



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

УДК 622.271.1

DOI: 10.18503/1995-2732-2025-23-3-43-51

СОКРАЩЕНИЕ ЗЕМЛЕЁМКОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕГЛУБОКИХ РОССЫПЕЙ

Тальгамер Б.Л., Дорош Е.А., Мешков И.А., Рославцева Ю.Г.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

Аннотация. Постановка задачи (актуальность работы). Несмотря на постоянное усложнение процесса получения земель в пользование промышленными предприятиями, удельная землеёмкость горных работ в России практически не снижается. Наиболее высокая землеёмкость горных работ (га/млн т) связана с разработкой пластовых месторождений, а максимальные значения этого показателя отмечаются при эксплуатации россыпей. При этом если при разработке глубоких россыпей удельная землеёмкость постепенно уменьшается, то при освоении мелких и неглубоких россыпных месторождений величина землеёмкости остается очень высокой. Последнее во многом связано с использованием внешнего отвалообразования. **Цель работы.** Изыскание технологий разработки неглубоких россыпей с максимальными объемами внутреннего отвалообразования. **Используемые методы.** Разработка технологических схем с внутренним отвалообразованием осуществлялась с использованием патентного поиска, анализа опыта разработки неглубоких россыпей, графоаналитических расчётов параметров горных работ с учетом применения традиционного для данных условий горного оборудования. **Новизна.** Предложены технологические схемы разработки неглубоких россыпей, обеспечивающие практически полное складирование пустых пород и отходов обогащения в выработанное пространство, в том числе в условиях разработки многолетнемерзлых пород, когда для обеспечения естественного оттаивания песков требуется обнажение больших площадей для подготовки запасов к выемке. **Результат.** Использование внутреннего отвалообразования позволяет на 25-40% сократить землеёмкость горных работ, одновременно существенно снизить затраты на рекультивацию и в более короткие сроки восстановить нарушенные земли. **Практическая значимость.** Предложенные технологические схемы могут быть применены на неглубоких средних и узких россыпях, а также на широких многолетнемерзлых месторождениях с использованием механического рыхления торфов и послойным оттаиванием песков.

Ключевые слова: землеёмкость горных работ, россыпи, открытые горные работы, внутреннее отвалообразование, технологическая схема разработки

© Тальгамер Б.Л., Дорош Е.А., Мешков И.А., Рославцева Ю.Г., 2025

Для цитирования

Сокращение землеёмкости горных работ при разработке неглубоких россыпей / Тальгамер Б.Л., Дорош Е.А., Мешков И.А., Рославцева Ю.Г. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2025. Т. 23. №3. С. 43-51. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2025-23-3-43-51>



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

REDUCING THE LAND INTENSITY OF MINING OPERATIONS DURING THE DEVELOPMENT OF SHALLOW PLACERS

Talgamer B.L., Dorosh E.A., Meshkov I.A., Roslavytseva Yu.G.

Irkutsk National Research Technical University, Russia

Abstract. Problem Statement (Relevance). Despite the ever-growing complexity of the process for obtaining land for industrial use, the specific land intensity of mining operations in Russia has remained unchanged. The highest land intensity of mining operations (ha / million tons) is associated with the development of stratified deposits. The maximum values of this indicator are observed during exploitation of placers. At the same time, if the specific land intensity gradually decreases during the development of large-scale deep placers, then the land intensity value remains very high during the development of smaller and shallower placer deposits. This is largely due to external waste disposal. **Objectives** are to find technologies for developing shallow placers that have maximum volumes of internal waste disposal. **Methods Applied.** The development of process flowcharts with internal waste disposal was carried out by using a patent search, analyzing the experience of shallow placer development, graphical and analytical calculations for mining parameters, considering the use of conventional mining equipment in these conditions. **Originality.** Technological schemes for developing shallow placer deposits are proposed, providing almost complete storage of mining waste and enrichment waste in mined-out spaces, including in conditions of permafrost development, where natural thaw of sand requires exposure of large areas for preparation of reserves for extraction. **Result.** The use of internal waste disposal allows to reduce land intensity of mining operations by 25-40% while significantly reducing costs of reclaiming and restoring disturbed soils in a shorter period of time. **Practical Relevance.** The proposed technological schemes can be applied to shallow medium and narrow placers, as well as to wide permafrost deposits using mechanical loosening of peat and layer-by-layer thawing of sand.

Keywords: the land intensity of mining operations, placers, open-pit mining, internal waste disposal, technological scheme of development

For citation

Talgamer B.L., Dorosh E.A., Meshkov I.A., Roslavytseva Yu.G. Reducing the Land Intensity of Mining Operations During the Development of Shallow Placers. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2025, vol. 23, no. 3, pp. 43-51. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2025-23-3-43-51>

Введение

Горнодобывающая отрасль является одной из наиболее землеёмких отраслей промышленности, деятельность которой связана с изъятием и нарушением большого количества земельных ресурсов [1]. Восстановление же нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых земель требует значительных материальных затрат и является весьма длительным процессом, который не всегда завершается успешно [2-4]. При добыче полезных ископаемых под карьеры, отвалы вскрышных и вмещающих пород, а также другие отходы недропользования из земельного фонда России ежегодно изымаются десятки тысяч гектар [5]. В связи с этим в РФ всё более строго относятся к обоснованию площадей, запрашиваемых предприятиями при получении лицензий на недропользование, земельных и горных отводов.

С учетом выхода в последние годы ряда руководящих и нормативных документов в области использования отходов недропользования, в том числе вскрышных и вмещающих пород (Приказ МПРиЭ РФ №247 от 25.04.2023, Постановление Правительства РФ №881 от 31.05.2023), а также новыми Правилами

проведения рекультивации и консервации земель (Постановление Правительства РФ №880 от 10.07.2018) существенно усилились требования к проектным решениям по разработке месторождений полезных ископаемых со стороны Федерального агентства по недропользованию (Роснедра) и Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор). Складирование вскрышных и вмещающих пород за пределами выработанного пространства осложняет согласование проектной документации и повышает затраты предприятия на размещение этих отходов недропользования и последующую рекультивацию нарушенных земель. Таким образом, возросла актуальность изысканий технических решений по разработке месторождений полезных ископаемых с внутренним отвалообразованием.

Несмотря на усиление требований к переводу земель различных категорий в земли промышленности и увеличению арендной платы за их использование из-за усложнения горнотехнических условий эксплуатации месторождений полезных ископаемых земель, ёмкость горных работ в РФ практически не снижается [6]. При разработке месторождений открытым способом значительная доля нарушенных земель прихо-

даться на отвалы вскрышных пород (в среднем около 30-40% [7, 8]). Поэтому одним из основных направлений снижения землеёмкости горных работ является размещение вскрышных пород в выработанном пространстве.

Методы исследований

Показатели землеёмкости горных работ при разработке россыпей устанавливались по результатам статистической обработки проектных показателей при эксплуатации более 100 месторождений.

Изыскания приемлемых технологий разработки неглубоких россыпей производились с использованием патентного поиска и изучения технических решений, изложенных в специальной литературе. Для обоснования параметров горных работ с учетом характеристики неглубоких россыпей и рабочих параметров традиционно используемого при разработке этих месторождений горно-транспортного оборудования выполнялись графоаналитические расчеты.

Расчет эколого-экономических показателей разработки неглубоких россыпей с использованием различных технологий выполнялся на основе фактических данных горнодобывающих предприятий.

Результаты исследований

Одним из показателей степени воздействия горных работ на окружающую среду является их землеёмкость, характеризующая площадь нарушаемых земель при добыче единицы полезного ископаемого (га/млн т) [1]. Удельная землеёмкость горных работ зависит как от вида полезного ископаемого, так и от горнотехнических условий его залегания, а также от способа и технологии разработки месторождения. Из всех типов месторождений полезных ископаемых с наибольшей землеёмкостью разрабатываются пластовые месторождения и в первую очередь россыпи. Если при добыче угля открытым способом удельная землеёмкость колеблется в пределах 10-55 га/млн т [9-11], то при разработке россыпей в среднем 50-100 га/млн т [12]. Наиболее высокие значения удельной землеёмкости связаны с разработкой мелких (до 3 м) и неглубоких (до 12 м) россыпей. Последнее связано в значительной степени с полным размещением вскрышных пород за пределами выработанного пространства.

При разработке глубоких (более 20 м) и средних по глубине (12-20 м) россыпей разработаны технические решения с уменьшением площадей, используемых под внешние отвалы [13], а также со складированием вскрышных пород в выработанное пространство драглайнами после выемки песков экскаваторно-автомобильным комплексом [14]. Имеются технические решения по складированию вскрышных пород и отходов обогащения в выработанное пространство при дражном способе разработки (патенты 1302774, 1788267, 2107164, 2681168). Указанные способы поз-

воляют в 1,3-1,8 раза сократить площади нарушаемых земель. Имеются технические решения с внутренним отвалообразованием при разработке месторождений песчано-гравийных пород (патенты № 2102598, 2490464, 2750445).

Вместе с тем при разработке мелких и неглубоких россыпей традиционная технология предусматривает проведение вскрышных работ бульдозерным способом со сплошными (реже отдельными) выездами и размещением отвалов на бортах карьера, а добычных работ с послойной выемкой песков веерными (реже угловыми) заездами по направлению к промприбору, установленному у борта или в торце блока [15]. Достоинством данной технологии является её простота и достаточно высокая производительность оборудования, недостатками – ограниченная мощность торфов (в основном не более 5 м) и высокая землеёмкость (га/млн т). Внутреннее отвалообразование на неглубоких россыпях не практикуется. Технические решения по разработке неглубоких россыпей с размещением отвалов в выработанном пространстве мало (патент 2254476) и условия их применения весьма ограничены, а рекомендуемое горнодобывающее оборудование является уникальным.

На достаточно широких неглубоких россыпях имеется возможность отработки запасов продольными заходками. После отработки первой заходки вскрышные породы со смежной заходки складировываются в выработанное пространство и осуществляется выемка песков из второй заходки и т.д. Для снижения землеёмкости горных работ торфы от первой заходки могут временно складироваться на поверхность второй заходки и в последующем переэкскавироваться в выработанное пространство первой заходки. Для реализации данной технологической схемы, как правило, необходим экскаватор-драглайн либо комплекс оборудования экскаватор-автотранспорт. Менее приемлем в таких случаях бульдозерный способ выемки торфов, который возможен при использовании на зачистке откоса продуктивного пласта экскаватора – обратная лопата. Недостатком таких технологических схем является необходимость переэкскавации пород.

В 1,5-1,7 раза снизить землеёмкость горных работ на неглубоких россыпях позволяет предлагаемая технологическая схема разработки, показанная на **рис. 1**.

Здесь отработка запасов осуществляется по восстановлению россыпи поперечными заходками. Ширина заходов определяется исходя из мощностей торфов и песков, а также используемого на вскрышных работах оборудования. Широкое применение на россыпях в последние годы получили экскаваторы типа обратная лопата, в том числе фирмы Komatsu. На **рис. 1** приведены средние параметры небольших россыпей с использованием на вскрышных работах экскаватора типа РС-400, а на добыче – бульдозеров. Рабочие параметры экскаватора позволяют размещать вскрышные породы в выработанное пространство без переэкскавации с оставлением в центральной части

траншеи для транспортирования песков к промприбору. На выемке песков и транспортировании их к траншее используется небольшой бульдозер, мощность которого устанавливается исходя из коэффициента вскрыши, производительности экскаватора на выемке торфов и ширины россыпи (или блока). Второй бульдозер используется для транспортирования песков по траншее к промприбору.

При удалении фронта работ от промприбора на значительное расстояние (150-200 м) его стоянка может быть перенесена вверх по траншее с развалкой отвалов для организации новой стоянки промприбора и наращиванием трубопровода водоснабжения. Сброс жидких хвостов обогащения в илоотстойник будет осуществляться по траншее.

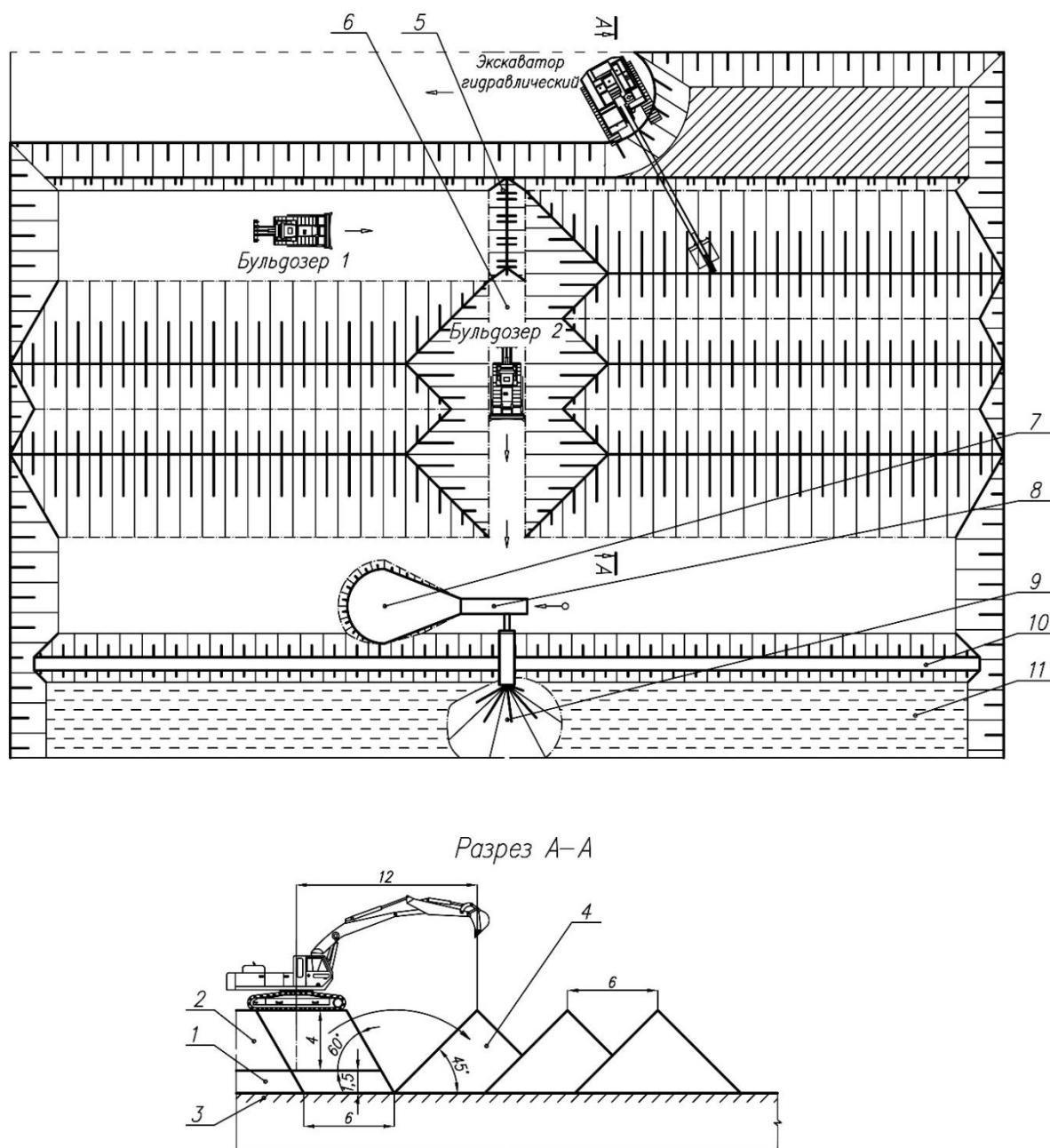


Рис. 1. Технология разработки неглубокой россыпи с внутренним отвалообразованием: 1 – пески; 2 – торфы; 3 – плотик; 4 – внутренние отвалы; 5 – навал песков; 6 – траншея между отвалами; 7 – галечный отвал; 8 – промприбор; 9 – эфельный отвал; 10 – дамба; 11 – илоотстойник
Fig. 1. Technology for developing shallow placer with internal waste disposal: 1 is sands; 2 is peat; 3 is bedrock; 4 is internal dumps; 5 is sand pile; 6 is trench between dumps; 7 is pebble dump; 8 is washing plant; 9 is lixiviation dump; 10 is dam; 11 is mud sump

При увеличении мощности вскрышных пород и ширины россыпи вместо экскаватора типа обратная лопата может использоваться драглайн. При этом ширина заходок может быть увеличена, что позволяет разрабатывать и мерзлые россыпи с послойным оттаиванием песков.

На рис. 2 приведена технологическая схема разработки широкой мерзлой россыпи с использованием на вскрышных работах экскаватора ЭШ 10.70. В данном случае средняя мощность вскрышных пород 1 составляет около 5 м, мощность песков 2 около 1 м, ширина промышленного контура от 200 до 1600 м (в среднем около 950 м).

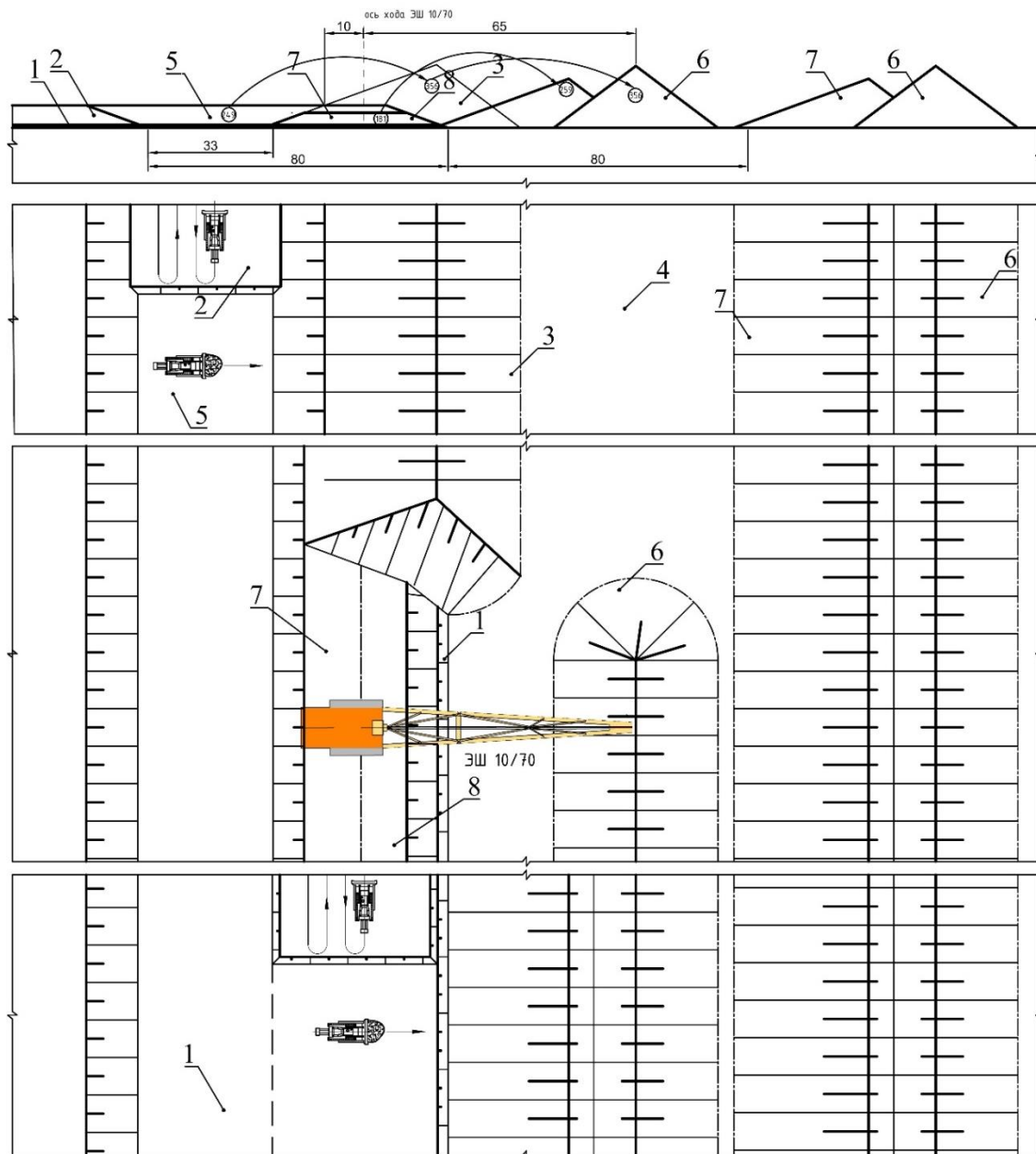


Рис. 2. Технологическая схема разработки мерзлых россыпей с внутренним отвалообразованием: 1 – пески; 2 – торфы; 3 – навал разрыхленных торфов; 4 – выработанное пространство; 5 – пионерная бульдозерная заходка с выемкой торфов, предназначенных для переэкскавации; 6 – внутренний экскаваторный отвал; 7 – внутренний бульдозерный отвал; 8 – оставшаяся часть торфов (целик под ход экскаватора), обрабатываемая бульдозером без переэкскавации

Fig. 2. Technological scheme for the development of frozen placers with internal waste disposal: 1 is sands; 2 is peat; 3 is bulk of loosened peat; 4 is developed area; 5 is bulldozer approach with excavation of peat intended for re-excavation; 6 is internal excavator dump; 7 is internal bulldozer dump; 8 is the remaining part of the peat (for the excavator), processed by a bulldozer without re-excavation

Предлагаемая технология предусматривает предварительную подготовку мерзлых торфов механическим рыхлением мощным бульдозером. После рыхления верхнего слоя мощностью 0,8-1,2 м бульдозер производит выемку разрыхленных торфов и транспортировку их в навал 3 со стороны выработанного пространства 4. После этого производится рыхление и выемка нижележащего слоя с наращиванием навала подготовленных для переэкскавации пород. После удаления с выемочного блока верхней части торфов мощностью 2,5-3,0 м производится выемка оставшегося слоя торфов (2,5-3,0 м) вдоль внешней стороны вскрышной заходки (пионерная бульдозерная заходка 5). Вдоль внутренней стороны вскрышной заходки оставляется целик 8 по оси хода экскаватора-драглайна, так как установка экскаватора на разрыхленные мерзлые торфы в теплый период года может существенно осложнить его передвижение и работу. Оставленный на песках целик из пород вскрыши обеспечивает высокую устойчивость подстилающих пород вдоль хода экскаватора. После создания достаточно большого навала мерзлых пород экскаватором типа драглайн производится перевалка торфов из него во внутренней отвал 6. Затем осуществляется послойное рыхление, выемка и складирование бульдозером в отвал 7 торфов из целика с зачисткой кровли и откоса продуктивного пласта песков.

В зависимости от горнотехнических условий (в первую очередь коэффициента вскрыши), ширины блоков, используемого оборудования и времени года на послойной выемке непосредственно из целика торфов может использоваться и экскаватор-драглайн. Последнее позволит уменьшить коэффициент переэкскавации торфов.

После удаления торфов производится послойная (по мере оттаивания) выемка песков с их укладкой в навал. Выемка песков из навала осуществляется экскаватором (рис. 3) или погрузчиком с последующим их транспортированием к обоганительной установке.

Параметры обрабатываемых блоков устанавливаются исходя из производительности горнотранспортного оборудования, а также времени года. В летний период при глубине суточного оттаивания 0,1-0,15 м площадь блока может уменьшаться, а в осенне-весенний периоды с учетом замедления оттаивания – увеличиваться. При наличии в россыпи вялой мерзлоты и таликовых зон объемы выемки торфов из целика экскаватором могут существенно возрасти.

Предложенная технология, кроме снижения землёмкости горных работ, позволяет исключить использование автотранспорта при удалении вскрышных пород и за счет этого сократить себестоимость добычи полезного ископаемого.

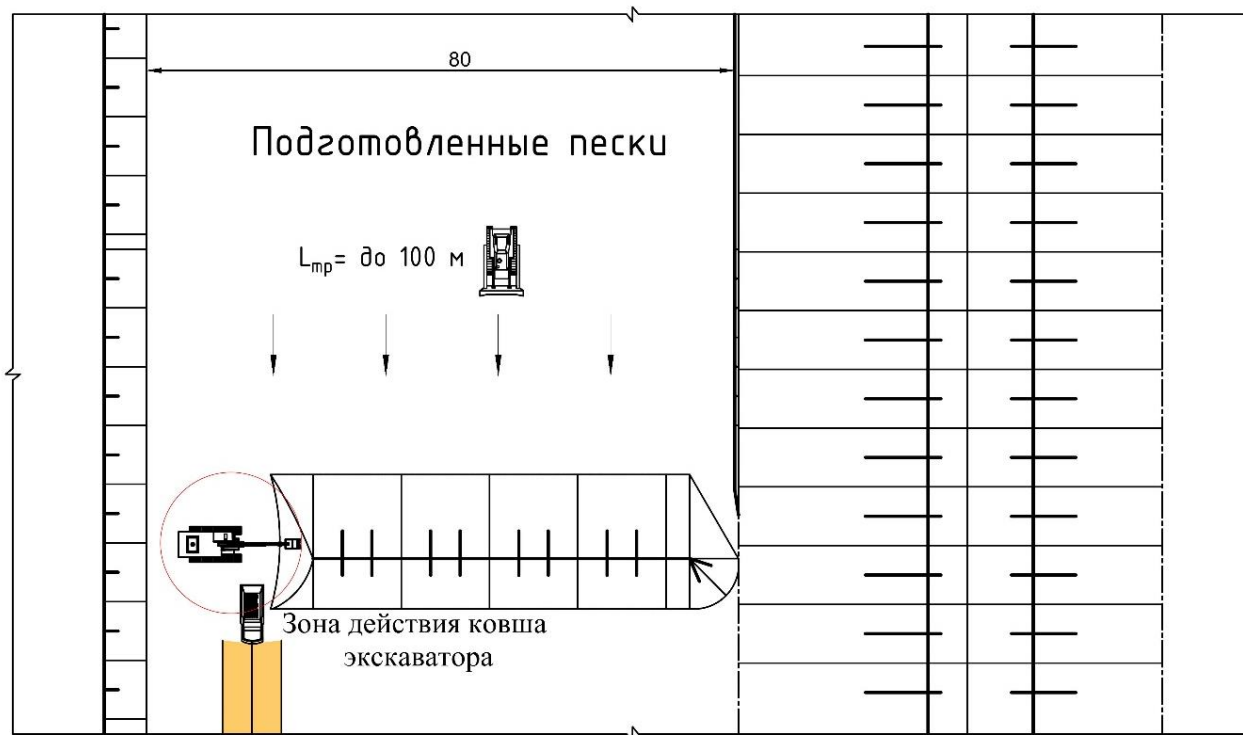


Рис. 3. Технология послойной выемки песков после складирования торфов в выработанное пространство
Fig. 3. The technology of layer-by-layer excavation of sands after peat storage in the developed space

Кроме того, размещение отвалов торфов и отходов обогащения в выработанном пространстве позволяет значительно сократить объемы работ по рекультивации, упростить и удешевить этот процесс. Объем работ по рекультивации для описанных выше условий и внутреннем отвалообразовании уменьшится на 35-55% по сравнению с технологией, предусматривающей складирование торфов во внешние отвалы, а стоимость рекультивации может сократиться в 1,5-2,0 раза.

Заключение

1. Предложенные технологические схемы разработки неглубоких россыпей с отсыпкой внутренних отвалов позволяют почти втрое сократить землеёмкость горных работ по сравнению с традиционными технологиями.

2. Внутреннее отвалообразование существенно упрощает последующую рекультивацию нарушенных земель и применительно к рассмотренным условиям разработки россыпей обеспечивает почти полукратное уменьшение объема земляных работ по восстановлению поверхности.

3. Предложенная технология разработки неглубоких россыпей с использованием на вскрышных работах экскаватора типа обратная лопата и размещением отвалов в выработанном пространстве позволяет до 30% сократить стоимость выемочно-транспортных работ по сравнению с традиционной транспортной технологией и до 40% уменьшить землеёмкость горных работ по сравнению с бульдозерным способом ведения вскрышных работ и размещением отвалов на бортах карьера.

4. Технология вскрышных работ на неглубоких россыпях с использованием комплекса бульдозер-драглайн в настоящее время использована в проекте разработки широкой россыпи в Якутии, что позволило сократить землеёмкость горных работ на 20%, а объемы рекультивации на 25% по сравнению с ранее принятой технологией бестранспортной вскрышки с размещением большей части отвалов на бортах полигона.

Список источников

1. Сафронов В.П., Зайцев Ю.В., Сафронов В.В. Значение критериев «удельная землеёмкость» и «землевание» в обороте земельных ресурсов при разработке месторождений // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2023. Вып.2. –С.313-321.
2. Yuriy Litvinov, Yevhen Terekhov, and Volodymyr Fenenko. Improvement of open field development technology as a factor in the formation of quality and market value of reclaimed land // E3S Web of Conferences 123, 0 (2019) Ukrainian School of Mining Engineering – 2019. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912301045>
3. Mormul T.M., Terekhov Ye.V. Environmental and economic estimation of technological solutions in terms of land resource conservation in the process of open-cast mining // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Himychoho Universytetu. 2017, no. 3, pp. 122-128.

4. Wilhelm Knabe. Methods and results of strip-mine reclamation in Germany // The Ohio Journal of Science. March, 1964, no. 64(2), pp. 75.
5. Петрова Т.А., Рудзиш Э. Виды мелиорантов для рекультивации техногенно нарушенных территорий горной промышленности // ГИАБ. 2021. №4. С. 100–112.
6. Косолапов О.В., Типизация воздействий, оказываемых на окружающую среду при разработке месторождений полезных ископаемых // Известие Уральского государственного горного университета. 2014. №2(34). С. 54-60.
7. Иванов Е.А., Тальгамер Б.Л. Анализ структуры земель, нарушенных при подземной разработке рудных месторождений // Науки о Земле и недропользование. 2023. № 46(4). С. 413-422. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-4-413-422>. EDN: WULGWZ.
8. Экологические аспекты выбора направления рекультивации при отработке месторождений полезных ископаемых / Корнилов С.В., Антонинова Н.Ю., Шубина А.А., Славикова В.Ю. // ГИАБ. 2021. №5-2. С. 218-230.
9. Селюков А.В. Оценивание землеёмкости угольных разрезов изменением системы открытой разработки // Известия Уральского государственного горного университета. 2016. Вып. 3(43). С. 82-86.
10. Гончаров М.С., Рожков И.М., Ларионова И.А. Добыча и использование горючих ископаемых как краеугольный камень концентрации геоэкологии в России // Экономика промышленности. 2020. Т 13. №4. С. 550-560.
11. Селюков А.В., Лопатин А.В. Организационно-методические аспекты проектирования технологий внутреннего отвалообразования на разрезах центрального и северного Кузбасса // Современные тенденции. 2021. №12. С. 165-171.
12. Тальгамер Б.Л. Экологическая оценка дражных работ // Известия вузов. Горный журнал. 1995. №3-4. С. 27-30.
13. Чебан А.Ю., Секисов А.Г. Комбинированная технология разработки сложноструктурных глубокозалегающих россыпей золота // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2023. Т.21 №1. С. 24-30.
14. Нечаев К.Б. Дудинский Ф.В. Технологии разработки россыпных месторождений драглайнами методом поперечных заходок // Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. №03 (118). С. 11-20.
15. Лешков В.Г. Разработка россыпных месторождений. М.: Горная книга, 2007. 906 с.
16. Петин А.Н., Толстомятова О.С., Петина М.А. Проблемы рекультивации земель, нарушенных горнодобывающим комплексом: российский и зарубежный опыт// Earth Sciences. 2017, no. 13, pp. 258-260.

References

1. Safronov V.P., Zaytsev Yu.V. Safronov V.V. The value of the criteria of specific land capacity and land use in the turnover of land resources in the development of mining fields. *Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle* [Izvestiya Tula State University. Earth sciences], 2023;(2):313-321. (In Russ.)

2. Yurii Litvinov, Yevhen Terekhov, and Volodymyr Fenenko. Improvement of open field development technology as a factor in the formation of quality and market value of reclaimed land. E3S Web of Conferences 123, 0 (2019) Ukrainian School of Mining Engineering (2019). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912301045>.
3. Mormul, T.M., Terekhov, Ye.V. Environmental and economic estimation of technological solutions in terms of land resource conservation in the process of open-cast mining. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2017;3:122-128.
4. WILHELM KNABE. Methods and results of strip-mine reclamation in Germany. The Ohio Journal of Science. 1964;64(2):75.
5. Petrova T.A. Rudzish E. Types of soil improvers for reclamation of technologically disturbed lands. GIAB [Mining Information and Analytical Bulletin], 2021;(4):100-112. (In Russ.)
6. Kosolapov O.V. Typification of impacts to the environment from developing of mineral deposits]. *Izvestie Uralskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta* [News of the Ural State Mining University], 2014;2(34):54-60. (In Russ.)
7. Ivanov E.A. Talgamer B.L. Analysis of the structure of lands disturbed by underground mining of ore deposits. *Nauki o Zemle i nedropolzovanie* [Earth sciences and sub-soil use], 2023;(46(4)):413-422. doi: 10.21285/2686-9993-2023-46-4-413-422. EDN: WULGWZ. (In Russ.)
8. Kornilkov S.V. Antoninova N.Yu. Shubina A.A. Ecological aspects of choosing a recultivation scenario in mineral mining. *GIAB* [Mining Information and Analytical Bulletin], 2021;5(2):218-230. (In Russ.)
9. Selyukov A.V. Evaluation of ground capacity of coal mines by modification of opencast mining system. *Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta* [News of the Ural State Mining University], 2016;(3(43)):82-86. (In Russ.)
10. Goncharov M.S. Rozhkov I.M. Larionova I.A. Extraction and use of fossil fuels as the cornerstone of geoecology concentration in Russia. *Ekonomika promyshlennosti* [Russian Journal of Industrial Economics], 2020;13(4):550-560. (In Russ.)
11. Selyukov A.V. Lopatin A.V. Organizational and methodological aspects of designing technologies for internal dumping in the mines of the central and northern Kuzbass]. *Sovremennye tendentsii* [Current trends], 2021;(12):165-171. (In Russ.)
12. Talgamer B.L. Environmental assessment of dredging operations. *Izvestiya VUZov. Gornyy zhurnal* [Minerals and Mining Engineering], 1995;(3-4):27-30. (In Russ.)
13. Cheban A.Yu. Sekisov A.G. Combined technology for the development of complex structure deep gold placers]. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2023;21(1):24-30. (In Russ.)
14. Nechaev K.B. Dudinskiy F.V. Technology development of loose deposits by draglines of cross-trenches. *Vestnik ZabGU* [Transbaikalian state university journal], 2015;(03(118)):11-20. (In Russ.)
15. Leshkov V.G. *Razrabotka rossypnykh mestorozhdeniy* [Development of placer deposits]. Moscow: Gornaya kniga, 2007, 906 p. (In Russ.)
16. Petin A.N. Tolstopyatova O.S. Petina M.A. The problems of reclamation of lands affected by the mining industry: Russian and international experience. *Earth sciences* [Earth sciences], 2017;(13):258-260. (In Russ.)

Поступила 03.02.2025; принята к публикации 13.03.2025; опубликована 30.09.2025
Submitted 03/02/2025; revised 13/03/2025; published 30/09/2025

Тальгамер Борис Леонидович – доктор технических наук, заведующий кафедрой, профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия.
Email: talgamer@ex.istu.edu. ORCID 0000-0003-1201-2693

Дорош Егор Алексеевич – технический директор, ООО «Бодайбинские россыпные месторождения», Иркутск, Россия.
Email: egordoros3@gmail.com. ORCID 0009-0002-9118-5583

Мешков Иван Анатольевич – аспирант кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия.
Email: meshkova@ex.istu.edu. ORCID 0009-0002-9118-5583

Рославцева Юлия Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия.
Email: roslavtseva@mail.ru. ORCID 0000-0001-8799-7269

Boris L. Talgamer – DrSc (Eng.), Head of Department,
Professor of the Department of Mineral Deposits Development
Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia.
Email: talgamer@ex.istu.edu. ORCID 0000-0003-1201-2693

Egor A. Dorosh – Technical Director ,
Bodaibinskiye Alluvial Deposits LLC, Irkutsk, Russia.
Email: egordoros3@gmail.com. ORCID 0009-0002-9118-5583

Ivan A. Meshkov – Postgraduate Student of the Department of Mineral Deposits Development
Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia.
Email: meshkovia@ex.istu.edu. ORCID 0009-0002-9118-5583

Yuliya G. Roslavl'tseva – PhD (Eng.), Associate Professor of the Department of Mineral Deposits Development
Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia.
Email: roslavl'tseva@mail.ru. ORCID 0000-0001-8799-7269