

ОБРАЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОГО РЕСУРСА ПРИ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

Д. И. Бедарев[✉], В. Е. Кисляков

Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Российская Федерация

✉ Bedarevdenisigorevich@mail.ru

Аннотация. Проведен анализ часто применяемого оборудования при разработке россыпных месторождений золота. Осуществлено разделение применяемого оборудования по образованию избыточного выработанного пространства в период разработки месторождения. Проанализированы ранее опубликованные исследования в области образования техногенного ресурса на угольных предприятиях. Вследствие проанализированной информации выявлена значимость исследования избыточного выработанного пространства и разработки технологии использования техногенного ресурса на базе россыпных месторождений предприятия АО «Прииск Удереиский», расположенных в Красноярском крае и Читинской области, а также для определения факторов формирования избыточного выработанного пространства и разработки технологии производства вскрышных работ с использованием техногенного ресурса.

Ключевые слова: избыточное выработанное пространство, техногенный ресурс, гидромеханизация, оттайка, паводок

Для цитирования: Бедарев ДИ, Кисляков ВЕ. Образование техногенного ресурса при разработке россыпных месторождений золота. *Маркшейдерия и недропользование*. 2025;25(1):С. 87-90. <https://doi.org/10.56195/2079-3332-2025-25-1-87-90>.

FORMATION OF A MAN-MADE RESOURCE DURING THE DEVELOPMENT OF PLACER GOLD DEPOSITS

D. I. Bedarev[✉], V. E. Kislyakov

Siberian Federal University, 660041, Krasnoyarsk, Russian Federation

✉ Bedarevdenisigorevich@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to substantiate the importance of studies of excess mined space during the development of placer gold deposits. The paper analyzes the frequently used equipment in the development of placer gold deposits. The separation of the equipment used for the formation of excess exhaust space (IVP) during the development of the field was carried out. The analysis of previously published studies in the field of technogenic resource formation at coal enterprises has been carried out. As a result of the analyzed information, the significance of the study of excess developed space and the development of technology for the use of man-made resources on the basis of placer deposits of the JSC Priisk Udereisky enterprise located in the Krasnoyarsk Territory and the Chita region, as well as to determine the factors of the formation of the IVP and the development of technology for the production of stripping using man-made resources, was revealed.

Keywords: Excess developed space, man-made resource, hydromechanization, defrost, flood

For citation: Bedarev DI, Kislyakov VE. Formation of a man-made resource during the development of placer gold deposits. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2025;25(1):87-90. (In Russ.). <https://doi.org/10.56195/2079-3332-2025-25-1-87-90>.

Введение

На глобальном уровне Россия занимает третью позицию среди стран мира по объему извлечения золота после Китая и Австралии. В среднем за год на территории России добывается порядка 430 тонн благородного металла, что сопоставимо с десятипроцентной долей в мировом производстве. Запасы драгоценного желтого металла превышают 15 300 тонн и распределены более чем по шести тысячам ме-

сторождений; из них подавляющее большинство (90 %) – россыпные [1–2].

Особенностью золотодобывающей индустрии в России является резкое отличие от мировых тенденций. В то время как глобально за XX век на россыпи приходилось лишь 16 % добычи золота, для российской экономики характерна доминирующая роль именно таких месторождений. Лишь с началом XXI века доля коренных запасов значительно возросла, однако даже после

открытия крупных рудных залежей в Якутии, Магадане и Иркутске россыпной метод продолжает обеспечивать около 20 % (около 90 тонн ежегодно) от общего объема добычи золота в стране.

На территории Российской Федерации общие резервы россыпи составляют значительное количество: порядка 1 122 тонн.

Географическое распределение россыпного золота выглядит следующим образом:

- в Республике Саха (Якутия) сосредоточено почти четверть всех российских запасов россыпного золота: около 278 тонн, или около 75 % общероссийского потенциала, что делает ее ключевым регионом;

- Магаданская область хранит примерно 138 тонн, или около 12 % общероссийского потенциала;

- Иркутская и Амурская области, Чукотский автономный округ (ЧАО), Забайкалье объединяет значимость, каждая из которых располагает не менее чем 5 % общероссийского потенциала.

В диапазон между 3 и 5 % общероссийского потенциала входят регионы:

- Хабаровский край;
- Красноярский край;
- Республика Коми;
- Свердловская область.

В диапазон между 1 и 3 % общероссийского потенциала входят регионы:

- Республика Бурятия;
- Кузбасс;
- Челябинская область;
- Приморье.

Разработка россыпных месторождений золота остается актуальной и в наше время.

Цель исследований: обоснование значимости исследований избыточного выработанного пространства в период разработки россыпных месторождений золота.

Материал и методы исследования

В основу методов исследования легли теоретические и эмпирические методы, что подразумевает под собой сравнение теоретических материалов по образованию избыточного выработанного пространства (ИВП) и сравнение данных материалов с практическими особенностями, встречающимися в процессе разработки месторождений.

Был проведен анализ предыдущих работ по образованию ИВП в период эксплуатации месторождений. Одним из основных результатов исследования является отсутствие полного понимания образования ИВП в различных горно-геологических условиях и его использования в период эксплуатации месторождений.

Результаты исследования

Анализ оборудования при открытом способе разработки россыпных месторождений

Наиболее часто встречаемая отработка россыпных месторождений золота – открытый способ разработки [3–4]. При открытом способе разработки золота применяются средства гидромеханизации, драги, земснаряды, экскаваторы различных типов, скреперы, бульдозеры. Применяемое оборудование можно разделить на два типа. Первый тип не образует выработанного пространства в процессе отработки россыпного месторождения золота, второй тип образует.

К первому типу применяемого оборудования относятся драги, ко второму – средства гидромеханизации, земснаряды, экскаваторы различных типов, скреперы, бульдозеры.

Дражная разработка россыпных месторождений встречается не так часто, но в настоящее время продолжается, несмотря на то, что большинство богатых месторождений уже отработано, а разведка новых значительно сокращена. Вследствие этого повторно перемиываются отвалы и хвостохранилища ранее отработанных россыпей, но уже посредством стационарных промывочных приборов и с применением мобильной техники.

Достоинствами дражной разработки являются: высокий уровень механизации и автоматизации трудоемких производственных процессов; небольшая численность обслуживающего персонала; низкая себестоимость добычи полезного ископаемого по сравнению с другими возможными способами разработки [5–6]. К недостаткам относится: ограниченность применения, отсутствие возможности точного учета и контроля эксплуатационных потерь продуктивных пород (песков), поэтому их область применения ограничена.

На смену драгам приходит оборудование *мобильного* типа, такие как средства гидромеханизации, земснаряды, экскаваторы различных типов, скреперы, бульдозеры. Применение данного типа оборудования обусловлено расположением россыпных месторождений золота в труднодоступных участках ведения горных работ по всей России, что представляет собой малоразвитую инфраструктуру и доступность участка. А применение оборудования на дизельном ходу способствует своевременному выполнению различных технологических решений и производственных задач [7–9].

К достоинствам *мобильного* типа оборудования можно отнести: маневренность; оперативное выполнение производственных задач; предварительное рыхление в условиях Крайнего Севера; простоту технологических процессов; повышение извлечения золота посредством сокращения разубоживания; отработку глубокозалегающих россыпей; возможность выполнения производственных задач в труднодоступных местах расположения горных работ без стационарного электричества; высокую производительность вскрышных, горно-подготовительных и добычных работ. К недостаткам по сравнению с дражным способом отработки можно отнести: низкую себестоимость участка; повышенный штат работников; логистику в поставке запасных частей, сложность работ при отрицательных температурах.

Исходя из вышеизложенного сделан вывод, что месторождения россыпного золота с небольшими запасами (от 100 до 500 кг) целесообразней обрабатывать открытым способом с применением мобильной техники на дизельном ходу. Но при отработке россыпных месторождений золота с применением таких типов оборудования есть одно важное ограничение, из которого вытекают отрицательные последствия, связанные с экономической целесообразностью, – это сезонность работ.

Сезонность работ ограничена температурным режимом промывки песков, который составляет в различных регионах России в среднем 5–7 месяцев: с конца апреля до конца ноября. Из этого следует, что недропользователю в предзимний, зимний и часть после зимнего периода необходимо выполнить большой объем вскрышных и горно-подготовительных работ до момента оттайки вскрышных пород и периода паводка. Все это приводит к сложности отработки месторождения и снижению производительности применяемой техники в период наступления тяжелых условий ведения горных

работ. Одновременно отработка россыпных месторождений осуществляется в поймах рек, где заведомо известно, что большая часть вскрышных пород будет обводнена и без таких сложных условий, как оттайка пород и паводок [10].

Таким образом, недропользователь до периода оттайки вскрышных пород и периода паводка старается провести опережающую вскрышу и располагает ее, как правило, на бортах карьера, тем самым образуется большое выработанное пространство вытянутой формы вдоль русел рек. Образованное выработанное пространство представляется выработкой по всей россыпи месторождения, которая в последующем не используется или же используется, но не в полном объеме. Часть выработанного пространства используется лишь для пруда-отстойника, что занимает около 30 % всего выработанного пространства. Данная ситуация говорит о том, что отсутствует эффективная технология ведения вскрышных работ на обводненных россыпных месторождениях золота и технология использования выработанного пространства.

Анализ работ, посвященных избыточному выработанному пространству

В трудах Е. В. Еременко и В. Н. Синьковского [11–12] выработанное пространство представлено избыточным выработанным пространством (ИВП), подразумевающим под собой ту часть внутреннего выработанного пространства, которое образовалось в период эксплуатации месторождения. И оно может быть использовано технологически. ИВП ограничено по флангам вскрышными выработками, по дневной поверхности – ранее существующей линией земной поверхности, а нижняя часть ограничена дном карьера. Данные исследования были определены на базе угольных месторождений Канско-Ачинского бассейна при разработке горизонтальных и слабонаклонных залежей. Мощность пласта варьировалась от 3 до 93 м, мощность вскрыши на выходах пласта под наносы – 8–12 м. Также представлена сущность концепции [12], связанная с «Обоснованием порядка разработки обширных мощных месторождений слабонаклонного залегания». Установлено первоначальное место расположения отстающего блока и периода ввода его в эксплуатацию с учетом закономерностей формирования ИВП в опережающем блоке. Освещено перемещение вскрыши по минимальному расстоянию в ИВП опережающего блока через торцы по системе скользящих съездов. Описано формирование поверхности техногенных отвальных ярусов до господствующего уровня дневной поверхности.

В продолжение трудов Е. В. Еременко, А. И. Косолапова [13] обоснованы направления развития горных работ и особенности проектирования угольных месторождений на основании использования ИВП, что способствует сокращению площади отчуждаемых земель путем сокращения плеча

транспортировки вскрышных пород. Особенности проектирования, представленные в трудах Е. В. Еременко, направлены на высокопроизводительные угольно-добывающие предприятия, сроки отработок которых представлены десятилетиями, где техногенный ресурс копился годами. Что не скажешь про россыпные месторождения золота, где средний срок отработки балансовых запасов составляет от 3 до 5 лет. Образование и использование техногенного ресурса в период проектирования и эксплуатации россыпных месторождений золота заведомо отличается от того, что представлено в трудах авторов.

В трудах [14] приведен анализ повышения производительности участка гидромеханической добычи золота (УГ-МДЗ) № 1 за счет совершенствования технологии вскрытия путем направления перемещения вскрыши и планирования работ вскрышного оборудования, что привело к рациональному использованию земель. Данный анализ подтвержден методикой горно-экономических задач [15]. Он приемлем в условиях одного участка ведения горных работ, что заведомо ограничено в условиях предприятия с годовой производительностью до 836,1 кг золота. Присутствует необходимость переоценки и пересмотра технологии ведения вскрышных работ в условиях предприятия в целом.

Выводы

1. В статье приведены результаты исследований сравнения ИВП с различными горно-геологическими условиями. Под горно-геологическими условиями подразумевается ведение горных работ с высокой и малой производительностью предприятий, а также период их отработки; классификация полезного ископаемого (уголь/золото).

2. Выявлено, что одними из ключевых фактором образования ИВП является мощность добычного пласта, мощность вскрышных пород, а также технология ведения вскрышных работ.

3. Анализ возможности использования технологии вскрышных работ на угольных месторождениях для отработки россыпных месторождений золота показал отрицательный результат. Считаем неприемлемым использовать данные исследования для отработки россыпных месторождений золота. Причина – различия применяемых технологий по геологическим и гидрогеологическим особенностям месторождений, а также по факторам образования техногенного ресурса.

4. Рекомендуется проведение исследований формирования ИВП и разработки технологии производства вскрышных работ с использованием техногенного ресурса на базе россыпных месторождений предприятия АО «Прииск Удерецкий», расположенных в Красноярском крае, Читинской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Зуев КН. Состояние и тенденции развития золотопромышленности в мире и России. *Экономика промышленности*. 2014;2:114-20. Zuev KN. The state and development trends of the gold industry in the world and Russia. *Economics in industry*. 2014;2:114-20 (In Russ.).
2. Борисович ВТ, Маджидов БС. Оценка современного этапа развития мировой и Российской золотодобычи. *Экономика и предпринимательство*. 2016;4-2:192-6. Borisovich VT, Majidov BS. Assessment of the current stage of development of global and Russian gold mining. *Economics and entrepreneurship*. 2016;4-2:192-6. (In Russ.).
3. Березин ВП, Лешков ВГ, Мацуев АП и др. Справочник по разработке россыпей. Москва, 1973:592. Berezin VP, Leshkov VG, Matsuev AP, et al. *Handbook of placer mining*. Moscow, 1973:59 (In Russ.).
4. Шешко ЕФ. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. Москва, 1957:496. Sheshko EF. Open mining of mineral deposits. Moscow, 1957:496. (In Russ.).

5. Кисляков ВЕ, Нафиков РЗ. Технология дражной разработки россыпных месторождений Крайнего Севера. *Известия ТулГУ. Наука о Земле*. 2021;1:160-6.
- Kislyakov VE, Nafikov RZ. Technology of mining of placer deposits of the Far North. *Izvestiya TulaSU. Earth science*. 2021;1:160-6. (In Russ.).
6. Нафиков РЗ, Кисляков ВЕ. Способ дражной разработки месторождений в условиях Крайнего Севера. *Известия ТулГУ. Наука о Земле*. 2020;3:171-9.
- Nafikov RZ, Kislyakov VE. A method of mining deposits in the Far North. *Bulletin of Tula State University. Earth science*. 2020;3:171-9. (In Russ.).
7. Кукис ВС, Романов ВА. Совершенствование поршневых двигателей внутреннего сгорания. Saarbuchten: Palmarium Academic publishing. 2012. 395 p.
- Kukis VS, Romanov VA. Improvement of piston internal combustion engines. Saarbuchten: Palmarium Academic publishing. 2012. 395 p. (In Russ.).
8. Смирнов АМ, Шабалин ДВ, Перов СА и др. Повышение эффективности работы дизелей в особых условиях эксплуатации. *Омский научный вестник: Машиностроение и машиноведение*. 2014;3:136-8.
- Smirnov AM, Shabalin DV, Perov SA, et al. Improving the efficiency of diesel engines in special operating conditions. *Omsk Scientific Bulletin: Mechanical Engineering and Machine Science*. 2014;3:136-8. (In Russ.).
9. Гуляев ВП, Александров ВП, Климов СМ. Надежность дизельных двигателей внутреннего сгорания в условиях Крайнего Севера. *Достижения науки и техники АПК*. 2016;30(11):113-7.
- Gulyaev VP, Alexandrov VP, Klimov SM. Reliability of diesel internal combustion engines in the Far North. *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex*. 2016;30(11):113-7. (In Russ.).
10. Шорохов СМ. Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений. Москва, 1973.
- Shorokhov SM. Technology and complex mechanization of the development of placer deposits. Moscow, 1973. (In Russ.).
11. Ерёмченко ЕВ, Синьковский ВН. Концепция формирования техногенного ресурса карьера. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2006;2:228-32.
- Eremenko EV, Sinchkovsky VN. The concept of the formation of a technogenic quarry resource. *Mining information and Analytical Bulletin*. 2006;2:228-32. (In Russ.).
12. Еременко ЕВ. Концепция разработки обширных мощных месторождений слабонаклонного залегания с учетом закономерностей формирования избыточного выработанного пространства. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2012;8:149-54.
- Eremenko EV. The concept of the development of extensive powerful deposits of slightly inclined occurrence, taking into account the patterns of formation of excess developed space. *Mining information and analytical bulletin*. 2012;8:149-54. (In Russ.).
13. Еременко ЕВ, Косолапов А И. К вопросу управления техногенным ресурсом карьера. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2015;45-1:249-59.
- Eremenko EV, Kosolapov AI. On the issue of managing the technogenic resource of a quarry. *Mining information and analytical bulletin*. 2015;45-1:249-59. (In Russ.).
14. Бедарев ДИ, Долгих МВ. Повышение производительности на прииске «Удережский». *Danish Scientific Journal*. 2019;11-3.
- Bedarev DI, Dolgikh MV. Improving productivity at the Udereysky mine. *Danish Scientific Journal*. No21, 2019:11-3. (In Russ.).
15. Моссаковский ЯВ. Полезные ископаемые. Экономика ГРП. Москва, 2004.
- Mossakovsky YaV. Minerals, Exploration Economics. Publishing House of the Moscow State Mining University, Moscow, 2004. (In Russ.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Денис Игоревич Бедарев –

аспирант кафедры открытых горных работы, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Российская Федерация

Виктор Евгеньевич Кисляков –

доктор технических наук, профессор, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

Denis I. Bedarev –

postgraduate student of the Department of «Open-pit Mining» at Siberian Federal University, 660041, Krasnoyarsk, Russian Federation

Victor E. Kislyakov –

Siberian Federal University, Doctor of Technical Sciences, Professor at Siberian Federal University, 660041, Krasnoyarsk, Russian Federation

Критерии авторства / Contribution:

Кисляков В. Е. – научное руководство, концепция исследования; **Бедарев Д. И.** – написание исходного текста, итоговые выводы, проведение анализа данных / **Kislyakov V. E.** – scientific guidance, research concept; **Bedarev D. I.** – writing the source text, final conclusions, data analysis.

Конфликт интересов / Conflict of interest:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 22.11.2024.

Поступила после рецензирования: 22.01.2025.

Принята к публикации: 31.01.2025.

Article info

Received: 22.11.2024.

Revised: 22.01.2025.

Accepted: 31.01.2025.