

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ И ОТХОДОВ

RECYCLING OF MAN-MADE MINERAL FORMATIONS AND WASTE

ISSN 1995-2732 (Print), 2412-9003 (Online)

УДК 622.271.1

DOI: 10.18503/1995-2732-2022-20-3-64-76



ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ВОВЛЕЧЕНИЯ В РАЗРАБОТКУ ОТВАЛОВ РОССЫПНОЙ ЗОЛОТОДОБЫЧИ

Дорош Е.А.¹, Тальгамер Б.Л.²

¹ ООО «СибЗолото», Иркутск, Российская Федерация

² Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Актуальность. В настоящее время одним из важнейших направлений в горнодобывающей промышленности страны является добыча золота, значительная часть которого добывается из россыпных месторождений (26-31%) [1]. Структура и качество запасов россыпного золота ухудшаются, растёт роль техногенных образований. За долгие годы эксплуатации россыпных месторождений накопилось большое количество отвалов, полученных в результате промывки песков, часть из которых может быть рентабельно отработана [2-8]. Следует отметить, что в литературе проблеме рентабельного освоения низкопродуктивных россыпей уделяется крайне мало внимания и существуют мнения, что подобные россыпи уже на современном этапе не могут рассматриваться как существенные источники золотодобычи [9]. **Цель работы.** В статье рассматривается задача вовлечения в эксплуатацию продуктивных отвалов, решение которой направлено в первую очередь на экономически эффективную разработку запасов данной группы. **Методы исследования.** Анализ и сравнение наиболее распространённых способов разработки россыпных месторождений и оценка их пригодности для вовлечения в эксплуатацию отвалов с учётом рационального недропользования, экономической эффективности и снижения негативного влияния на окружающую среду. **Результаты.** В работе выполнен анализ эффективности существующих способов разработки россыпных месторождений в контексте их пригодности для рентабельного освоения отвалов. Представлены решения, позволяющие рационально и рентабельно вовлекать в разработку данную группу запасов. Указаны рекомендации по усовершенствованию горного оборудования. **Выводы.** На современном этапе россыпной золотодобычи в России вовлечение в разработку месторождений с низким качеством запасов является реальной задачей, для решения которой изложен имеющийся опыт работ, представлены приемлемые технологические схемы с расчётом ориентированного экономического эффекта.

Ключевые слова: россыпные месторождения, отвалы, открытый способ разработки, мобильные промывочные приборы

© Дорош Е.А., Тальгамер Б.Л., 2022

Для цитирования

Дорош Е.А., Тальгамер Б.Л. Обоснование рациональных способов вовлечения в разработку отвалов россыпной золотодобычи // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2022. Т. 20. №3. С. 64-76. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2022-20-3-64-76>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

RATIONALE FOR FEASIBLE WAYS OF INVOLVING DUMPS OF PLACER GOLD MINING IN THE DEVELOPMENT

Dorosh E.A.¹, Talgamer B.L.²

¹ LLC SibZoloto, Irkutsk, the Russian Federation

² Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, the Russian Federation

Abstract. Relevance. Currently, one of the most important areas in the Russian mining industry is gold mining, whose significant part is attributed to placer deposits (26-31%) [1]. The structure and quality of placer gold reserves are deteriorating, and the role of technology-related formations is growing. Over the long years of exploitation of placer deposits, a large number of dumps have been accumulated as a result of sand washing; some of them can be profitably processed [2-8]. It should be noted that literature gives extremely little focus on the problem of profitable development of low-productive placers, and there are opinions that such placers cannot be considered as significant sources of gold mining even at the present stage [9]. **Objectives.** The paper deals with the problem of bringing productive dumps into operation, and the solution is aimed primarily at the cost-effective development of the reserves of this group. **Research methods.** Analysis and comparison of the most common methods for the development of placer deposits and assessment of their suitability for the involvement in the operation of dumps, taking into account feasible subsoil use, economic efficiency and reducing the negative impact on the environment. **Results.** The paper analyzes efficiency of existing methods for the development of placer deposits in the context of their suitability for the cost-effective development of dumps. The authors presented solutions that contribute to reasonable and cost-effective involvement of this group of reserves in the development. The paper presents recommendations for the improvement of mining equipment. **Conclusions.** At the present stage of placer gold mining in Russia, deposits with low quality reserves can be involved in the development, factoring into the presented available work experience, and acceptable process flow charts with the calculation of the approximate economic effect.

Keywords: placer deposits, dumps, open pit mining, mobile washing facility

For citation

Dorosh E.A., Talgamer B.L. Rationale for Feasible Ways of Involving Dumps of Placer Gold Mining in the Development. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2022, vol. 20, no. 3, pp. 64-76. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2022-20-3-64-76>

Введение

Разработка россыпных месторождений золота насчитывает не один десяток лет. За этот период были отработаны сотни месторождений различными способами (мускульным, гидравлическим, подземным, дражным, открытым раздельным). Результатами отработки предшественников помимо добытого золота оказалось возникновение многочисленных техногенных месторождений. Причиной возникновения этих месторождений послужили потери песков и золота, возникающие в процессе разработки запасов.

На сегодняшний день существует множество классификаций техногенных месторождений [10-13], при этом наиболее распространено расширенное толкование термина «техногенная россыпь», по которому к техногенным запасам относятся остаточно-целиковые и отвальные их разновидности. Наиболее ценными для освое-

ния являются остаточно-целиковые запасы, качество которых, как правило, не сильно уступает запасам, отработанным при первичной эксплуатации месторождения [14, 15]. В настоящее время разрабатывается значительное количество таких россыпей.

Качество техногенных образований, представленных хвостами обогащения и отвалами вскрыши, значительно хуже. Причина тому ограниченное количество технологических потерь, возникших при первичной разработке россыпи, а также низкое содержание ценных компонентов в торфах. К основным факторам, определяющим потери при промывке песков, большинство исследователей относят гранулометрию и морфологию металла, промывистость песков, применяемые при промывке технические средства [14, 15]. В отдельных случаях на технологические потери заметное влияние оказывает мерзлота. При больших технологических потерях техногенная рос-

сыпь представлена галечными и эфельными отвалами, оставшимися после промывки. Потери песков при вскрышных работах возникают при удалении торфов, лежащих на кровле пласта, а также на россыпях, в которых преобладают рассредоточенный и пропластковый типы распределения золота в вертикальном разрезе. В этих случаях техногенная россыпь представлена вскрышными отвалами. Качество продуктивных отложений отвального комплекса техногенной россыпи, как правило, хуже даже остаточно-целиковых запасов, оставленных после первичной разработки. Поэтому техногенные россыпи, представленные только отвальным комплексом, эксплуатируются гораздо реже.

Вместе с тем в условиях стремительного исчезновения сырьевой базы россыпного золота решение задач, направленных на эффективное вовлечение в разработку техногенных образований, является перспективным направлением.

Из анализа публикаций, связанных с разработкой техногенных запасов, представленных отвалами, следует, что большинство трудов посвящено вопросам обогащения, в основном связанным с извлечением мелкого и тонкого золота (далее – МиТЗ) [16-22]. Это действительно актуальная тема, решение которой поможет рентабельно разрабатывать объекты, на которых значительная часть запасов (не только техногенных) содержит МиТЗ. Фактически в отвалах находится не только МиТЗ [23, 24], и роль этой категории при освоении техногенных запасов преувеличена. На примере эксплуатации техногенных запасов месторождения верхнего течения реки Хомолхо (Бодайбинский р-н, Иркутская обл.) с помощью обогатительного отсадочного комплекса «Труд-12 М» количество мелкого золота фракции минус 0,5 мм (свободное + связанное) в общем балансе добытого не превышает 0,3% [25, 26].

В то же время публикаций, направленных на изыскание эффективных технологий ведения горных работ при разработке техногенных образований, практически не встречается. Однако, если сократить количество эксплуатационных затрат, часть объектов с определенным качеством сырья можно разрабатывать вполне рентабельно.

Горно-геологические и горнотехнические условия, влияющие на разработку отвалов

На разработку отвалов влияет достаточно много горно-геологических и горнотехнических условий, основные из которых приведены ниже:

1) Качество запасов. К качественным характеристикам, оказывающим ключевое влияние на разработку отвалов россыпной золотодобычи, относятся: среднее содержание металла, гранулометрические характеристики золота и песков, пробность ценного компонента. Среднее содержание и пробность определяют возможный экономический эффект от промышленного освоения запасов и напрямую влияют на обоснование технологии разработки. Гранулометрические характеристики песков и золота влияют на выбор технологии обогащения.

2) Гидрогеологические условия. Отвалы могут быть обводнены в различной степени либо полностью находится под водой. Всё это влияет на обоснование способов и технологии вовлечения их в разработку.

3) Мерзлотные условия. Возможно различное поражение отвалов мерзлотой: сезонная мерзлота, частичное поражение мерзлотой, полное промерзание отложений. Наличие мерзлоты зачастую является определяющим фактором при оценке пригодности отвалов к промышленному освоению, так как подготовка пород к выемке может значительно удорожить и усложнить процесс производства горных работ.

4) Структура и залегание запасов. Подавляющее большинство отвалов имеют сложную структуру и по сложности геологического строения относятся к 4-й группе [28]. Отвалы с содержанием ценного компонента, как правило, залегают на земной поверхности и часто перекрыты слоем пустых пород.

5) Первичный способ разработки россыпи. Немаловажное влияние оказывает и первичный способ разработки россыпи. Например, если россыпь изначально разрабатывалась дражным способом и отвалы расположены в выработанном пространстве, обводнены, примыкают к остаточно-целиковым запасам, то их экономически эффективнее будет разрабатывать дражным способом. Полученные в результате открытой и подземной разработки отвалы, находящиеся на земной поверхности либо перекрытые отложениями, рациональнее разрабатывать открытым способом.

Горные работы при освоении отвалов россыпной золотодобычи и проблематика их рентабельного освоения

В зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий отвалы россыпной золотодобычи в настоящее время разрабатывают открытым и дражным способами.

Примеров повторной разработки россыпей драгами довольно много и опыт повторной эксплуатации отвалов в целом положительный [2]. При повторной дражной разработке отвалов двумя драгами в Забайкалье добывалось 34-60% золота от первоначально добытого [29]. Среднее извлеченное содержание золота при отработке дражных отвалов в Ленском золотоносном районе составило 45% [30]. При повторной дражной разработке алмазоносных россыпей в течение семи лет добывалось в среднем 40-50% от первоначального добытого количества полезных ископаемых [31]. Следует заметить, что не все результаты повторного драгирования были положительными. Например, была остановлена драга №115 при повторной разработке «Васильевского» дражного полигона (река Бодайбо) из-за низких содержаний золота [15].

Из опыта дражной эксплуатации техногенных россыпей следует, что себестоимость добычи металла при повторном драгировании значительно ниже по сравнению с освоением целиковых запасов. Последнее связано с резким сокращением объемов горнодобывающих и гидротехнических работ, а также увеличением промывистости полезного ископаемого [32].

Несмотря на свою эффективность, дражный способ разработки характеризуется высокими потерями полезного ископаемого и меньше всего отвечает критериям рационального недропользования. Областью применения дражного спо-

са при разработке техногенных образований являются в основном отработанные ранее дражные полигоны, на которых разрабатываются не только отвалы, но и межшаговые, бортовые и межшововые целики, а также оставленные приплотиковые отложения. Технология повторной разработки техногенных отвалов дражным способом достаточно апробирована, и специалистами представлено значительное количество эффективных технологических схем [33-36], поэтому в рамках данной работы дражный способ не рассматривается.

Примеров разработки отвалов россыпной золотодобычи открытым раздельным способом также много. Имеется положительный и отрицательный опыт вовлечения данной группы запасов в разработку.

Если с параметрами и технологией драгирования при повторной разработке полигонов ситуация относительно понятная, то с разработкой отвалов открытым способом всё не так однозначно. На основании имеющихся данных можно сделать вывод, что отвалы, как правило, разрабатываются так же, как и целиковые участки, – открытым способом по транспортной схеме. Связано это с тем, что задействованное обогатительное оборудование, используемое на россыпях, недостаточно мобильное. Наиболее часто используемая технологическая схема при разработке отвалов и задействованное оборудование представлены на **рис. 1**.



Рис. 1. Технологическая схема разработки отвалов россыпной золотодобычи открытым способом
Fig. 1. A process flow chart for the open pit mining of dumps of placer gold mining

Из **рис. 1** видно, что при разработке отвалов по данной схеме будет задействовано следующее оборудование в количестве: 1-2 средних или тяжелых бульдозера, 2 экскаватора или погрузчика, 1 обогатительный комплекс, 2 автосамосвала или погрузчика. Количество техники достаточно большое, а значит, и эксплуатационные затраты тоже значительные.

При грамотном руководстве горными работниками специалистам иногда удается упростить технологический цикл и сократить количество задействованной техники (а значит, и затраты). При определённом качестве сырья это даёт положительный эффект, и объекты разрабатываются рентабельно. Вместе с тем большинство отвалов имеет очень низкое качество запасов, бедные и убогие содержания ценного компонента [14, 15], поэтому технологии, применяемые при разработке целиковых россыпей, не позволяют так же рентабельно вовлекать отвалы в промышленное освоение.

Вовлечение отвалов в эксплуатацию осложняется спецификой разработки небольших и средних техногенных россыпей: ограниченное количество запасов, короткий срок эксплуатации, различное качество песков на одном и том же участке работ, сложные горно-геологические и горнотехнические условия, сезонность работ, непростая логистика на удалённых участках. В этих условиях недропользователь начинает работы, как правило, уже имея комплект оборудования. Техника, как правило, не всегда подобрана рационально и имеет значительный износ [37]. Недропользователь не всегда располагает большим объемом свободных средств, позволяющим обновить или дополнить парк техники. В работе используют наиболее гибкие и проверенные опытом способы – бульдозерный и экскаваторно-авто-транспортный [37]. Это дает возможность рентабельно (не всегда) разрабатывать целиковые россыпи, однако не позволяет вовлекать в разработку отвалы с низким качеством запасов.

Обоснование рациональных способов вовлечения в разработку техногенных отвалов

Из вышесказанного становится понятно, что для рентабельного освоения запасов, находящихся в отвалах, необходимо сократить затраты, модернизируя технологический процесс. Одним из вариантов решения данной задачи является исключение из основных технологических процессов достаточно затратную доставку песков на промывку, используя мобильные промывочные приборы. Использование мобильных промывоч-

ных приборов позволит сократить затраты на технологический процесс и разрабатывать отложения с более низким содержанием золота.

На **рис. 2** представлен пример технологической схемы разработки техногенного отвала с использованием мобильного промывочного прибора. По данной схеме работ возможно разрабатывать преимущественно талые необводнённые отвалы, со средним и крупным золотом. Экскаватор 2 осуществляет экскавацию и погрузку продуктивных отложений отвала 1 в приёмный бункер мобильного промприбора 4, на котором происходит процесс обогащения. На уборке эфелей 6 и разваловке гали 5 задействован бульдозер 8, который, помимо этого, являясь многофункциональной машиной, выполняет горно-подготовительные работы (ГПР), вспомогательные работы, строительство гидротехнических (ГТС) и инженерных сооружений (альтернативой бульдозеру для уборки хвостов промывки может послужить фронтальный погрузчик или экскаватор). Обеспечение электричеством промприбора и насоса 11 происходит от ДЭС 7 с использованием кабеля 10. Обеспечение промприбора водой осуществляется от насоса по гибкому водоводу 9, забор воды насосом происходит из илоотстойника 12, расположенного в выработанном пространстве.

Главным преимуществом и одновременно недостатком данной технологической схемы является отсутствие автотранспорта. Объем продуктивных отложений, разработанный с одной стоянки промприбора, будет зависеть от максимальных радиусов черпания и разгрузки экскаватора 3 (см. **рис. 2**). В связи с этим при работе по данной схеме предпочтительнее использовать модели экскаваторов с большими параметрами рабочего оборудования, что позволит экскаватору разрабатывать отвал с кровли и осуществлять нижнюю погрузку в бункер (что для обратной межлопаты предпочтительнее). Промприбор в данной схеме стоит располагать так, чтобы сократить время поворота экскаватора при погрузке.

По представленной на **рис. 2** схеме возможно разрабатывать отвалы, породы которых поражены мерзлотой. В этом случае бульдозер 8 будет задействован на горно-подготовительных работах (рыхлении мерзлых отложений отвала и формирование бурта оттаявших пород для дальнейшей экскавации). Этот неблагоприятный фактор может значительно увеличить затраты на разработку, а при низком качестве запасов сделать её нерентабельной.

В **табл. 1** представлены результаты расчётов основных эксплуатационных затрат на добычные работы по описанной технологической схеме (см. **рис. 2**).

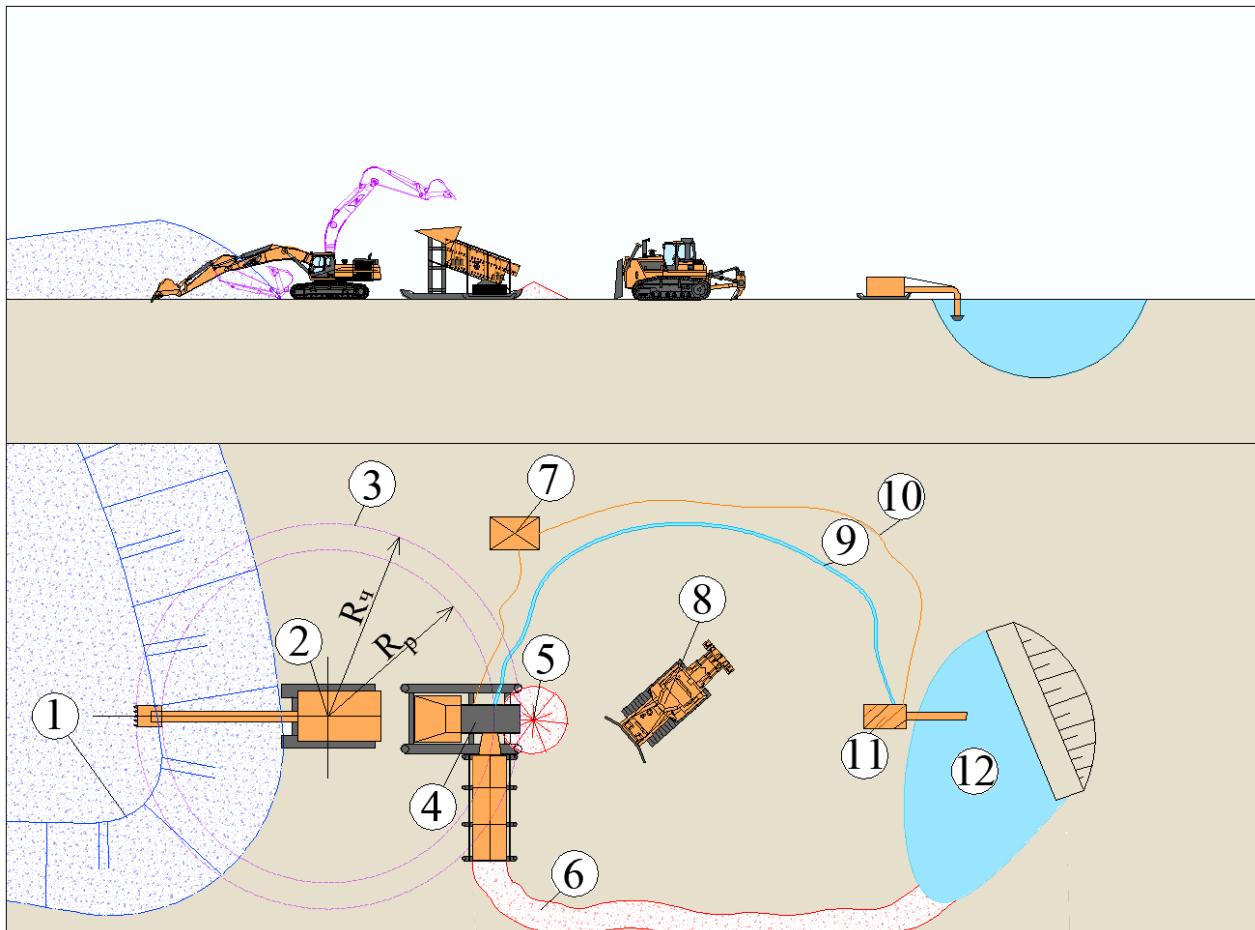


Рис. 2. Технологическая схема разработки отвала с использованием мобильного промывочного прибора:
 1 – отвал; 2 – экскаватор; 3 – радиусы черпания и разгрузки экскаватора; 4 – мобильный промывочный прибор; 5 – галя; 6 – эфель; 7 – ДЭС; 8 – бульдозер; 9 – гибкий водовод; 10 – кабель; 11 – насос; 12 – илоотстойник

Fig. 2. A process flow chart for the development of the dump using the mobile washing facility: 1 is a dump; 2 is an excavator; 3 are digging and unloading radii of the excavator; 4 is mobile washing facility; 5 is pebbles; 6 are dredging tailings; 7 is a diesel power station; 8 is a bulldozer; 9 is a flexible conduit; 10 is a cable; 11 is a pump; 12 is a silt-settling tank

Таблица 1. Результаты расчётов основных эксплуатационных затрат на добывчные работы с использованием мобильного промывочного прибора

Table 1. Results of calculations of main operating costs for mining operations using the mobile washing facility

Вид работ/ расходов	Оборудование	Модель оборудования	Производительность оборудования (суточная), м ³ /сут	Суточная себестоимость эксплуатации, руб./маш. сут	Себестоимость работ, руб./м ³
Экскавация, загрузка песков в промприбор	Экскаватор	CAT 336 BL	2000	45000	22,5
Промывка песков	Промывочный прибор	На базе грохота ГИТ 42	2000	40000	20,0
Электрообеспечение		ДЭС	АД-100		
ГПР, ГТС, инженерные, вспомогательные	Бульдозер	Komatsu D-375	–	80000	–
Затраты на основные технологические процессы (добывчные работы)				165000	82,5

Примечание. Производительность оборудования и суточная себестоимость эксплуатации экскаватора CAT 336 BL, промприбора на базе грохота ГИТ 42 представлены по фактическим данным работы ООО «СибЗолото». Данные по бульдозеру Komatsu D-375 взяты из статьи [38].

По схеме на **рис. 2** затраты на добывчные работы составили 82,5 руб./м³. Если работать по наиболее распространённой схеме (см. **рис. 1**) с использованием стационарного промприбора и автотранспорта для перевозки продуктивных отложений отвала (+ 4 КамАЗа), затраты составят 148,5 руб./м³, что на 80% сделает разработку дороже. На основе представленных расчётов можно утверждать, что в зависимости от количества используемого оборудования, его модельного ряда, дальности транспортирования пород, горнотехнических условий транспортный способ разработки будет затратней в среднем на 40-120%. Минимальное промыщенное содержание россыпного золота в отвале, рассчитанное по известным формулам [39], при работе по предложенной технологической схеме (см. **рис. 2**) будет зависеть от множества факторов и колебаться в пределах 0,080-0,250 г/м³.

На **рис. 3** представлен пример технологической схемы разработки отвала с использованием плавучего промывочного прибора. По данной технологической схеме возможно разрабатывать преимущественно обводнённые талые отвалы, содержащие среднее и крупное золото. Экскава-

тор 2 осуществляет выемку и погрузку продуктивных отложений отвала 1 в приёмный бункер плавучего промприбора 4, на котором происходит процесс обогащения.

Экономический эффект при работе по описанной технологической схеме на **рис. 3** с использованием плавучего промывочного прибора будет сопоставим с предыдущей схемой. Объем продуктивных отложений, разработанный с одной стоянки промприбора, будет зависеть от максимального радиуса черпания и разгрузки экскаватора. В таких условиях выгоднее использовать небольшие драглайны, такие как ЭШ-5/45. Недостатком данной схемы работ является процесс подводного черпания, при котором происходят значительные потери полезного ископаемого, что не отвечает требованиям рационального недропользования.

В данной технологической схеме вместо плавучего промприбора может быть использована модульная драга, которая легко демонтируется и переносится на новые обводнённые участки. Небольшая драга в модульном исполнении (вес менее 200 т) разработана АО «Иргиредмет» и успешно работает в Амурской области [40].

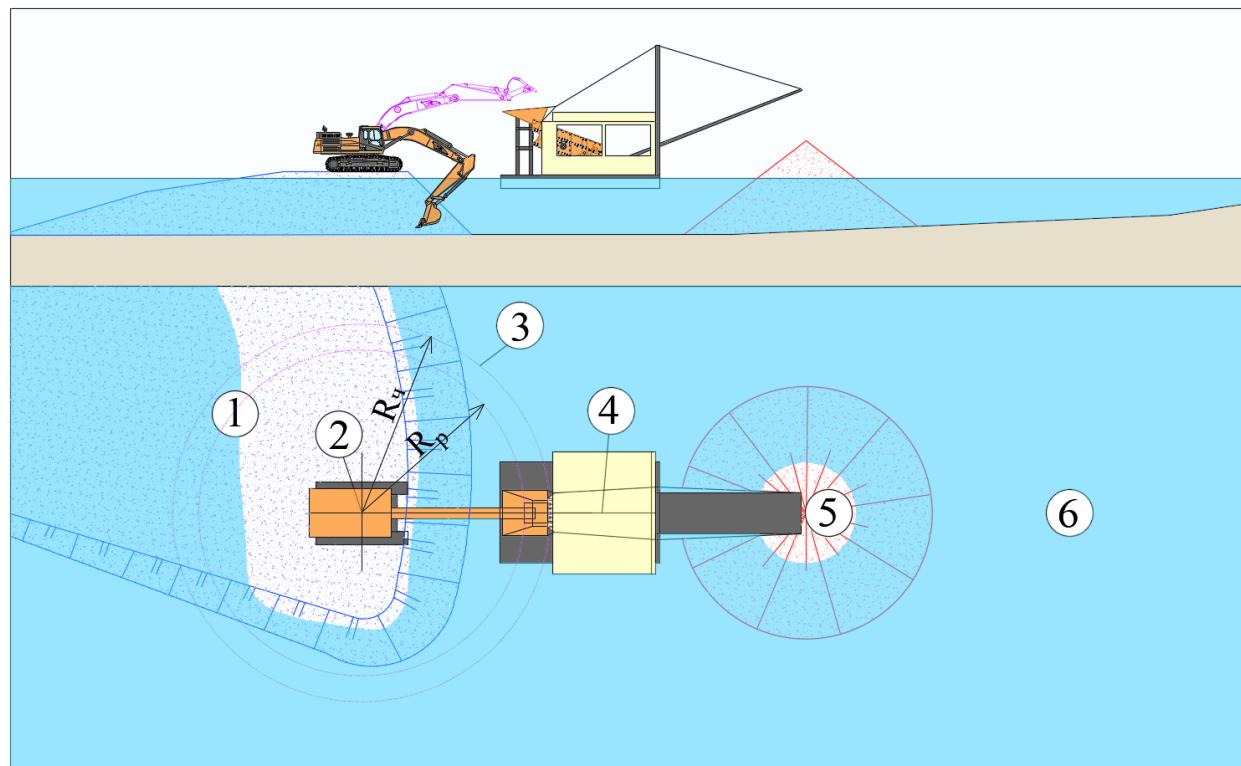


Рис. 3. Технологическая схема разработки отвала с использованием мобильного (плавучего) промывочного прибора: 1 – отвал; 2 – экскаватор; 3 – радиус черпания и разгрузки экскаватора; 4 – плавучий промывочный прибор; 5 – галя-эфельный отвал; 6 – технологический водоем

Fig. 3. A process flow chart for the development of a dump using the mobile (floating) washing facility: 1 is a dump; 2 is an excavator; 3 are digging and unloading radii of the excavator; 4 is mobile washing facility; 5 is a dump of pebbles and dredging tailings; 6 is a process water pool

Представленные технологические схемы (см. **рис. 2, 3**) были известны уже в начале прошлого века и применялись для разработки небольших россыпей с низким качеством сырья, однако широкого распространения в нашей стране не получили. В отечественной литературе имеются публикации, посвящённые мобильным промывочным приборам [41-43]. В настоящее время интересен положительный опыт Российской компании АО «Прииск Соловьевский», использующий на своих участках несколько мобильных промывочных комплексов производительностью 150 м³/ч [44-46]. Так, передвижной промприбор «Шилка» в Забайкальском крае в 2016 г. за сезон промыл 350 тыс. м³, добыв при содержании золота в песках 0,220 г/м³ 78 кг золота в химической чистоте [45].

За границей (Канаде, США, Австралии, Новой Зеландии) достаточно часто использовали и используют подобные решения [47-51]. Положительный опыт использования подобных технологических схем представлен в отчетах о добыче россыпного золота с использованием экскаватора и мобильного (плавучего) промывочного прибора на Юконе (Канада) представителями Forty Mile Placers Inc [47, 48], а также Новозеландской промывочной установки [49].

По различным причинам представленные технологические решения не получили широкого распространения. В настоящее время в связи со значительным ухудшением качества и количества запасов россыпного золота, накоплением больших объемов техногенных образований данные решения позволяют рентабельно вовлечь в разработку значительное количество небольших объектов.

Выводы

1. Техногенно-отвальный комплекс на россыпях отличается низким качеством запасов, сложным геологическим строением, непростыми горнотехническими и горно-геологическими условиями залегания, поэтому вовлечение его в разработку способами и технологиями, используемыми на целиковых отложениях, оказывается, как правило, нерентабельным.

2. На современном этапе россыпной золотодобычи в России при разработке месторождений с низким качеством запасов (в том числе техногенных) актуальна концепция мобильности, которая предусматривает переработку продуктивных отложений на месте их выемки. Отражение концепции должно проявляться в первую очередь в оборудовании, которое должно быть мобильным.

3. Представленные в статье технические решения (см. **рис. 2, 3**) позволяют эффективно разрабатывать небольшие месторождения с низким содержанием золота (0,080-0,250 г/м³), что подтверждается практическим опытом.

Список источников

1. Обзор золотодобывающей отрасли России по итогам 2020 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/ru_ru/topics/mining-metals/ey-gold-surveys/ey-gold-survey-2020.pdf.
2. Чемезов В.В., Тальгамер Б.Л. Техногенные россыпи (образование, оценка, эксплуатация): монография. Иркутск: Издательство ИГТУ, 2013. 239 с.
3. Ковлев И.И. Техногенное золото Якутии. М.: Изд-во Мос. гос. горного ун-та, 2002. 303 с.
4. Ван-Ван-Е А.П. Ресурсная база природно-техногенных золотороссыпных месторождений. М.: Горная книга: Изд-во Мос. гос. горного ун-та, 2010. 268 с.
5. Мирзеханов Г.С. Оценочные критерии ресурсного потенциала техногенных образований россыпных месторождений золота Дальнего Востока России // Вестник Камчатской региональной ассоциации «Учебно-научный центр». Серия: Науки о земле. 2014. № 1 (23). С. 139-150.
6. Литвиненко И.С., Голубенко И.С. Ресурсный потенциал золота в отвальном комплексе отработанных россыпных месторождений Магаданской области // Разведка и охрана недр. 2015. № 5. С. 17-24.
7. Мирзеханов Г.С., Мирзеханова З.Г. Ресурсный потенциал техногенных образований россыпных месторождений золота: монография. М.: Изд-во ООО «МАКС пресс», 2013. 288 с.
8. Мирзеханова З.Г., Мирзеханов Г.С. Отходы россыпной золотодобычи – источник восполнения минерально-сырьевой базы // Материалы IV Международной научной экологической конференции. Краснодар, 2015. С. 618-624.
9. Ван-Ван-Е А.П. Экономические аспекты инвентаризации месторождений полезных ископаемых в рыночных условиях // Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: сб. тр. М.: Изд-во РУДН, 2002. С. 277-279.
10. Мамаев Ю.А., Литвинцев В.С. Классификация техногенных россыпных месторождений // Закономерности строения и эволюции геосфер: сб. ст. Хабаровск, 1996. С. 40-43.
11. Мурзин Н.В., Тальгамер Б.Л. К систематизации техногенных россыпей // Рациональное освоение недр. 2021. № 2. С. 18-23.
12. Совершенствование классификации техногенных минеральных образований / Прохоров Д.О., Кухарь В.Д., Сарычев В.И., Подколзин А.А. // Известия Тульского государственного университета. Серия: Науки о земле. 2021. № 4. С. 501-512.

13. Макаров В.А., Самородский П.Н. Актуальные вопросы оценки и освоения техногенных месторождений золота // Золото и технологии. 2018. № 4. С. 82-96.
14. Тищенко Е.И., Миледин И.В. Разработка программы переоценки техногенных отвалов золотодобычи в Ленском золотоносном районе // Фондовая литература ФГБУ «Росгеолфонд по Иркутской области и Усть-Ордынскому Бурятскому АО» – ФГУПП «ВостСибНИИГГиМС», Иркутск, 2000. Инв. № 16467. 84 с.
15. Коткин В.В., Тищенко Е.И. Прогнозно-поисковые работы по оценке прогнозных ресурсов техногенных отвалов, россыпей с тонким и мелким золотом Ленского горнопромышленного района // Фондовая литература ФГБУ «Росгеолфонд по Иркутской области и Усть-Ордынскому Бурятскому АО» – ФГУПП «Иркутскгеофизика», Иркутск, 2008. Инв. № 17315. 546 с.
16. Актуальные способы отработки техногенных россыпных месторождений золота с технологией извлечения мелкого золота / Прокопьев С.А., Прокопьев Е.С., Кадесников И.В., Черимичкина Н.А. // Науки о Земле и недропользование. 2020. № 4(43). С. 458-466.
17. Иванов П.О., Кадесников И.В. Извлечение мелкого и тонкого россыпного золота винтовыми сепараторами // Золотодобыча. 2021. № 276. С. 19-22.
18. Мовчан А.Ф., Болотин М.Л., Кадесников И.В. Опыт отработки техногенных (эфельных) отвалов россыпного месторождения Юрское, Республика Саха (Якутия) // Золото и технологии. 2020. № 4(500). С. 86-92.
19. Практические результаты внедрения обогатительного модуля с винтовой технологией обогащения на прииске «Нагорный» ООО «АНЖУ» [Электронный ресурс] / Заровняев А.Н., Иванов П.О., Болотин М.Л., Кадесников И.В. // Золотодобыча. 2019. №250. Режим доступа: <https://zolotodb.ru/article/12464>
20. Неронский Г.И., Бородавкин С.И. Способы отработки техногенных россыпей золота // Минералогия техногенеза. 2009. № 10. С. 76-87.
21. Неронский Г.И., Бородавкин С.И. Масштабы россыпей с мелким и тонким золотом и перспективы их освоения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. № S4. С. 518-529.
22. Сурков А.В., Ахапкин А.А. Проблема извлечения мелкого и тонкого золота при освоении россыпей и техногенных отвалов // Цветные металлы. 2003. № 1. С. 13-16.
23. Кавчик Б.К. Оценка ресурсов и запасов золота в техногенных россыпях: отчет о НИР // Фондовая литература ФГБУ «Росгеолфонд по Иркутской области и Усть-Ордынскому Бурятскому АО» – ОАО «Иргиредмет», Иркутск, 2000. Инв. № 16643. 72 с.
24. Кавчик Б.К. Техногенные россыпи с крупным золотом [Электронный ресурс] // Золотодобыча. 2003. № 55. Режим доступа: <https://zolotodb.ru/article/326>
25. Луняшин П.Д. Проблемы отработки техногенных месторождений и неучтённых запасов [Электронный ресурс] // Золото и технологии. 2021. № 3. Режим доступа: <https://zolteh.ru/ekspluatatsiya-mestorozhdeniy/problemy-otrabotki-tehnogennykh-mestorozhdeniy-i-neuchtyennykh-zapasov/>
26. Меледин И.В. Практические результаты по промывке техногенных отвалов прошлых лет в долине реки Хомолх // Золотодобыча. 2010. № 137. С. 22-27.
27. Бенедюк П.Ф., Ерошенко С.И., Бенедюк Т.Ф. Ещё раз о мелком золоте техногенных россыпей на примере месторождения реки Хомолх // Золотодобыча. 2020. № 255. С. 18-21.
28. Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 11 декабря 2006 г. № 278 «Об утверждении Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» / Зарегистрировано в Минюсте РФ 25 декабря 2006 г., Рег. № 8667.
29. Овешников Ю.М., Большаков А.И. Некоторые результаты исследований по полноте отработки россыпных месторождений драгами // Разработка россыпных месторождений. М: Изд-во МГРИ, 1987. С. 67-71.
30. Жученко Е.Т., Тальгамер Б.Л., Жученко Е.Е. К вопросу о дражной разработке техногенных россыпей // Проблемы освоения минеральной базы Восточной Сибири: сб. науч. тр. Иркутск, 2007. С. 5-8.
31. Оценка потерь алмазов при дражной разработке россыпей / Тальгамер Б.Л., Чемезов В.В., Неретин А.В., Дементьев С.А. // Проблемы развития минеральной базы Восточной Сибири: сб. науч. тр. Иркутск, 2003. С. 44-48.
32. Проблемы рационального освоения золотороссыпных месторождений Дальнего Востока (геология, добыча, переработка): монография / Мамаев Ю.А., Ван-Ван-Е А.П., Сорокин А.П., Литвинцев В.С., Пуляевский А.М. Владивосток: Дальнаука, 2002. 200 с.
33. Пат. 2215875 РФ, МКИ E21C 41/30. Способы повторной дражной разработки техногенной россыпи / Жученко Е.Т., Тальгамер Б.Л., Лешков В.Г., Дубинин В.Ф.; заявитель и патентообладатель ИрГТУ; опубл. в Б.И. 2003, Бюл. № 31.
34. А.с. № 1097797 СССР, МКИ E21C 45/00. Способ разработки россыпи в условиях повторного драгирования / Чемезов В.В.; заявитель и патентообладатель АО «Иргиредмет»; опубл. в Б.И. 1984. Бюл. № 22.
35. А.с. № 1263849 СССР, МКИ E21C 45/00. Способ разработки россыпи в условиях повторного драгирования / Чемезов В.В.; заявитель и патентообладатель АО «Иргиредмет»; опубл. в Б.И. 1986. Бюл. № 38.
36. А.с. № 1694901 СССР, МКИ E21C 41/30. Способ дражной разработки россыпных месторождений / Махнев А.Н., Тальгамер Б.Л.; заявитель и патентообладатель ИрГТУ; опубл. в Б.И. 1991. Бюл. № 44.
37. Шемякин С.А., Мамаев Ю.А., Иванченко С.Н. Новые технологии открытой разработки месторождений золота // Золотодобыча. 2010. № 137. С. 22-27.

- рождений. Хабаровск: Приамурское географическое общество, 2003. 129 с.
38. Бабий Ю.А., Москалевич В.И., Пятаков В.Г. Технико-экономические показатели работы горнотранспортного оборудования, определённые на базе данных, полученных дистанционным способом [Электронный ресурс] // Золотодобыча. 2022. Режим доступа: <https://zolotodb.ru/article/12795>
39. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев), утвержденными распоряжением МПР России от 05 июня 2007 г. № 37-р.
40. Пятаков В.Г., Тальгамер Б.Л. Перспективы развития дражного способа разработки россыпных месторождений // Руда и Металлы. 2019. № 12. С. 35-38.
41. Шорохов С.М. Первые советские передвижные золотомойки для экскаваторной разработки россыпей // Советская золотопромышленность. 1935. № 3-4. С. 27-29.
42. Афанасьев П.Ю., Трубников Н.Б. Виток золотой спирали. Благовещенск, 2008. 383 с.
43. Невский Б.В. Плавучая золотомойка в Миндано [Электронный ресурс] // Гипрозолото. Золотая промышленность. 1940. № 5-6. Режим доступа: <https://zolotodb.ru/article/10163>
44. Кавчик Б.К. Новые технологии для россыпной золотодобычи [Электронный ресурс] // Золотодобыча. 2016. № 212. Режим доступа: <https://zolotodb.ru/article/11485>
45. Череменов С.А. Опыт применения мобильных промывочных комплексов, разработанных специалистами АО «Прииск Соловьевский» [Электронный ресурс] // Золотодобыча. 2017. № 220. Режим доступа: <https://zolotodb.ru/article/11610/?page=all>
46. Череменов С.А. Прииск Соловьевский: 150 лет золотодобычи и реалии сегодняшнего дня [Электронный ресурс] // Золотодобыча. 2018. № 230. Режим доступа: <https://zolotodb.ru/article/11843>
47. Authors: Forty Mile Placers Inc, Yukon. Placer Gold Dredging using an Excavator and a Floating Processing Plant // Placer Gold Mining Methods Report (Funded by the Canada/Yukon Economic Development Agreement (YEDA)). 1993. P. 53.
48. Authors: Forty Mile Placers Inc, Yukon. Testing the Viability of Floater Dredging in Frozen Ground // Placer Gold Mining Methods Report (Funded by the Canada/Yukon Economic Development Agreement (YEDA)). 1995. P. 25.
49. Fully detailed account of using a pontoon-based floating New Zealand wash-plant (trommel, hydraulic riffles and rear stacker conveyor), fed by a land-based hydraulic excavator // Placer Gold Mining Methods Report [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.geology.gov.yk.ca
50. Danny Walker. Placer Gold Mining in Mongolia – the New Zealand Way //World Placer Journal. November 2001. Vol. 2. Pp. 26-29.
51. Robin Grayson. BAT – Best Available Techniques for placer gold miners // The Gold Miner's Book. 2017. Pp. 17-28.

References

1. Overview of the gold mining industry in Russia at the end of 2020. Available at: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/ru_ru/topics/mining-metals/ey-gold-surveys/ey-gold-survey-2020.pdf.
2. Chemezov V.V., Talgamer B.L. *Tekhnogennye rossy-pi (obrazovanie, otsenka, ekspluatatsiya): monografiya* [Technology-related placers (formation, evaluation, exploitation): monograph]. Irkutsk: Publishing House of Irkutsk State Technical University, 2013, 239 p. (In Russ.)
3. Kovlekov I.I. *Tekhnogennoe zoloto Yakutii* [Technology-related gold of Yakutia]. Moscow: Publishing House of Moscow State Mining University, 2002, 303 p. (In Russ.)
4. Van-Van-E A.P. *Resursnaya baza prirodno-tehnogennykh zolotorossy-pnykh mestorozhdeniy* [Resource base of natural-technology-related gold placer deposits]. Moscow: Publishing House of Mining Book, Publishing House of Moscow State Mining University, 2010, 268 p. (In Russ.)
5. Mirzekhanov G.S. Evaluation criteria for the resource potential of technology-related formations of placer gold deposits in the Far East of Russia. *Vestnik Kamchatskoy regionalnoy assotsiatsii «Uchebno-nauchny tsentr»*. Seriya: *Nauki o zemle* [Bulletin of Kamchatka Regional Association Educational and Scientific Center. Series: Earth Sciences], 2014, no. 1 (23), pp. 139-150. (In Russ.)
6. Litvinenko I.S., Golubenko I.S. Resource potential of gold in the dump complex of depleted placer deposits of the Magadan Region. *Razvedka i okhrana nedr* [Exploration and Protection of Mineral Resources], 2015, no. 5, pp. 17-24. (In Russ.)
7. Mirzekhanov G.S., Mirzekhanova Z.G. *Resursnyi potentsial tekhnogennykh obrazovaniy rossy-pnykh mestorozhdeniy zolota: monografiya* [Resource potential of technology-related formations of placer gold deposits: monograph]. Moscow: LLC MAKС, 2013, 288 p. (In Russ.)
8. Mirzekhanova Z.G., Mirzekhanov G.S. Wastes of placer gold mining – a source of replenishment of the mineral resource base. *Materialy IV Mezhdunarodnoy nauchnoy ekologicheskoy konferentsii* [Proceedings of the 4th International Scientific Ecological Conference]. Krasnodar, 2015, pp. 618-624. (In Russ.)
9. Van-Van-E A.P. Economic aspects of the inventory of mineral deposits in market conditions. *Resursovospri-izvodyashchie, malootkhodnye i prirodookhrannye tekhnologii osvoeniya nedr: sb. tr.* [Resource-reproducing, low-waste and environmental protection technologies for the development of subsoil assets: Proceedings]. Moscow: Publishing House of Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 2002, pp. 277-279. (In Russ.)

10. Mamaev Yu.A., Litvintsev V.S. Classification of technology-related placer deposits. *Zakonomernosti stroeniya i evolyutsii geosfer: sb. st.* [Regularities of the structure and evolution of geosphere: Collection of papers]. Khabarovsk, 1996, pp. 40-43. (In Russ.)
11. Murzin N.V., Talgamer B.L. To the systematization of technology-related placers. *Ratsionalnoe osvoenie nedr* [Mineral Mining and Conservation], 2021, no. 2, pp. 18-23. (In Russ.)
12. Prokhorov D.O., Kukhar V.D., Sarychev V.I., Podkolzin A.A. Improving the classification of technology-related mineral formations. *Izvestiya Tulskego gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o zemle* [News of Tula State University. Earth Sciences], 2021, no. 4, pp. 501-512. (In Russ.)
13. Makarov V.A., Samorodsky P.N. Currently relevant issues of evaluation and development of technology-related gold deposits. *Zoloto i tekhnologii* [Gold and Technologies], 2018, no. 4, pp. 82-96. (In Russ.)
14. Tishchenko E.I., Miledin I.V. Development of a program for the reassessment of technology-related dumps of gold mining in the Lensky gold-bearing region. *Fondovaya literatura FGBU «Rosgeofond po Irkutskoy oblasti i Ust-Ordynskomu Buryatskomu AO»* [Fund literature of Federal State Budgetary Institution Rosgeofond for the Irkutsk Region and the Ust-Orda Buryat Autonomous Region]. Irkutsk: East Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Raw Materials, 2000, inventory no. 16467, 84 p. (In Russ.)
15. Kotkin V.V., Tishchenko E.I. Predictive and prospecting work on the assessment of the predicted resources of technology-related dumps, placers with thin and fine gold in the Lena industrial and mining region. *Fondovaya literatura FGBU «Rosgeofond po Irkutskoy oblasti i Ust-Ordynskomu Buryatskomu AO»* [Fund literature of Federal State Budgetary Institution Rosgeofond for the Irkutsk Region and the Ust-Orda Buryat Autonomous Region]. Irkutsk: Irkutskgeofizika, 2008, inventory no. 17315, 546 p. (In Russ.)
16. Prokopiev S.A., Prokopiev E.S., Kadesnikov I.V., Cherimichkina N.A. Current methods of mining technology-related placer gold deposits with the technology of extracting fine gold. *Nauki o Zemle i nedropolzovanie* [Earth Sciences and Subsoil Use], 2020, no. 4(43), pp. 458-466. (In Russ.)
17. Ivanov P.O., Kadesnikov I.V. Extraction of fine and thin placer gold with screw separators. *Zolotodobycha* [Gold Mining], 2021, no. 276, pp. 19-22. (In Russ.)
18. Movchan A.F., Bolotin M.L., Kadesnikov I.V. Experience in mining technology-related (dredging tailings) dumps of the Yurskoye placer deposit, the Republic of Sakha (Yakutia). *Zoloto i tekhnologii* [Gold and Technologies], 2020, no. 4 (500), pp. 86-92. (In Russ.)
19. Zarovnyaev A.N., Ivanov P.O., Bolotin M.L., Kadesnikov I.V. Practical results of the implementation of the enrichment module with the screw enrichment technology at the Nagorny Placer Mine of LLC ANZHU. *Zolotodobycha* [Gold mining]. Available at: <https://zolotodb.ru/article/12464>.
20. Neronsky G.I., Borodavkin S.I. Methods for mining technology-related gold placers. *Mineralogiya tekhnogeneza* [Mineralogy of Technogenesis], 2009, no. 10, pp. 76-87. (In Russ.)
21. Neronsky G.I., Borodavkin S.I. The scale of placers with fine and thin gold and the prospects for their development. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy byulleten (nauchno-tehnichesky zhurnal)* [Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)], 2010, no. S4, pp. 518-529. (In Russ.)
22. Surkov A.V., Akhakin A.A. The problem of extracting fine and thin gold during the development of placers and technology-related dumps. *Tsvetnye metally* [Non-Ferrous Metals], 2003, no. 1, pp. 13-16. (In Russ.)
23. Kavchik B.K. Evaluation of resources and reserves of gold in technology-related placers: the report on research. *Fondovaya literatura FGBU «Rosgeofond po Irkutskoy oblasti i Ust-Ordynskomu Buryatskomu AO»* [Fund literature of Federal State Budgetary Institution Rosgeofond for the Irkutsk Region and the Ust-Orda Buryat Autonomous Region]. Irkutsk: OJSC Irgiredmet, 2000, inventory no. 16643, 72 p. (In Russ.)
24. Kavchik B.K. Technology-related placers with coarse gold. *Zolotodobycha* [Gold Mining], 2003, no. 55. Available at: <https://zolotodb.ru/article/326>
25. Lunyashin P.D. Problems of development of technology-related deposits and unknown stock. *Zoloto i tekhnologii* [Gold and Technologies], 2021, no. 3. Available at: <https://zolteh.ru/ekspluatatsiya-mestorozhdeniy/problemy-otrabotki-tehnogennykh-mestorozhdeniy-i-neuchtyennykh-zapasov/>
26. Meledin I.V. Practical results on washing of technology-related dumps of past years in the valley of the Khomolko River. *Zolotodobycha* [Gold Mining], 2010, no. 137, pp. 22-27. (In Russ.)
27. Benedyuk P.F., Eroshenko S.I., Benedyuk T.F. Once again about the fine gold of technology-related placers using the deposit of the Khomolko River as an example. *Zolotodobycha* [Gold Mining], 2020, no. 255, pp. 18-21. (In Russ.)
28. Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation No. 278 dated December 11, 2006 "On Approval of the Classification of Reserves and Inferred Resources of Solid Minerals". Registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation on December 25, 2006, registration No. 8667.
29. Oveshnikov Yu.M., Bolshakov A.I. Some results of research on completeness of mining of placer deposits by dredges. *Razrabotka rossyapnykh mestorozhdeniy* [Development of placer deposits]. Moscow: Russian State University for Geological Prospecting (MRGRI), 1987, pp. 67-71. (In Russ.)

30. Zhuchenko E.T., Talgamer B.L., Zhuchenko E.E. On the issue of dredge development of technology-related placers. *Problemy osvoeniya mineralnoy bazy Vostochnoy Sibiri: sb. nauch. tr.* [Problems of development of the mineral base of Eastern Siberia: Collection of papers]. Irkutsk, 2007, pp. 5-8. (In Russ.)
31. Talgamer B.L., Chemezov V.V., Neretin A.V., Dementiev S.A. Evaluation of diamond losses during dredge mining of placers. *Problemy razvitiya mineralnoy bazy Vostochnoy Sibiri: sb. nauch. tr.* [Problems of development of the mineral base of Eastern Siberia: Collection of papers]. Irkutsk, 2003, pp. 44-48. (In Russ.)
32. Mamaev Yu.A., Van-Van-E A.P., Sorokin A.P., Litvintsev V.S., Pulyaevskii A.M. *Problemy ratsionalnogo osvoeniya zolotorossyynykh mestorozhdeniy Dalnego Vostoka (geologiya, dobycha, pererabotka): monografiya* [Problems of rational development of gold-placer deposits in the Far East (geology, mining, processing); monograph]. Vladivostok: Dalnauka, 2002, 200 p. (In Russ.)
33. Zhuchenko E.T., Talgamer B.L., Leshkov V.G., Dubinin V.F. *Sposoby povtornoj drazhnoy razrabotki tekhnogennoy rossyipii* [Methods for repeated dredge development of technology-related placers]. Patent RU, no. 2215875, 2003.
34. Chemezov V.V. *Sposob razrabotki rossyipii v usloviyakh povtornogo dragirovaniya* [A method for the development of placers by repeated dredging]. Author's Certificate USSR, no. 1097797, 1984.
35. Chemezov V.V. *Sposob razrabotki rossyipii v usloviyakh povtornogo dragirovaniya* [A method for the development of placer under conditions of repeated dredging]. Author's Certificate USSR, no. 1263849, 1986.
36. Makhnev A.N., Talgamer B.L. *Sposob drazhnoy razrabotki rossyipnykh mestorozhdeniy* [A dredging method for placer deposits]. Author's Certificate USSR, no. 1694901, 1991.
37. Shemyakin S.A., Mamaev Yu.A., Ivanchenko S.N. *Novye tekhnologii otkrytoj razrabotki mestorozhdeniy* [New technologies for open pit mining]. Khabarovsk: Amur Geographical Society, 2003, 129 p. (In Russ.)
38. Babiy Yu.A., Moskalevich V.I., Pyatakov V.G. Technical and economic performance of mining and handling equipment determined on the basis of data received by a remote method. *Zolotodobycha* [Gold Mining]. Available at: <https://zolotodb.ru/article/12795>.
39. Instructional guidelines for the feasibility study of conditions for calculating the reserves of deposits of solid minerals (other than coals and oil shale) ap- proved by Order of the Ministry of Natural Resources of Russia No. 37-r dated June 05, 2007.
40. Pyatakov V.G., Talgamer B.L. Prospects for the development of the dredging method for mining of placer deposits. *Ruda i metally* [Ore and Metals], 2019, no. 12, pp. 35-38. (In Russ.)
41. Shorokhov S.M. The first Soviet mobile gold washing machines for excavation of placers. *Sovetskaya zolotopromyshlennost* [Soviet Gold Industry], 1935, no. 3-4, pp. 27-29. (In Russ.)
42. Afanasiev P.Yu., Trubnikov N.B. *Vitok zolotoy spirali* [Turn of the golden spiral]. Blagoveshchensk, 2008, 383 p. (In Russ.)
43. Nevsky B.V. Floating gold washer in Mindanao. *Giprozoloto. Zolotaya promyshlennost* [State Institute for Designing Gold and Platinum Mining Plants. Gold Industry], 1940, no. 5-6. (In Russ.)
44. Kavchik B.K. New technologies for placer gold mining. *Zolotodobycha* [Gold Mining], 2016, no. 212. Available at: <https://zolotodb.ru/article/11485>.
45. Cheremenov S.A. Experience in the use of mobile washing complexes developed by the specialists of JSC Solovieovsky Gold Mine. *Zolotodobycha* [Gold Mining], 2017, no. 220. Available at: <https://zolotodb.ru/article/11610/?page=all>.
46. Cheremenov S.A. The Solovieovsky Gold Mine: 150 years of gold mining and today's realities. *Zolotodobycha* [Gold Mining], 2018, no. 230. Available at: <https://zolotodb.ru/article/11843>.
47. Forty Mile Placers Inc., Yukon. Placer gold dredging using an excavator and a floating processing plant. Placer Gold Mining Methods Report (Funded by the Canada/Yukon Economic Development Agreement (YEDA)), 1993, 53 p.
48. Forty Mile Placers Inc., Yukon. Testing the viability of floater dredging in frozen ground. Placer Gold Mining Methods Report (Funded by the Canada/Yukon Economic Development Agreement (YEDA)), 1995, 25 p.
49. Fully detailed account of using a pontoon-based floating New Zealand wash-plant (trommel, hydraulic riffles and rear stacker conveyor), fed by a land-based hydraulic excavator. Placer Gold Mining Methods Report. Available at: www.geology.gov.yk.ca.
50. Danny Walker. Placer gold mining in Mongolia – the New Zealand way. *World Placer Journal*, 2, 26-29 (2001).
51. Robin Grayson. BAT - Best Available Techniques for placer gold miners. *The Gold Miner's Book*, 17-28 (2017).

Поступила 29.06.2022; принята к публикации 17.08.2022; опубликована 26.09.2022
Submitted 29/06/2022; revised 17/08/2022; published 26/09/2022

Дорош Егор Алексеевич – исполнительный директор ООО «СибЗолото», Иркутск, Россия.
Email: egordoros3@gmail.com.

Тальгамер Борис Леонидович – доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых, Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия.
Email: talgamer@istu.edu. ORCID 0000-0003-1413-0116

Egor A. Dorosh – Executive Director of LLC SibZoloto, Irkutsk, Russia.
Email: egordoros3@gmail.com.

Boris L. Talgamer – DrSc (Eng.), Professor, Head of the Department of Mineral Deposits Development, Institute of Subsoil Use, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia,
Email: talgamer@istu.edu. ORCID 0000-0003-1413-0116