

# 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 опоискован «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 км<sup>2</sup>, прогнозные ресурсы по категории Р<sub>3</sub> 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.

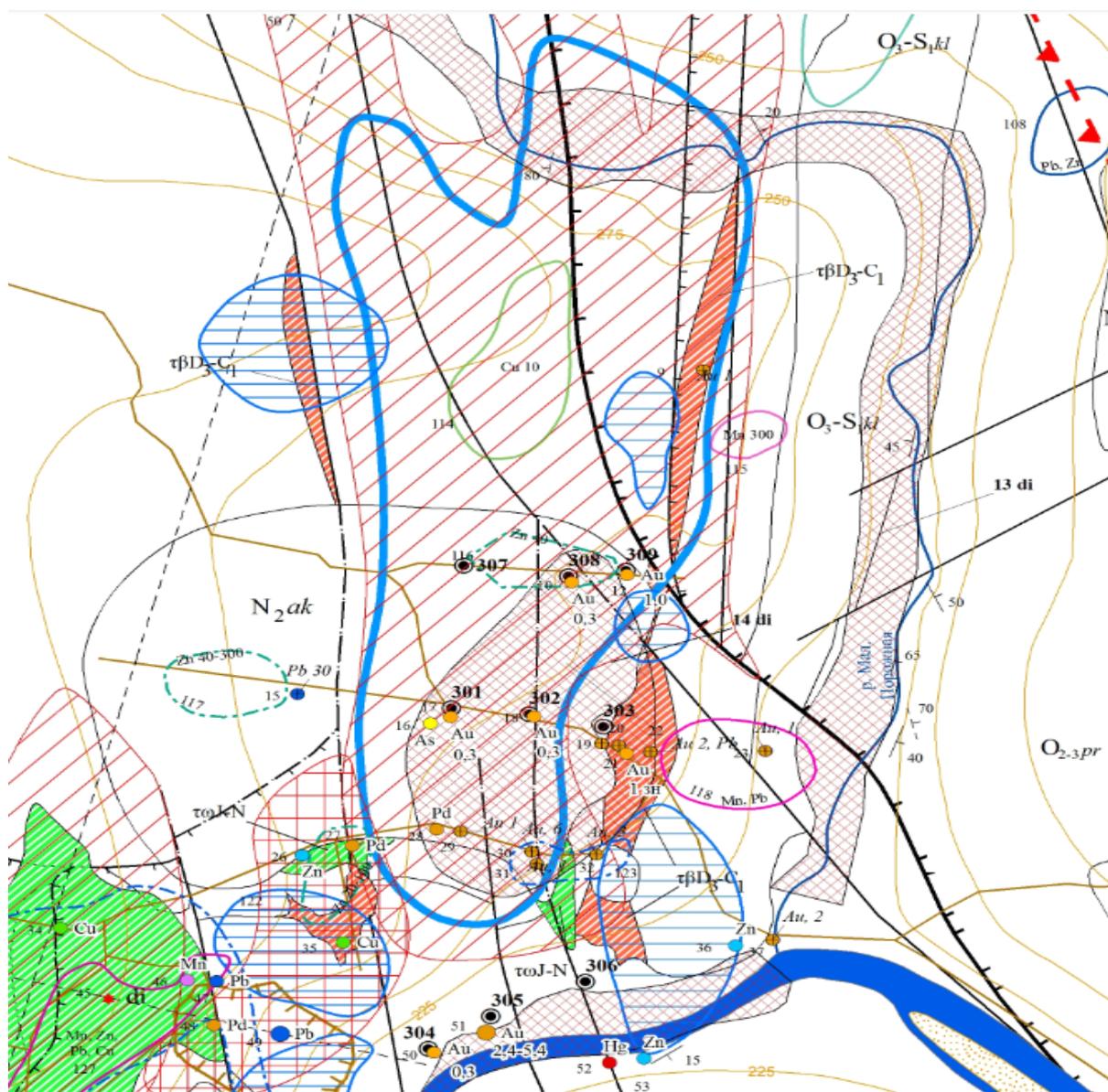


Рис. 1. Карта Золотоносности Порожененского участка

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 – углесто-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 Порожненского 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 Порожненского 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).