– 1992, v. 29.– №3.– P. 388-417.

11. *Texeira, J.B.C., Kishida, A., Marison M.P.C., e.a.* The Fazenda Brasileiro Gold Deposit, Bahia: geology, hydrothermal alteration, and fluid inclusion studies // Econ. Geol.– 1990, v.85.– №5.– P. 990-1009.

МОНАХОВ В.С., ДИЩУК М.Ю., СУКАЧ В.В., ВЕЛІКАНОВ Ю.Ф. Навколорудні метасоматити як критерій прогнозу і пошукова ознака золотого зруденіння у докембрійських утвореннях Середнього Придніпров'я.

РЕЗЮМЕ. Основними типами метасоматитів, супроводжуваних золоту мінералізацією у породах зеленокам'яних поясів Середнього Придніпров'я, є березит, лиственіт, пропіліт, амфіболовий і лужно-польовошпатовий метасоматити. Особливості змін вміщуючих порід різних петрохімічних груп, як і показники мінерального і хімічного складу метасоматитів, можуть бути використані як пошукові ознаки золотої мінералізації у докембрійських утвореннях Середнього Придніпров'я.

МОНАХОВ В.С., ДЫЩУК М.Ю., СУКАЧ В.В., ВЕЛИКАНОВ Ю.Ф. Околорудные метасоматиты как критерий прогноза и поисковый признак золотого оруденения в докембрийских образованиях Среднего Приднепровья.

РЕФЕРАТ. Основными типами метасоматитов, сопровождающих золотую минерализацию в породах зеленокаменных поясов Среднего Приднепровья, являются березит, лиственит, пропилит, амфиболовый и щелочно-полевошпатовый метасоматиты. Особенности изменений вмещающих пород различных петрохимических групп, как и показатели минерального и химического состава метасоматитов, могут быть использованы как поисковые признаки золоторудной минерализации в докембрийских образованиях Среднего Приднепровья.

MONAKHOV V.S., DYSHCHUK M.Yu., SUKACH V.V., VELIKANOV Yu.F. Circum-ore metasomatites as prediction criterion and prospecting indicators of gold mineralization in the Middle Dnieper area Pre-Cambrian formations.

SUMMARY. The main types of metasomatites, accompanying the gold mineralization in the rocks of the Middle Dnieper greenstone belts are beresite, listvenite, propylite, amphibole and alkali-feldspar metasomatites. The peculiarities of different petrochemical groups wall rock alterations as well as the indexes of metasomatites mineral and chemical composition may be used as the prospecting indicators of gold mineralisation in the Middle Dnieper area Pre-Cambrian formations.

*Надійшла до редакції
30 червня 2000 р.*