

ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГИДРОЛОГИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 553.041+553.046

DOI:10.7242/echo.2024.3.1

ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАНСФОРМАЦИИ РЕСУРСОВ ЗОЛОТА В ЧЕРНЫХ СЛАНЦАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ

А.С. Борисов, А.Ф. Сметанников
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В работе показаны результаты обобщения материалов по золотоносности черных сланцев Ольховского и Тесовского участков Пашийской площади и результаты изучения золотоносности черных сланцев Пороженского участка Вильвенской площади. Установлено, что золотоносность указанных участков связана с породами силикатно-карбонатного состава, отнесенными к черным сланцам, имеющими в своем составе углеродистое вещество. Часть углеродистого вещества вмещающих пород представлена органическим веществом сапропелевого типа. Выявлена связь части концентраций золота с органическим веществом.

Ключевые слова: черные сланцы, органическое вещество, золото, высокотемпературный обжиг, хлориды, вещественный состав, опробование.

Введение

В ходе проведенных исследований были изучены и проанализированы материалы опробования Ольховского и Тесовского участков Пашийской площади и Пороженского участка Вильвенской площади. Цель данного исследования – выявление связи золотоносности объектов с органическим веществом, а также оценка перспектив обнаружения промышленных концентраций благородных металлов (БМ). Фактический материал получен авторами в составе АО «Геокарта-Пермь» при проведении поисково-разведочных работ на данных объектах.

Объекты исследования находятся в Горнозаводском районе Пермского края. Вмещающие породы представлены толщей силикатно-карбонатного состава с высоким содержанием углеродистого вещества, включающего органическое вещество (ОВ) сапропелевого типа и сульфидную минерализацию. Такой тип вмещающих пород отнесен в дальнейшем авторами к черным сланцам.

В ходе поисковых работ, проведенных в 2015-17 гг., были выделены и оконтурены Ольховский и Тесовский участки на Пашийской площади. Аналогом объекта поисков являлся «Карлинский» тип месторождений золота в терригенно-карбонатных породах, связанных с сульфидной минерализацией. Месторождения этого типа широко известны в Северной Америке, где образуют рудную провинцию. Запасы извлекаемого золота составляют не менее 20% от количества золота, получаемого в США. В России и на постсоветском пространстве к аналогам месторождений этого типа авторы относят Воронцовское месторождение Свердловской области, Олимпиадинское месторождение Красноярского края, Майское месторождение Чукотской АО.

Пороженский участок на Вильвенской площади был выделен и опробован в 2018-19 гг.

Результаты аналитических исследований отобранного материала с использованием традиционных методов, пробирно-гравиметрического (ПГ) и атомно-абсорбционного (ААС) не показали промышленные концентрации золота.

Применение пробирно-шерберного метода анализа (ПШ) позволило выделить несколько блоков с общим ресурсом 154,6 т золота. Однако несоответствие примененной

методики необходимому стандарту (анализ III класса точности) в соответствии с требованиями ГКЗ не позволили пройти апробацию результатов в ЦНИГРИ.

Изучение особенностей вещественного состава черных сланцев указало на наличие в них ОВ сапропелевого типа близкого по составу ОВ нерастворимых в воде остатков соляных пород Верхнекамского месторождения солей, которое, как известно, является носителем БМ в виде органических соединений (Сметанников, Седых, 2016).

Известно, что нерастворимый остаток (Н.О.) соляных пород (сильвинитов) после их переработки концентрируется в глинисто-солевых отходах (шламах). После высокотемпературного обжига шламов органические соединения БМ трансформируются (преобразуются) в интерметаллиды БМ. С использованием этой технологии были проведены исследования вещества черных (углеродистых) сланцев, содержащих органические соединения (Сметанников, Шанина, 2013). В результате пробирно-масс-спектрометрический анализ проб показал промышленные значения БМ.

С использованием этих данных было проведено исследование вещественного состава проб черных сланцев Ольховского, Тесовского участков Пашийской площади и Пороженского участка Вильвенской площади. В пробах также обнаружен углеродистый материал, включающий ОВ.

Обзор ранее проведенных исследований

В 2015-17 гг. проведены поисковые работы на рудное золото («карлинский» тип) в известковисто-терригенных комплексах Пашийской перспективной площади на западном склоне Урала южнее проектируемой Вильвенской площади. По итогам полевых работ подтверждена золотоносность Зыковской, Ольховской и Боровухинско-Вижайской золоторудных зон, выделены детальные участки Ольховский, Тесовский и Самаринский. На Самаринском участке источников коренного золота не обнаружено, поэтому в дальнейших исследованиях он не участвовал.

Установлено, что золотоносность связана с сульфидной минерализацией и углеродисто-гидрослюдистыми (битуминозными) прожилковыми образованиями.

Прогнозные ресурсы оценены по данным пробирного анализа с шерберной плавкой. По Ольховскому, Тесовскому и Самаринскому участкам установлены содержания золота, отвечающие ожидаемым проектным значениям. Подсчитаны прогнозные ресурсы по рудным телам категории P_1 – 83,0 т и категории P_2 – 33,4 т; по корам выветривания категории P_1 – 13,9 т и категории P_2 – 24,3 т. Общие прогнозные ресурсы по площади категорий P_1+P_2 составляют 154,6 т, при средних содержаниях 0,82 г/т.

В 2018-19 гг. проведены поисковые работы на рудное золото в палеозойских вулканогенно-известковисто-терригенных породах Вильвенской площади на западном склоне Урала.

Объект проведения работ находится в Горнозаводском районе Пермского края, севернее Пашийской площади. В ходе работ были выделены три перспективных участка работ. Наиболее детально был опоскован «Пороженский участок». По результатам работ предварительная поисковая модель не подтвердилась, но объект считается перспективным, так как в районе территории Пороженского участка ранее выявлены пункты минерализации золота и палладия, приуроченные к черносланцевой толще и в ксенотуфах щелочно-основного состава.

В 2015-16 гг. проведено геологическое изучение масштаба 1:200000 с подготовкой к изданию нового поколения Госгеолкарты – 200. Выделен Безгодовский золоторудный узел (БЗУ), сложенный в основном породами промысловской серии (O_{2-3} пр), представленными переслаивающимися углеродистыми сланцами, известково-углеродисто-глинистыми сланцами, известняками и песчаниками, мощностью до 900 метров. Протяженность БЗУ 34 км при ширине около 10 км. В пределах БЗУ выявлено одно

проявление золота – Пороженское и одно проявление платины – Малопороженское, условно отнесенное к платиноносной черносланцевой формации (Снитко, 2016). Золото-платиновая минерализация тяготеет к терригенно-карбонатным углеродсодержащим отложениям промысловской серии. Содержания золота, по данным этой же лаборатории (АСИЦ ВИМС), составили 0,7 г/т. Содержания платиноидов в углеродистых сланцах Малопороженского проявления составляют 0,18–0,57 г/т, в т.ч. Pd – 0,11–0,4 г/т; Pt – 0,01–0,06 г/т. Средние содержания палладия по четырем пробам составляют 0,3 г/т. Прогнозные ресурсы БЗУ оценены согласно таблице № 1.1 Методического руководства «Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов» (ЦНИГРИ, 2002). Площадь рудного узла составляет 389 км², прогнозные ресурсы по категории Р₃ составят по золоту 38,9 т, а минерагенический потенциал по платине ориентировочно – 50% от прогнозных ресурсов золота: 19,5 т.

Краткая характеристика перспективных участков

Перспективные участки расположены в Горнозаводском районе Пермского края севернее поселка Пашия.

Ольховский участок

Ольховский участок располагается в висячем крыле Боровухинского надвига в пределах синклинальной структуры северо-западной ориентировки, ограниченной и осложнённой разрывными нарушениями той же ориентировки. Вмещающие породы представлены известняками, битуминозными известняками (реже доломитами) франского и фаменского ярусов верхнего девона. В мульде синклинали выходят доломитизированные известняки турнейского яруса, перекрываемые переслаивающимися аргиллитами, алевролитами и песчаниками западноуральской свиты визейского яруса нижнего карбона. С зоной разломов связано проявление углеродисто-гидрослюдистого метасоматоза, выраженного в виде разнонаправленных углеродисто-гидрослюдистых (битумно-гидрослюдистых) прожилков и жил различной мощности и интенсивности.

Характерной особенностью является высокое содержание битуминозного вещества. Рудовмещающими являются битуминозные известняки и алевролиты с признаками аргиллизации, а также коры выветривания, содержащие ОВ.

Тесовский участок

Тесовский участок расположен западнее Ольховского участка, между Тесовским и Зыковским надвигами, представляет собой грабен-синклираль, в мульде выходят доломитизированные известняки турнейского яруса, перекрываемые аргиллитами, алевролитами и песчаниками западноуральской свиты визейского яруса нижнего карбона. Грабен-синклираль со всех сторон окружена девонскими отложениями. Вмещающие породы в той или иной степени аргиллизированы, вследствие чего происходило перераспределение концентраций золота и ОВ. Характерной особенностью является высокое содержание ОВ.

Пороженский участок

Пороженский участок Вильвенской площади расположен севернее Пашийской площади в зоне Бутонско-Боровухинского глубинного разлома. В пределах участка присутствуют интрузивные и жерловые образования, представленные: Кусьинским пикрит-эссекситовым комплексом, эруптивными брекчиями и ксенотуфами щелочно-основного состава, флюидоэксплозивными образованиями, широко проявлены метасоматические преобразования пород.

На участке пробурено 3 профиля поисковых скважин средней глубиной 200 м. Всего 9 скважин общим объемом 1848 п.м.

На первом профиле по скважинам 304-306 под аллювиальными отложениями вскрыты доломиты колчимской свиты верхнего ордовика. Далее под покровом доломитов выделена крупная вулканогенная структура, сложенная ксенотуфами и лавами трахибазальтов.

Вмещающие породы представлены алевроаргиллитами с подчиненными углеродистыми алевроаргиллитами.

В скважине 304 на глубине 172 м вскрыта зона углеродистого метасоматоза мощностью 10 м, сложенная черными углеродистыми породами с гнездово-вкрапленной сульфидной минерализацией, отнесенными авторами к «черным сланцам».

Разрез по скважинам 301-303 аналогичен, однако вскрытые породы в значительной степени содержат углеродистое вещество в отличие от предыдущего профиля. Наибольшее содержание углеродистого вещества отмечено в поисковых скважинах 307, 308, 309.

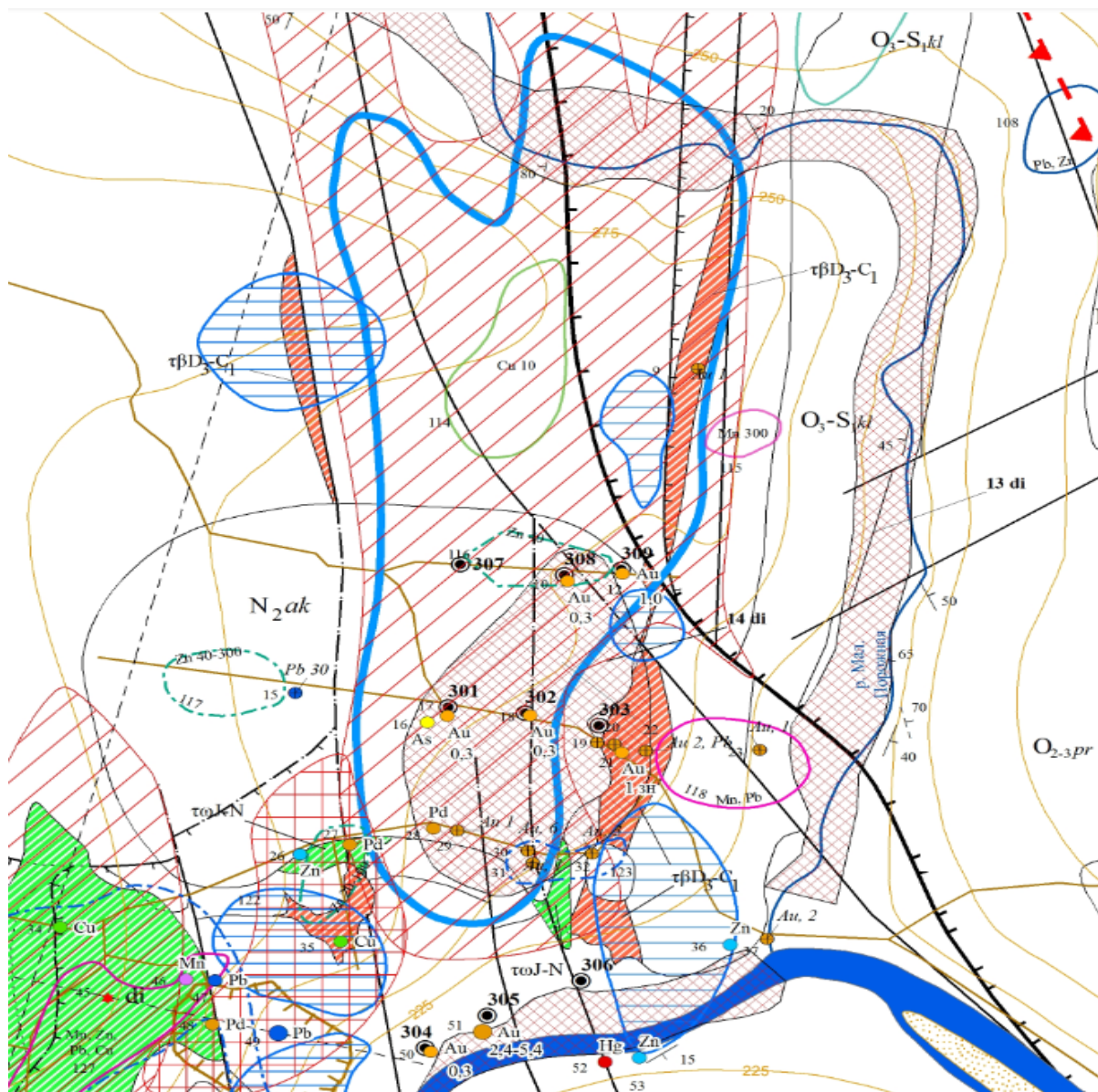


Рис. 1. Карта Золотоносности Порожененского участка

По результатам пробирного анализа установлена слабая золотоносность (0,2-0,4 г/т) углеродистых алевроаргиллитов, метасоматитов и ксенотуфов. По профилям поисковых скважин золотоносность увеличивается в северном направлении: возрастает количество точек со значимыми содержаниями и сами содержания – до 0,8-1,0 г/т в скважине 309.

Золотоносность в основном приурочена к углеродистым алевроаргиллитам (рис. 1).

Результаты обобщения исследований

В рамках исследования материалов по опробованию рудных интервалов Ольховского и Тесовского участков Пашийской площади проведен отбор и анализ дубликатов наиболее представительных керновых проб. Пробы отбирались по следующим критериям:

1. Высокое содержание в пробах углеродистого (битуминозного) вещества.
2. Значимые содержания по пробирно-гравиметрическому анализу (Пг) и пробирно-шерберному анализу (ПШ). Результаты анализа проб показаны в таблице 1.

Таблица 1

Результаты анализа отобранных дубликатов проб

№	№ пробы	Литологический состав	ПА (Au, г/т)	ПШ (Au, г/т)
Пашийская площадь, Ольховский участок				
1	350-58	Известняк углеродистый	0,4	-
2	351-12	Известняк углеродистый	0,4	1,74-2,51
3	351-14	Известняк углеродистый	0,4	1,46-2,0
4	351-21	Известняк углеродистый	0,4	-
5	351-22	Известняк углеродистый	0,4	0,65-4,35
6	351-84	Известняк углеродистый	2,3	1,65-3,11
Пашийская площадь, Тёсовский участок				
7	307-154К	Аргиллизит углеродистый	0,2	-
8	325-96,1	Мелкообломочная брекчия известняка, углеродистая	0,2	-
9	355-115	Известняк углеродистый	< 0,2	2,72 и 1,49
10	356-115К	Аргиллизит углеродистый	< 0,2	1,26; 0,18; 1,64
11	356-148К	Аргиллизит углеродистый	< 0,2	0,55 и 0,44
12	360-43	Аргиллизит углеродистый	< 0,2	0,022

По результатам анализа установлено, что в породах Ольховского и Тесовского участка тонкодисперсная золотоносность связана с углеродисто-гидрослюдистыми (битуминозными) прожилками и сульфидами. Содержание битуминозных образований достигает 25%, а само ОВ сапропелевого типа. Данные подтверждаются битуминологическими исследованиями. В пробах Ольховского, Тесовского и Пороженского участков проведено определение Сорг. Результаты показаны в таблице 2.

Наибольшее содержание Сорг установлено на Тесовском и Пороженском участках.

Согласно классификации Юдовича Я.Э. и Кетриса М.П. (Юдович, Кетрис 1997), содержания Сорг. характерны для углеродистых пород (черных сланцев). В углеродистых породах Ольховского участка содержания Сорг. достаточно низкие.

Таблица 2

Содержание Сорг в пробах по Вильвенской и Пашийской площади

№	№ пробы	Литологический состав	Проб. анализ Au, г/т	Проб., шерберная плавка, Au г/т	НОП, %	Сорг на породу %
Пашийская площадь, Ольховский участок						
1	350-58	Известняк светло-серый, м/з, массивный, с тонкими углеродисто-слодисто-глинистыми прожилками (редко до 2-3 мм)	0,4	-	1,66	-
2	351-12	Известняк серый м/з, трещиноватый. По трещинам – углеродисто-глинисто-известковистый материал. Углеродистый метасоматоз: частые тонкие углеродистые прожилки с редкой пиритовой минерализацией	0,4	1,74-2,51	1,88	0,11
3	351-14	Известняк серый м/з, трещиноватый. По трещинам – углисто-глинисто-известковистый материал. Углеродистый метасоматоз: тонкие углеродистые прожилки с редкой пиритовой минерализацией	0,4	1,46-2,0	2,17	0,08
4	351-21	Известняк кальцитизированный, проработанный углеродистым метасоматозом (тонкие прожилки)	0,4	-	2,23	0,07
5	351-22	Известняк серый, темно-серый, м/з, трещиноватый. Углеродистый метасоматоз: частые тонкие углеродистые прожилки с редкой пиритовой минерализацией	0,4	0,65-4,35	2,32	0,06
6	351-84	Известняк кальцитизированный, проработанный углеродистым метасоматозом (тонкие прожилки)	2,3	1,65-3,11 (5 анализов)	2,03	0,09
Пашийская площадь, Тёсовский участок						
7	307-154К	Аргиллизит углеродисто-слодисто-глинистый, брекчиевидный с обломками песчаника	0,2	-	87,35	5,45
8	325-96,1	Мелкообломочная брекчия известняка, цемент (50 %) – углеродистый аргиллизит.	0,2	-	94,0	2,59
9	355-115	Известняк неравномерно пиритизированный с прожилками углеродистого аргиллизита	< 0,2	2,72 и 1,49	80,88	3,78
10	356-115К	Углеродистый аргиллизит с прослоями песчаника	< 0,2	1,26; 0,18; 1,64	96,02	6,72
11	356-148К	Углеродистый аргиллизит пиритизированный	< 0,2	0,55 и 0,44	97,01	3,57
12	360-43	Щебень песчаника, сцементированный углеродистым аргиллизитом, пиритизация	< 0,2	0,022	97,85	1,97
Вильвенская площадь Пороженский участок						
13	309-143,5	Метасоматит углеродистый, карбонатизированный, с прожилками кальцита, пирит – до 3%.	< 0,2	-	89,36	6,45
14	309-162	Метасоматит углеродисто-карбонатный, с прожилками кальцита, пирит – 2-3 %.	0,8	-	88,81	3,78

Исходя из полученных результатов ряд проб Ольховского, Тесовского и Пороженского участков был исследован пробирно-масс-спектрометрическим методом с подшихтовкой хлоридами Na и K, но без обжига. Результаты оказались неудовлетворительными.

В настоящее время разработан способ анализа пород, содержащих благородные металлы, связанные с органическим веществом, показавший положительные результаты.

Способ отработан на рудах (углеродистые сланцы) месторождения Сухой Лог на крупнообъемной пробе с установленным содержанием золота и типом органики. В таблице 3 показаны результаты определения Сорг. в породах некоторых месторождений РФ. Как видно, результаты сопоставимы с содержаниями Сорг. в черных сланцах Пашийской площади. Эти результаты привели к выводу о необходимости ревизии и перепробовании разведанных и разведываемых рудопроявлений Пашийской и Вильвенской площадей с использованием пробирно-масс-спектрометрического анализа проб после подшихтовки хлоридами и высокотемпературного обжига.

Таблица 3

Содержание Сорг. в углеродистых породах золоторудных месторождений России

Месторождение	Вмещающие породы	Сорг.
Сухой Лог	Углеродистые сланцы, песчаники, филлиты	1%
Угахан	Углеродсодержащие метапесчаники и алевролитов	3%
Кумакское	Углеродсодержащие терригенно-осадочные породы алевролиты, сланцы и песчаники	4,70%
Красное	Кремнистые алевролиты и кварцевые песчаники с прослоями углеродистоглинистых сланцев	0,42 до 2,8%
Кавказ	Метапесчаники, метаалевролиты, углеродисто-глинистыми и глинистыми сланцами	1,6%
Маломыр	Серицит-альбит-кварцевыми, хлорит-серицит-альбит-кварцевыми, с подчиненными углеродсодержащими сланцами	0,14%

С учетом полученных результатов запланированы исследования углеродистых (черных) сланцев в первую очередь Пороженского участка, а также Тесовского и Ольховского участков.

Учитывая содержание Сорг в углеродистых породах золоторудных месторождений России (Табл. 3) ресурсы золота участков Пашийской и Вильвенской площади могут существенно возрасти.

Обсуждение результатов исследований

Исходя из результатов исследований можно выделить ряд геологических объектов, содержащих углеродистое вещество, которое в свою очередь содержит ОВ и связанные с ним благородные металлы. Это в первую очередь нерастворимые остатки соляных пород, которые содержат хлороформенные и спиртобензолные битумоиды и связан-

ные с ними органические соединения БМ. Далее это углеродистое вещество черных сланцев Западного склона Урала, также содержащее органические соединения БМ. Причем состав и степень метаморфизации ОВ этих образований близки.

Следующим объектом является черные (углеродистые) сланцы Восточного склона Урала (Азовскова, Ровнушкин, 2010), которые также содержат сульфидную минерализацию и углеродистое вещество. Наличие в пробах парагонита вместо мусковита, присутствующего в черных сланцах Западного склона Урала, предполагает более высокую степень метаморфизма. Возможно также присутствие органических соединений БМ.

Одним из наиболее важных объектов в представленной линейке являются золотоносные углеродистые сланцы Восточной Сибири, ярким представителем которых является месторождение Сухой Лог. Здесь также обнаружено подобное ОВ, но само ОВ сильно метаморфизовано, и количество его на порядок меньше чем в Н.О. соляных пород. Общей чертой этих природных объектов является наличие ОВ сапропелевого типа и связанных с ним органических соединений БМ. Причем минеральная матрица может быть разного состава.

Особняком стоят еще два объекта, это горючие сланцы Коми и нефтетитановые руды месторождения Ярега. Исследования комплексные этих объектов еще не закончены, но обращает на себя внимание то обстоятельство, что генетически типы органики сходны.

Заключение

1. Установлена схожесть вещественного состава руд Тесовского и Порожененского участков, вмещающие породы которых относятся к углеродистым черным сланцам.

2. Выявлена связь золотоносности с углеродистым веществом.

3. Выявлена общность генетических особенностей ОВ исследуемых объектов с ОВ нерастворимых остатков соляных пород, черных сланцев Восточного склона Урала, углеродистых сланцев Восточной Сибири, подтверждающая перспективность этих объектов как источников благороднометалльного сырья.

4. Необходимы технолого-аналитические исследования проб Порожененского участка и ревизионные исследования по дубликатам проб Ольховского и Тесовского участков по новой технологии.

5. С учетом новых исследований наиболее перспективными на прирост ресурсов золота, связанного с органическим веществом, могут быть Тесовский и Порожененский участки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азовскова О.Б., Ровнушкин М.Ю., Корякова О.В., Янченко М.Ю. Органическое вещество в рудах и вмещающих породах Воронцовского месторождения // ЕЖЕГОДНИК-2010. – Екатеринбург, 2011. – С. 46-51. – (Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 158).
2. Бабяк В.Н., Блинов А.В., Тарасова Ю.И., Будяк А.Е. Новые данные о геолого-структурных особенностях золоторудных месторождений Ожерелье, Ыканское, Угахан и Голец Высочайший // Науки о Земле и недропользование. – 2019. – Т. 42, № 4. – С. 388-412. – DOI: 10.21285/2686-9993-2019-42-4-388-412.
3. Борисов А.С. Перспективы трансформации ресурсов золота на Тёсовском участке с учетом прогнозной модели трансформации ресурсов Ольховского участка Пашийской площади // Горное эхо. – 2020. – № 4 (81). – С. 8-13. – DOI: 10.7242/echo.2020.4.2.
4. Борисов А.С. Перспективы трансформации ресурсов золота на Ольховском участке Пашийской площади с учетом новых аналитических данных по балансу золота, связанного с органическими соединениями // Горное эхо. – 2019. – № 3 (76). – С. 2-5. – DOI: 10.7242/echo.2019.3.1.
5. Борисов А.С., Сметанников А.Ф., Суслов С.Б., Филатов А.В., Рыжов А.А., Петухов С.Н., Рыбьякова Н.М., Некрасов Д.И. Особенности распределения золота в известковисто-терригенных комплексах Пашийской перспективной площади на западном склоне Урала (Ольховский участок) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского / ПГНИУ [и др.]. – Пермь, 2018. – Вып. 21. – С. 247-252.

6. Волков А.В., Сидоров А.А. Геолого-генетическая модель месторождений золота Карлинского типа // Литосфера. – 2016. – № 6. – С. 145-165.
7. Коломоец А.В. Условия формирования Кумакского месторождения черносланцевой формации (Оренбургская область) // Вестн. Забайкальского гос. ун-та. – 2018. – №6. – С.28-35. – DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-6-28-35.
8. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Выпуск «Золото». – М.: ЦНИГРИ, 2002. – 128 с.
9. Развозжаева Э.А., Прокофьев В.Ю., Спиридонов А.М. и др. Благородные металлы и углеродистое вещество в рудах месторождения Сухой Лог (Восточная Сибирь, Россия) // Геология рудных месторождений. – 2002. – Т.44, № 2. – С.116-124.
10. Сметанников А.Ф., Седых Э.М. Особенности анализа золота, связанного с органическими соединениями // XXI Международная Черняевская конференция по химии, аналитике и технологии платиновых металлов: тез. докл. – Екатеринбург, 2016. – С. 61.
11. Сметанников А.Ф., Шанина С.Н., Синегрибов В.А., Юдина Т.Б., Седых Э.М. Благородные металлы Верхнекамского месторождения солей // Горн. журн. – 2006. – № 6. – С. 62-64.
12. Сметанников А.Ф., Шанина С.Н. Проблема диагностики и извлечения органических соединений благородных металлов в некоторых породах // Органическая минералогия: материалы IV Рос. совещ. с междунар. участием / ИЭМ РАН [и др.]. – Черногоровка, 2013. – С. 142-145.
13. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимия черных сланцев. Ч. 1: Очерк / Ин-т геологии Коми НЦ УрО РАН. – Сыктывкар: Пролог, 1997. – 212 с.

УДК 553.041+553.046

DOI:10.7242/echo.2024.3.2

СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ФЛОТАЦИОННЫХ ШЛАМОВ И УГЛЕРОДИСТЫХ СЛАНЦЕВ, СОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ МАЛООБЪЕМНЫХ ПРОБ

Д.В. Оносов, А.Ф. Сметанников
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Установлена связь концентраций благородных металлов с органическими соединениями в отходах переработки К-Mg руд (флотационных шламах) и в углеродистых сланцах месторождения «Сухой лог». Выявлен способ преобразования органических соединений благородных металлов посредством высокотемпературного обжига в интерметаллиды Pd, Pt, Ag в шламах и в самородно-техногенное Au в углеродистых сланцах. Разработана принципиальная аппаратно-технологическая схема переработки как шламов, так и углеродистых сланцев.

Ключевые слова: складированные флотационные шламы, высокотемпературный обжиг, хлоридные агенты, углеродистые сланцы, органическое вещество, интерметаллиды палладия, платины, серебра, самородно-техногенное золото, хлориды, вещественный состав.

Введение

В 2004-16 гг. была разработана технология переработки галургических шламов с целью извлечения благородных металлов, включающая обжиг при температуре до 800°C в окислительно-восстановительных условиях в присутствии хлоридных агентов. Обжиг инициировал твердофазное преобразование соединений Pd, Pt, Ag, Au в кислоторастворимую форму [1-4]. Обоженный шлам (огарок) подвергался кислотно-сорбционной переработке.

Конечным продуктом являлся коллективный концентрат (КК), содержащий Pd, Pt, Ag, Au. Аффинаж опытной партии КК позволил получить соли чистых металлов – дихлордиаминпалладий, хлорплатинат аммония и хлорид серебра. Ниже показана аппаратно-технологическая схема переработки галургических шламов с кислотно-сорбционным окончанием (рис. 1).