

УДК 622.271.1:622.793

DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-5-28-36

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБОГАТИМОСТИ И КОМПЛЕКСНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛИНИСТЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ПЕСКОВ (НА ПРИМЕРЕ РОССЫПЕЙ ЕНИСЕЯ, ЯКУТИИ, ЗАБАЙКАЛЬЯ)****METALLURGICAL EVALUATION OF GOLD-BEARING CLAY SANDS WASHABILITY AND EFFICIENT USE (PLACER DEPOSITS OF YENISEI, YAKUTIA AND TRANSBAIKALIA)**

**В. П. Мязин,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
myazinvpchita@mail.ru

**V. Myazin,**  
Transbaikal State University, Chita



**Т. В. Никоненко,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
nikontan@yandex.ru

**T. Nikonenko,**  
Transbaikal State University, Chita

Приведены результаты работ относительно особенности вещественного состава глинистых золотосодержащих песков на объектах россыпной золотодобычи Енисея, Якутии, Забайкалья с учётом минеральной особенности и фазово-дисперсной характеристики цементирующих глин, а также распределения по классам крупности свободного золота в них. Показано влияние физико-химических свойств образуемых глинистых окатышей при промывке и дезинтеграции глинистых песков на уровень технологических потерь золота с галей и хвостами шлюзовых аппаратов драг.

Выполнен комплекс физико-химических исследований технологических проб глинистых песков по оценке литолого-минералогического состава глин, включающий рентгенофазовый, термический, инфракрасную спектроскопию, электронную микроскопию и петрографический анализы. Выявлено, что преобладающими минералами в металлоносных глинистых песках россыпей Енисея, Якутии, Забайкалья являются гидрослюда, монтмориллонит, каолинит.

Отмечено, что основная причина потерь золота заключается в накатывании глинистой поверхностью минеральных окатышей свободного золота, неизвлекаемого в гравитационных аппаратах драг. Установлена прямолинейная зависимость технологических потерь золота с галей от категории промывистости перерабатываемых труднообогащаемых глинистых песков.

Предложена ресурсосберегающая концепция снижения технологических потерь ценного компонента путём вывода глины в голову технологического процесса для исключения её попадания в обогащательные аппараты. Доказана возможность комплексного использования, вмещающего нерудного минерального сырья глинистых песков (глины и пустых галечных пород) в качестве попутной продукции для дальнейшего использования в различных отраслях промышленности. Даны рекомендации по основным направлениям использования отходов выделенного глинистого осадка из взвешенных илисто-глинистых частиц и пустых галечных пород для дальнейшего их промышленного использования

**Ключевые слова:** россыпь; золото; глина; галя; содержание ценного компонента; технологические потери; промывка; дезинтеграция; гравитация; комплексное использование минерального сырья

Compositional analysis of the Au-bearing clay sands from the placer deposits of Yenisei, Yakutia and Transbaikalia, including mineralogy and phase dispersion of cementing clays as well as size-by-size distribution of free gold. Effect of physical and mechanical properties of the clay pellets formed during sand washing on the Au losses with gravel and tailings from the dredge's sluice box is described in the article.

The clay sands were submitted to physical and chemical testing to evaluate their lithological and mineralogical composition. The scope included X-ray diffraction, thermal analysis, X-ray spectroscopy, electron microscopy and petrographic analysis. The dominant minerals of the metal-bearing Yenisei, Yakutia and Transbaikal clay sands are hydromica, montmorillonite and kaolinite.

The key reason for gold losses is pelletization of the free gold unrecoverable in the dredge's gravity operation. There is a direct relationship between gold losses with pellets and washability of the hard-to-treat clay sands.

The resource-saving concept is proposed as to reduce the losses by removing the clay at the head of the process as to avoid it's going to the processing operations. Additionally, the host gangue minerals (clays and barren pebble rocks) can further be used as by-products by different industries. The recommendations were provided on further industrial use of the wastes obtained by separation of the clay precipitate from the suspended silty-clay particles and barren pebble rocks

**Key words:** placer; gold; clay; galya; content of a valuable component; technological losses; washing; disintegration; gravity; integrated use of mineral raw material

**В**ведение. Впервые промышленная разработка россыпей в России началась после открытия на Урале в 1814 г. Л. И. Брусициным свободного россыпного золота. Следует подчеркнуть, что следы на рудное золото были встречены ранее, в XVII в., в Минусинской тайге, Алтае, Забайкалье [3].

Глинистые металлоносные пески, как особый вид труднообогатимого минерального сырья, получают в последнее время, в связи с обработкой легкообогатимых россыпей, всё больше промышленное использование. Предлагаемые способы разработки и переработки глинистых песков осуществляются с использованием мощной землеройной и обогатительной техники [2]. Принципиальная развёрнутая технологическая схема обогащения и переработки глинистых золотосодержащих песков представлена на рис. 1.

Особенность глинистых золотосодержащих песков заключается в том, что песчано-галечные отложения в них сцементированы различным количеством глины. Они относятся к особому виду полиминерального сырья, представленного, кроме свободного золота, различными ценными минеральными комплексами. Основное количество ценных компонентов в них сосредоточено в чёрных и серых шлихах [2]. Характерно, что в глинистых металлоносных песках наблюдается большое количество нерудного минерального сырья гали и глинистых пород.

В связи с чётко проявляемой тенденцией сокращения объёмов золотодобычи из легкопромывистого и легкообогатимого минерального сырья в последнее время всё большее промышленное значение начинают получать глинистые золотосодержащие металлоносные пески. Однако для их дальнейшего вовлечения в переработку требуется специальная комплексная оценка возможности использования вмещающих минеральных комплексов, представленных наряду со

свободным золотом нерудными минералами [4; 10]. Поэтому потребовалось применить комплекс физико-химических исследований глинистых технологических проб [1], отобранных на ранее отработанных объектах дражных полигонов ПО «Енисейзолото», ПО «Якутзолото», ПО «Забайкалзолото». В дальнейшем при анализе полученных данных в работе использована следующая аббревиатура: Енисей, Якутия, Забайкалье.

Выполненная оценка технологических проб по известным критериям обогатимости металлоносных песков позволила заключить, что золотосодержащие глинистые пески относятся к труднообогатимым [2] с наличием в них вязкой, а иногда исключительно вязкой глины (табл. 1). При этом в технологических пробах наблюдалось значительное количество мелких классов крупности золота (-0,315 мм), ранее не уловленного гравитационными аппаратами на драгах [3; 7]. Причём содержание глинистой фракции класса -0,05+0,05, -0,005 мм, выделенной на специальном аппарате для лабораторных исследований [8], составило (по данным табл. 1): алеврита – 23...65,7 %, пелита – 22,7...30 %. В металлоносных песках зафиксировано значительное количество мелких классов крупности золота (табл. 1).

Поскольку главнейшим фактором, определяющим технологические потери золота, являются физико-химические свойства вмещающих глин, дополнительно проведено исследование их литолого-минералогического состава. Для проведения минералогических исследований глин использован комплекс методов, включающий рентгенофазовый и термический анализы, инфракрасную спектроскопию [1], электронную микроскопию и петрографический анализ. Результаты химического и минерального состава глинистой фракции (меньше 0,001 мм, %) представлены в табл. 2, 3.

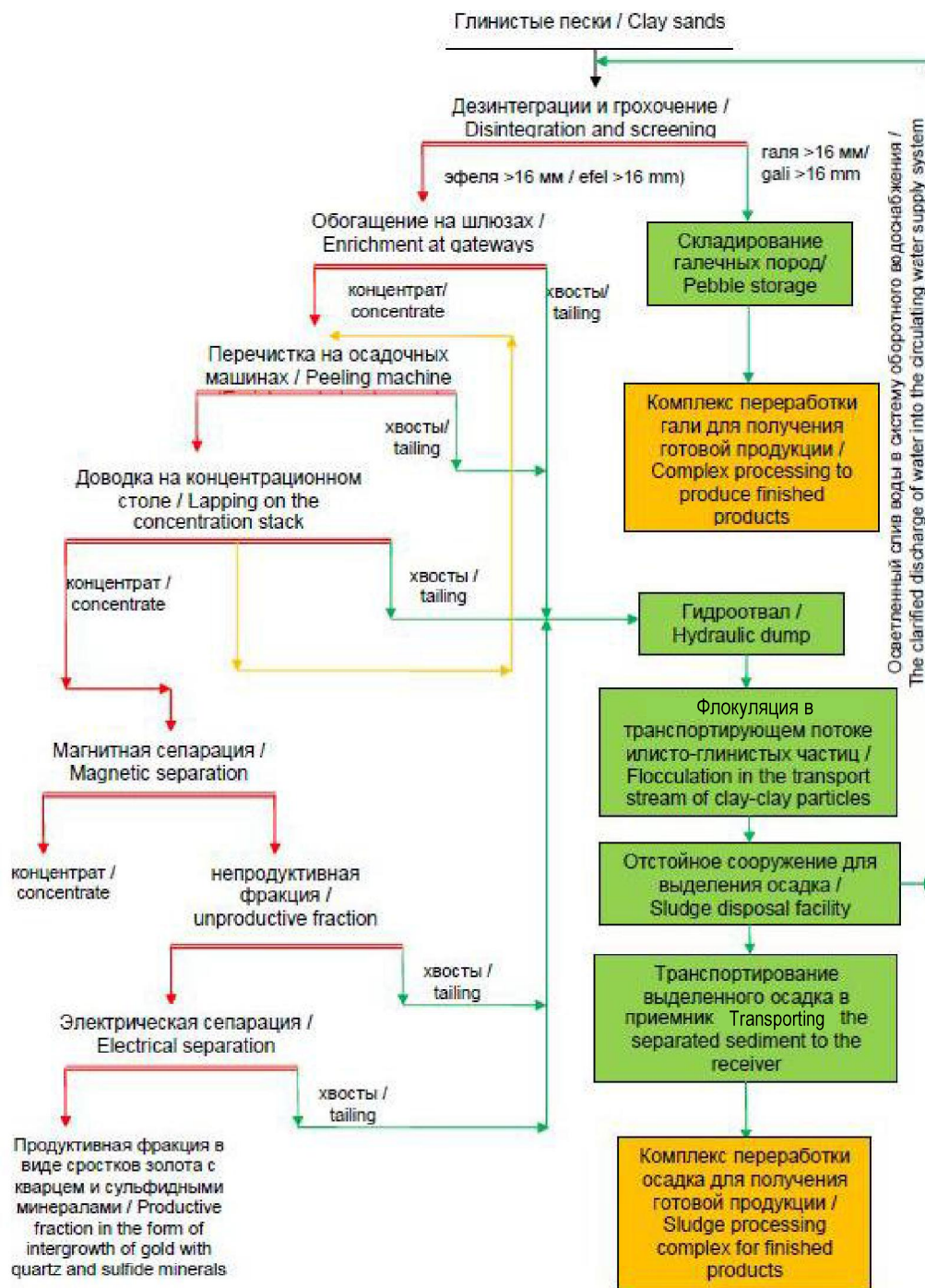


Рис. 1. Принципиальная развёрнутая технологическая схема обогащения и переработки глинистых золотосодержащих песков / Fig. 1. The principle detailed technological scheme of clay-containing gold sands' enrichment and processing

Таблица 1 / Table 1

Гранулометрический состав свободного золота и глинистой фракции песков (алеврит, пелит) /  
Granulometric composition of free gold and clay fraction of sands (aleurite, pelit)

Номер усреднённых отобранных проб / Number of averaged sampled	Распределение золота по классам крупности, мм / Gold distribution by size class, mm					Гранулометрический состав глинистой фракции, % / Granulometric composition of clay fraction, %	
						алеврит / aleurite	пелит / pelit
	+1,0	-1,0+0,5	-0,5+0,2	-0,2+0,15	-0,15	-0,05+0,005	-0,005
1	4,20	39,10	26,90	23,70	6,10	65,66	28,34
2	4,57	37,63	34,53	21,31	1,96	51,66	28,34
3	35,20	13,10	52,40	0,90	2,80	67,33	22,67
4	20,80	14,70	40,40	23,50	0,60	23,10	30,00

Таблица 2 / Table 2

Результаты химического анализа / Chemical analysis results

Номер пробы / Sample number	ППП / (PPP)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Сумма / Sum
1	6,52	62,40	17,87	-	8,38	2,22	2,53	0,23	0,24	100,30
Фракция (<0,001 мм) / Fraction (<0,001 mm)	9,76	48,05	22,11	-	13,49	2,30	3,71	0,40	0,30	100,13
2	6,58	61,22	16,43	-	10,62	1,64	1,37	1,14	1,24	100,27
Фракция (<0,001 мм) / Fraction (<0,001 mm)	8,52	42,26	20,54	-	13,41	9,10	3,02	1,32	1,30	99,47
3	7,56	61,92	23,30	-	2,55	1,36	1,12	0,72	1,15	100,21
Фракция (<0,001 мм) / Fraction (<0,001 mm)	8,28	51,34	30,96	-	2,35	1,92	1,95	1,05	1,25	99,89
4	7,08	62,40	17,78	-	6,96	2,23	2,59	0,4	0,54	99,98
5	10,34	47,92	21,61	-	12,66	2,43	3,68	0,48	0,82	99,80

Таблица 3 / Table 3

Минеральный состав глин / Mineral composition of clay

Номер пробы / Sample number	Аморфная SiO <sub>2</sub> / Amorphous SiO <sub>2</sub>	Свободная SiO <sub>2</sub> / Free SiO <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>	Минералы Коллоиды / Mineraly kolloids	Гидрослюда / Hydroglist	Основной породообразующий минерал / Main rock-forming mineral
1	1,07	6,30	2,02	19,37	6,00	65,27
2	1,20	4,00	14,56	18,92	17,00	44,32
3	2,00	3,40	0,61	4,27	15,00	74,76

Путём комплексного исследования вмещающих глин металлоносных песков Енисея, Якутии, Забайкалья установлено, что они относятся к полиминеральным, основным минералом которых является гидрослюда с различным количеством монтмориллонита и каолинита. Реже в глинистых песках встре-

чаются разновидности глин монтмориллонито-гидрослюдистого типа с примесью галлуазита и каолинита. Выявленные разновидности минерального состава вмещающих глин золотосодержащих песков по другим регионам россыпной золотодобычи дополнительно представлены в табл. 4.

Таблица 4 / Table 4

Преобладающий глинистый минерал и зафиксированное среднее значение пластичности глин / Predominant clay mineral and fixed average clay plasticity

Регион золотодобычи / Gold mining region	Преобладающий минерал глин в золотосодержащих песках / Predominant clay mineral in gold sands	Среднее значение параметра пластичности глин / Average value of the clay plasticity parameter)
Амур / Amur	Гидрослюда / Hydroglist	23,5
Якутия / Yakutia	Гидрослюда, галлуазит / Hydroglist, halloysite	17,1
То же / Same	Гидрослюда, каолинит, серицит / Hydroglist, kaolinite, sericite	17,5
—  —	Гидрослюда, каолинит, бейделлит / Hydroglist, kaolinite, beidelite	20,8
Западная Сибирь / Western Siberia	Гидрослюда, серицит / Hydroglist, sericite	17,2
То же / Same	Гидрослюда, серицит / Hydroglist, sericite	17,2

Экспериментально подтверждено, что определяющим фактором числа пластичности глин являются их физико-химические свойства, а процесс коагуляции взвешенных глинистых частиц в технологической воде зависит от электрокинетического потенциала (электростатической теории ДЛФО) [12]. При этом численное значение замеренного электрокинетического потенциала на границах раздела фаз «твёрдое-жидкое» глинистой пульпы лежит в диапазоне значений 17,4...38,4 мВ.

Обработкой экспериментальных данных, полученных на объектах россыпной золотодобычи Енисея, Якутии, подтверждено, что к основным факторам, определяющим уровень технологических потерь, относятся общее содержание глины в исходных песках и частный выход мелких классов крупности золота -0,315 мм и -0,25 мм. При этом подтверждено, что мелкое пластинчатое «плавучее» золото класса -0,1 мм полностью не извлекается в потоке воды, текущей по наклонной плоскости. Ранее вывод о переносе в турбулентных потоках воды плавучего золота сделан отечественными и зарубежными исследователями [2; 13; 14] путём анализа отобранных проб в прилегающих водотоках ниже горных работ.

Установлено, что технологические потери золота в основном обусловлены за счёт накатывания поверхностью глинистых окатышей свободных золотин при промывке и дезинтеграции песков. Причём технологические потери золота с эфельной фракцией на обогатительных аппаратах начинают про-

являться уже при содержании глины в песках более 20 %. Цементированные глиной минеральные фракции поступают в гравитационные аппараты в виде комочков округлой формы, обволакивая липкой поверхностью глинистых частиц зёрна золотин, теряемые с хвостами при складировании в отвал. Об этом свидетельствуют данные, полученные другими авторами при повторной отработке дражных полигонов россыпных месторождений [2; 11]. Установлено, что зависимость технологических потерь золота с галей  $P_f$  подчиняется уравнению прямой  $P_f = a + bX$ , где  $a$  – начальная ордината, зависящая от категории промывистости глинистых песков;  $b$  – угол наклона прямой, зависящий от физико-механических свойств глинистых фракций в россыпи;  $X$  – содержание неразмывтой глины с галечными породами в хвостах промывки песков.

Конструктивные недостатки применяемых промывочно-барабанных грохотов и скруббер-бутар наиболее ярко проявляются при промывке высокоглинистых песков (более 50 %). Общие потери металлами с продуктами дезинтеграции и хвостами улавливающих обогатительных аппаратов могут достигать 60 % [2].

Необходимость перевода драг и промывочных приборов на систему оборотного водоснабжения ведёт к росту вязкости пульпы при транспортировании массопотока и, как следствие, снижению скорости падения мелких золотин в ней, что ведёт к дополнительным технологическим потерям ценного компонента, представленного мелкими зёрнами

-0,25 мм. При этом уровень потерь золота определяется физико-химическими свойствами глинистой гидросмеси, а процент потерь ценного компонента на шлюзовых аппаратах определяется соотношением жидкого к твёрдому в пульпе [Там же]. Технологические потери золота на шлюзах удовлетворительно описываются корреляционной параболической зависимостью, на которой чётко проявляется сдвиг средневзвешенного диаметра теряемых зёрен ценного компонента в сторону больших численных значений.

Полученные на объектах россыпной золотодобычи экспериментальные данные и данные других исследователей, например, С. В. Баликова, Г. В. Ширмана [2; 11], позволяют заключить, что проблема дезинтеграции и размыва глинистых пород в транспортно-обогащительных комплексах остаётся нерешённой до сих пор. Поэтому на практике для повышения эффективности размыва и дезинтеграции глинистых песков применяют многооперационные технологические схемы и поточные линии с использованием корытных моек, скруббер-бутар, землесосов и гидромониторов, однако это ведёт к увеличению удельных расходов электроэнергии и снижению производительности транспортно-обогащительных комплексов.

При построении технологических линий переработки глинистых и высокоглинистых песков в первую очередь необходимо реализовать ресурсосберегающую концепцию, предусматривающую полный вывод глины в голову технологического процесса, исключив дальнейшее ее попадание в процесс гравитационного обогащения минералов по плотности. Дальнейшее обогащение предварительно подготовленных металлоносных песков в технологических линиях обогащительных аппаратов следует производить по отдельным классам крупности минеральных фракций. Реализация данной концепции нашла практическое применение в патентнозащищённых технических решениях и заявках на выдачу патентов на предполагаемое изобретение, разработчиком которых является Забайкальский государственный университет [6].

Технологическая оценка комплексности использования глинистых золотосодержащих песков, как полиметаллического сырья, содержащего ценные рудные и вмещающие нерудные минералы, до сих пор практически не проводилась. На сегодняшний день в средствах массовой информации приводятся требования по разработке безотходного (малоотходного) горного производства, в том числе по комплексному использованию шлиховых продуктов, получаемых при доводке концентрата на объектах россыпной золотодобычи [5]. В лабораторных и полупромышленных условиях показана возможность дополнительного получения (кроме золота) других концентратов из чёрных и серых шлихов в процессе доводки металлоносных песков с получением обнадёживающих результатов.

Другому направлению комплексного использования по выделению в осадок модифицированных водорастворимыми полимерами (флокулянтами) илесто-глинистых взвешенных частиц на практике ведения горных работ повезло в большей степени. Данное техническое решение реализовано как природоохранное мероприятие по снижению фильтрации через тело водоудерживающих дамб для предотвращения загрязнения прилегающих водотоков взвешенными илесто-глинистыми частицами [9]. Опытные установки для дозирования водорастворимых флокулянтов в массопотоке транспортно-обогащительных комплексов, образующихся при промывке песков, показали высокую надёжность работы при водоснабжении драг и очистке технологической воды от загрязнения. Эффективность применения природоохранных замкнутых технологических схем с целью предотвращения загрязнения прилегающих водотоков к горным работам подтверждена актами отбора и анализа проб воды контролирующими органами.

Рекомендуемые основные направления использования полученных нерудных продуктов (модифицированного илесто-глинистого осадка и галечных пустых пород) при обогащении глинистых песков представлены на рис. 2, 3.



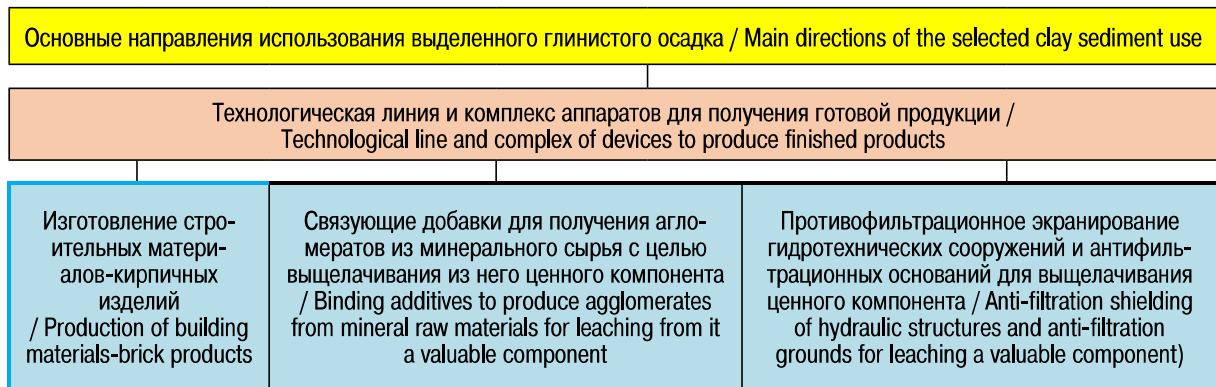


Рис. 2. Основные направления использования модифицированного илисто-глинистого осадка песков для различных отраслей промышленности / Fig. 2. Main directions of the modified silica sandy sediment use for various industries

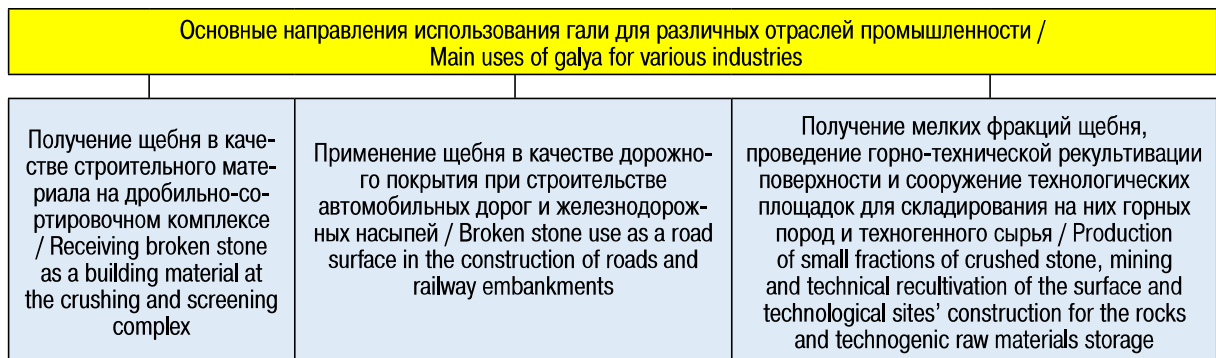


Рис. 3. Рекомендации по промышленному использованию отмытых от глины галечных пород / Fig. 3. Recommendations for the industrial use of pebbled rocks washed from clay

**Заключение.** По нашему мнению, для дальнейшей проработки вопроса комплексности использования вмещающего сырья глинистых золотосодержащих песков требуется проведение укрупнённой технико-экономической оценки технологии получения готовой продукции из вмещающих глин и пустых галечных пород. При этом необходимо дополнительно провести экологическую

оценку влияния заскладированных глинистых и галечных пород на загрязнение компонентов окружающей среды. Это направление работ требует скорейшего разрешения путём создания проектной документации для опытно-промышленных и промышленных производств и дальнейшего испытания выделенных отходов для получения готовой продукции на опытных установках.

#### Список литературы

1. Анашкина Н. Е. Оценка технологических свойств и качества алмазного сырья из россыпей Нижне-Ленского района (Якутия) методом ИК-спектроскопии // X Конгресс обогатителей стран СНГ: сборник материалов. М., 2015. Т. 1. С. 60–63.
2. Баликов С. В., Дементьев В. Е. Золото: свойства. Геохимические аспекты. Иркутск: Иргиредмет, 2015. 327 с.
3. Бордунов С. В., Бордунов В. В., Данилов А. П. Извлечение тонкого золота из техногенного сырья с высоким содержанием глин // X Конгресс обогатителей стран СНГ: сборник материалов. М., 2015. Т. 1. С. 365–368.
4. Бордунов С. В., Бордунов В. В., Данилов А. П. Извлечение тонкого золота из техногенного сырья с высоким содержанием карбонатов // X Конгресс обогатителей стран СНГ: сборник материалов. М., 2015. Т. 1. С. 362–365.

5. Гоосен Е. В., Каган Е. С., Никитенко С. М. Развитие научных основ готовности Российских ресурсов регионов к комплексному освоению недр: количественная оценка // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. 2018. Т. 5, № 1. С. 19–24.
6. Инновационные разработки, предлагаемые к реализации: рекламно-информационный выпуск / ред. С. Ф. Мирошников. Чита: ЗабГУ, 2015. 119 с.
7. Левченко Е. Н., Шихов Н. В. Особенности вещественного состава титан-циркониевых песков месторождения «Центральное» и их влияние на технологию обогащения // *X Конгресс обогатителей стран СНГ: сборник материалов*. М., 2015. Т. 1. С. 446–449.
8. Спиринов В. И., Башлыкова Т. В. Создание геотехнологического центра для разработки наилучших доступных технологий обогащения руд природных и техногенных месторождений // *X Конгресс обогатителей стран СНГ: сборник материалов*. М., 2015. Т. 1. С. 269–272.
9. Субботин Ю. В., Овешников Ю. М., Авдеев П. Б. Водоснабжение драг и очистка технологической воды при разработке россыпи «Средняя Борзя» // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2019. № 2. С. 58–68.
10. Тиунов М. Ю., Богйдаев С. А. Комплексное использование редкометалльных руд // *X Конгресс обогатителей стран СНГ: сборник материалов*. М., 2015. Т. 1. С. 428–429.
11. Ширман Г. В. Влияние криогенной обработки глинистых агрегатов на процесс их дезинтеграции в промывочном барабане // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. 2018. Т. 5, № 1. С. 232–241.
12. Ярыгина А. А., Ермолаев С. В. Обезвоживание осадков, шламов, илов с применением геотубов для решения экологических задач // *X Конгресс обогатителей стран СНГ: сборник материалов*. М., 2015. Т. 1. С. 563–567.
13. Placer gold recovery plants // *Min. Magazine*. 1986. Vol. 154. No. 1.
14. Qu W., Bogena H. R., Huisman J. A., Schmidt M., Kunkel R., Weuthen A., Schiedung H., Schilling B., Sorg J., Vereecken H. The integrated water balance and soil data set of the Rollesbroich hydrological observatory // *Earth Syst. Sci*. 2016. P. 517–529.

## References

1. Anashkina N. Ye. *X Kongress obogatiteley stran SNG: sbornik materialov* (X Congress of the CIS countries' dressers: collected materials). Moscow, 2015, vol. 1, pp. 60–63.
2. Balikov S. V., Dementiev V. Ye. *Zoloto: svoystva. Geokhimicheskie aspekty* (Gold: Properties. Geochemical Aspects). Irkutsk: Irgiredmet, 2015. 327 p.
3. Bordunov S. V., Bordunov V. V., Danilov A. P. *X Kongress obogatiteley stran SNG: sbornik materialov* (X Congress of the CIS countries' dressers: collected materials). Moscow, 2015, vol. 1, pp. 365–368.
4. Bordunov S. V., Bordunov V. V., Danilov A. P. *X Kongress obogatiteley stran SNG: sbornik materialov* (X Congress of the CIS countries' dressers: collected materials). Moscow, 2015, vol. 1, pp. 362–365.
5. Goosen E. V., Kagan E. S., Nikitenko S. M. *Fundamentalnye i prikladnye voprosy gornyh nauk* (Fundamental and applied issues of mining sciences), 2018, no. 1, pp. 19–24.
6. *Innovatsionnye razrabotki, predlagaemye k realizatsii: reklamno-informatsionny vypusk* (Innovative Developments Proposed for Implementation: Advertising and Information Issue) / ed. S. F. Miroshnikov. Chita: ZabGU, 2015. 119 p.
7. Levchenko E. N., Shikhov N. V. *X Kongress obogatiteley stran SNG: sbornik materialov* (X Congress of the CIS countries' dressers: collected materials). Moscow, 2015, vol. 1, pp. 446–449.
8. Spirin V. I., Bashlykova T. V. *X Kongress obogatiteley stran SNG: sbornik materialov* (X Congress of CIS countries' dressers: collected materials). Moscow, 2015, vol. 1, pp. 269–272.
9. Subbotin Yu. V., Oveshnikov Yu. M., Avdeev P. B. *Gornyye informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information and analytical bulletin), 2019, no. 2, pp. 58–68.
10. Tiunov M. Yu., Bogidaev S. A. *X Kongress obogatiteley stran SNG: sbornik materialov* (X Congress of CIS countries' dressers: collected materials). Moscow, 2015, vol. 1, pp. 428–429.
11. Shirman G. V. *Fundamentalnye i prikladnye voprosy gornyh nauk* (Fundamental and applied problems of mining sciences). 2018, vol. 5, no. 1, pp. 232–241.
12. Yarygina A. A., Ermolaev S. V. *X Kongress obogatiteley stran SNG: sbornik materialov* (X Congress of the CIS countries' dressers: collected materials). Moscow, 2015, vol. 1, pp. 563–567.
13. *Min. Magazine* (Min. Magazine), 1986, vol. 154, no. 1.
14. Qu W., Bogena H. R., Huisman J. A., Schmidt M., Kunkel R., Weuthen A., Schiedung H., Schilling B., Sorg J., Vereecken H. *Earth Syst. Sci* (Earth Syst. Sci), 2016, pp. 517–529.



**Коротко об авторах**

*Мязин Виктор Петрович*, д-р техн. наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых и вторичного сырья, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: обогащение полезных ископаемых  
myazinvpchita@mail.ru

*Никоненко Татьяна Владимировна*, аспирант, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: промышленное проектирование  
nikontan@yandex.ru

**Briefly about the authors**

*Victor Myazin*, doctor of technical sciences, professor, head of Mineral and Secondary Raw Materials department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: mineral processing

*Tatyana Nikonenko*, postgraduate, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: industrial design

**Образец цитирования**

*Мязин В. П., Никоненко Т. В. Технологическая оценка обогатимости и комплексности использования глинистых золотосодержащих песков (на примере россыпей Енисея, Якутии, Забайкалья) // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 5. С. 28–36. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-5-28-36.*

*Myazin V. P., Nikonenko T. V. Metallurgical evaluation of gold-bearing clay sands washability and efficient use (placer deposits of Yenisei, Yakutia and Transbaikal) // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no. 5, pp. 28–36. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-5-28-36.*

Статья поступила в редакцию: 02.04.2019 г.

Статья принята к публикации: 13.05.2019 г.