

# Повышение эффективности горнотехнических систем открытой геотехнологии за счет формирования техногенного неорельефа

А.Н. Добров, А.А. Хорешок ✉, С.О. Марков, М.А. Тюленев

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Российская Федерация

✉ haa.omit@kuzstu.ru

**Резюме:** Открытые горные работы сопровождаются нарушением природного равновесия, сложившегося в земной коре: создаются новые формы рельефа, происходит опускание участков земной поверхности, изменяется водный режим местности и т.д. Кроме того, отвалы вскрышных пород и отработанные карьеры становятся существенным и постоянным признаком рельефа, ограничивают рост городов и требуют изъятия земельных угодий для своего размещения. В связи с этим актуальными являются вопросы совершенствования технологии открытых горных работ в направлении возможности сохранения земельного фонда, формирования неорельефа и горнотехнического оформления отвалов под биологическую рекультивацию. В исследовании определен ряд первоочередных задач для повышения эффективности и экологичности горнотехнических систем открытой геотехнологии при выемке горизонтальных и пологих угольных пластов: 1) разработка технологических схем ведения горных работ с веерной отсыпкой поверхности внутренних отвалов; 2) экономическая оценка эффективности веерного способа отсыпки поверхности внутренних отвалов; 3) технико-экономическая оценка схем отработки участков горных работ без формирования одиночных гребней на рабочем борту с целью сохранения земельного фонда.

**Ключевые слова:** рекультивация, горнотехническая система, открытые горные работы, бестранспортная технология, неорельеф, геоэкология, ESG-трансформация

**Для цитирования:** Добров А.Н., Хорешок А.А., Марков С.О., Тюленев М.А. Повышение эффективности горнотехнических систем открытой геотехнологии за счет формирования техногенного неорельефа. *Горная промышленность*. 2026;(2):86–91. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2026-2-86-91>

## Improving the efficiency of surface mining systems through formation of man-made new terrains

A.N. Dobrov, A.A. Khoreshok ✉, S.O. Markov, M.A. Tyulenev

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russian Federation

✉ haa.omit@kuzstu.ru

**Abstract:** Surface mining is accompanied by a disruption of the natural balance established in the Earth's crust where new landforms are created, areas of the Earth's surface subside, the water regime of the area changes, etc. In addition, spoil heaps and abandoned open-pit mines become significant and permanent terrain features, limiting growth of the cities and requiring withdrawal of lands for their allocation. In this regard, it is important to improve the surface mining technology in order to preserve the land resources, form new terrains, and design spoil heaps for biological reclamation. This paper identifies a number of priority tasks for improving the efficiency and environmental safety of the surface mining systems when developing flat and gently dipping coal seams: (1) Development of mining operation plans involving fan spreading over the surface of the internal spoil heaps; (2) Assessment of economic efficiency of the fan spreading method to cover the surface of the internal spoil heaps; (3) Technical and economic assessment of the mining plans for specific mining areas without forming individual ridges on the highwall with the aim of conserving the land resources.

**Keywords:** reclamation, mining system, surface mining, direct dumping method, new terrain, geoecology, ESG transformation

**For citation:** Dobrov A.N., Khoreshok A.A., Markov S.O., Tyulenev M.A. Improving the efficiency of surface mining systems through formation of man-made new terrains. *Russian Mining Industry*. 2026;(2):86–91. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2026-2-86-91>

## Введение

При воздействии со стороны промышленных объектов открытых горных работ на природные ландшафты происходит изменение общего вида ландшафта и его рельефа. В процессе добычи полезных ископаемых нарушается геологическая основа ландшафта, что приводит к созданию совершенно новых элементов и форм рельефа. Новые, или антропогенные формы рельефа обусловлены двумя причинами: первая – антропогенной денудацией, т.е. образованием различных видов выемок за счет изъятия породы из определенных участков земной поверхности (выработочное пространство карьера, внешние и внутренние траншеи, провалы и т.д.), вторая – антропогенной аккумуляцией за счет накопления перемещенной горной массы, т.е. создания насыпей различной формы и протяженности – внешних и внутренних отвалов, навалов пород, насыпей, дамб, плотин, гидроотвалов и т.д. Появление на поверхности таких огромных объемов новых для ландшафта глубинных пород с весьма низкой биогенностью и незначительной выраженностью процессов выветривания в совокупности со значительными изменениями самого рельефа и почти полным уничтожением всех сложившихся на этой территории биогеоценозов оказывает существенное влияние на изменение всей совокупности природных явлений, а именно:

- а) частичное или полное уничтожение растительности, а также почв, свойственных первоначальному ландшафту; резкое снижение биологической продуктивности и т.д.;
- б) уменьшение фонда земель сельскохозяйственного и лесного пользования и соответствующее нарушение природных соотношений между территориями, покрытыми лесной растительностью, и пространствами с естественной и культурной травянистой растительностью;
- в) изменение типа и скорости геохимического стока и биохимического круговорота химических процессов и в первую очередь класса ландшафта по элементам и ионам водных мигрантов;
- г) усиление окружающих денудационных форм неорельефа территорий и истощение запасов подземных вод;
- д) загрязнение почв и грунтовых вод продуктами выветривания глубинных пород.

## Технологические мероприятия по рекультивации породных отвалов

С учетом современных тенденций развития минерально-сырьевой базы угольной промышленности [1; 2] возрастает значение рекультивационных работ на разрезах. Исторически сложилось так, что рекультивация как комплекс определенного вида работ по восстановлению земельных ресурсов возникла в тот период, когда воздействие человека с помощью машин на земную кору достигло таких размеров, которые сравнимы с крупными земными катастрофами. По мнению ряда специалистов, успешное решение проблемы рекультивации нарушенных горными работами земель возможно при следующих условиях:

- 1) ведение горных работ в такой последовательности, что породы вскрыши, формирующие откосы отвалов, будут оставаться длительное время устойчивыми на период создания растительного покрова и уменьшения эрозии поверхности отвала [3];
- 2) проведение мероприятий по предотвращению или нейтрализации кислотности поверхности и откосов отвалов [4; 5];

3) предотвращение загрязнения рек, ручьев, иных водотоков и эрозии почв [6; 7];

4) защиты лесов в процессе разработки месторождения и восстановлении их после отработки месторождения [8].

Данные условия изучались для Кузбасса [9–12] и других регионов России [13–16].

При горнотехнической рекультивации основное внимание должно быть уделено правильному и рациональному оформлению отвалов для обеспечения их хозяйственного освоения. Основные требования к оформлению отвалов следующие:

- откосы отвала должны быть уложены как с учетом обеспечения их дальнейшей устойчивости, так и с учетом требований их будущего использования;
- поверхность отвала для сельскохозяйственного использования должна быть ровной с небольшим односторонним уклоном в пределах 3–5° для стока избыточных атмосферных осадков и спланирована так, чтобы имелась возможность применения тяжелой сельхозтехники;
- в случае лесонасаждения или посадки кустарника может допускаться террасирование или создание слабоболотистой поверхности, но без местных бессточных понижений. Поверхность отвалов должна покрываться глинами, суглинками и перекрываться наиболее плодородными грунтами, снимаемыми во время вскрышных работ.

Ю.И. Денисов разработал классификацию технологических схем рекультивации породных отвалов в условиях Кузбасса [17]. Валовое формирование рекомендуется при преобладании в общем объеме вскрыши рыхлых малоплодородных, но нетоксичных пород с удовлетворительными лесорастительными свойствами, а селективное формирование рекомендуется при наличии во вскрышной толще токсичных пород, которые необходимо размещать в нижней части отвала.

Эффективность веерного способа формирования поверхности отвала при бестранспортной разработке горизонтальных пластов впервые изучалась В.А. Овчинниковым [18], и в дальнейшем на основе этой публикации были разработаны «Временные указания по проектированию горнотехнической рекультивации...»<sup>1</sup>, а годом позже – «Временные методические указания по рекультивации земель в угольной промышленности»<sup>2</sup>. В этой работе обосновывается необходимость применения веерного способа отсыпки внутренних отвалов с двух позиций:

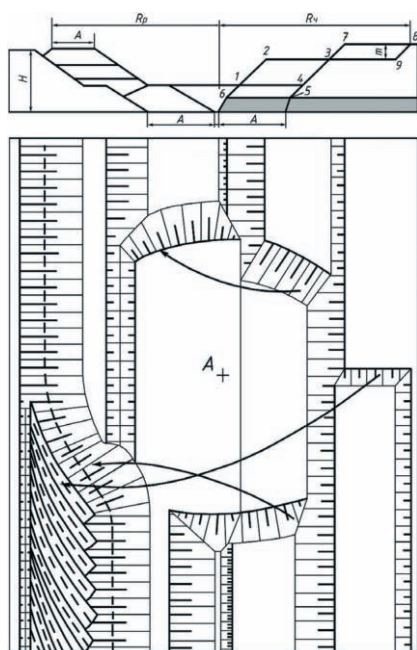
- при веерной отсыпке отвалов снижается объем планировочных работ, тем самым снижаются затраты на рекультивацию;
- при снижении объемов планировочных работ уменьшается уплотнение поверхностного слоя грунта, улучшаются аэрация и условия роста растений.

В.А. Овчинников детально исследовал механизм веерной отсыпки и разработал методику расчета параметров схем экскавации для условий разработки одиночного горизонтального пласта с мягкими вскрышными породами, включающими токсичные прослойки, поэтому все предлагаемые схемы характеризуются селективным формированием отвала [18].

Например, схема селективного формирования отвалов с использованием одного экскаватора, установленного на

<sup>1</sup> Временные указания по проектированию горнотехнической рекультивации земель, нарушенных открытыми разработками... Днепропетровск; 1979. 130 с.

<sup>2</sup> Временные методические указания по рекультивации нарушенных земель в угольной промышленности. Пермь; 1980. 300 с.



**Рис. 1**  
Схема отработки смещенных заходок при селективном формировании отвала

**Fig. 1**  
A diagram of the mining operation using offset passes in selective spoil dumping

промежуточном отвале<sup>3</sup>. Уступ разрабатывается одновременно двумя подступами смещенными по ним заходками (рис. 1). Селективное формирование отвала обеспечивается определенным порядком разработки забоев: вначале экскаватор обрабатывает часть уступа (1-2-3-4) верхним черпанием, создавая промежуточный отвал, затем вынимает нижнюю часть уступа (1-4-5-6) и производит переэкскавацию с веерной отсыпкой отвала. Цикл завершается выемкой грунта из передового подступа смежной заходки (3-7-8-9) с размещением плодородного слоя на поверхности отвала и передвижкой экскаватора на новое рабочее место установки.

Недостатком этой схемы является уменьшение ширины вскрышной заходки примерно в два раза, а также некоторое увеличение коэффициента переэкскавации и снижение чистоты раздельной выемки плодородного слоя по сравнению с предыдущей схемой.

Селективная разработка вскрышных уступов и веерная отсыпка поверхности отвалов также нашли применение на ряде разрезов страны<sup>4</sup> [19; 20]. Например, на разрезе «Азейский» рекомендована простая бестранспортная система разработки двух сближенных пластов с мощностью вскрыши до 20 м экскаватором ЭШ 25.100. Внедрение селективной схемы экскавации на этом разрезе позволяет выполнить основной объем работ по рекультивации основным технологическим оборудованием в процессе вскрышных работ, обеспечивая при этом оптимальные условия для проведения последующего биологического этапа рекультивации. Однако из-за особенностей схемы экскавации, а именно увеличения средневзвешенного угла поворота драглайна со  $116^\circ$  при валовом способе

выемки до  $121^\circ$  при селективном и снижении коэффициента наполнения ковша при снятии верхнего потенциально плодородного слоя, производительность экскаватора уменьшается на 10–12%.

Таким образом, для условий центрального Кузбасса и подобных им актуальной является разработка бестранспортных технологических схем с веерной отсыпкой поверхности отвала.

При существующем способе формирования поверхности внутреннего отвала образуются системы параллельных гребней по всей длине фронта работ. Рассмотрим образование форм неорельефа при существующей технологии отработки.

Возникновение новых форм рельефа зависит от трех основных факторов: принятой системы разработки, способа и схемы вскрытия участка и порядка отработки последней заходки участка. При бестранспортной системе разработки основной формой неорельефа является система гребней внутренних отвалов. В принципе, площадь внутренних отвалов должна соответствовать площади горного отвала участка. Однако на практике при существующей технологии отработки участков возникают сопутствующие формы, расширяющие площадь нарушения земной поверхности. Это в основном навалы пород, образующиеся при проведении вскрышающих выработок и при отработке последней заходки. Также бывают случаи возникновения провалов [21], обусловленные влиянием подземных горных работ, – весьма часто имеет место ситуация, когда одно и то же месторождение одновременно обрабатывается и открытым, и подземным способом, вследствие чего возникают отрицательные формы техногенного неорельефа, которые впоследствии должны быть ликвидированы.

Вскрытие участков на разрезах обычно осуществляется траншеями, расположенными по флангам, или одной центральной траншеей. Применяются также схемы центрально-флангового вскрытия: двумя фланговыми траншеями и одной центральной траншеей внешнего заложения. Строительство выездных и разрезных траншей осуществлялось драглайнами, которые укладывали породу на бортах траншей в виде одиночного навала, причем данные объемы пород могут быть использованы в дальнейшем как материал для строительства искусственного фильтрующего массива [22–24] – сооружения для первичной очистки карьерных сточных вод, для чего необходим учет литологии [25; 26] и грансостава [27] этих навалов. Такой подход подразумевает активное использование отходов горного производства [28; 29].

Возникает также одиночный навал на рабочем борту участка при отработке последней заходки. В настоящее время принято часть породы последней заходки выкладывать на рабочий борт с целью снижения объемов переэкскавации, однако это приводит к занятию земной поверхности навалом шириной 50–75 м и длиной, равной длине фронта работ. Площадь такого навала составляет до 25% от общей нарушенной поверхности участка. Таким образом, предлагается рассмотреть схемы отработки участков, соответствующие снижению площадей, занимаемых одиночными навалами, и тем самым обеспечивающие сохранение земельного фонда, что можно связать с внедрением технологической ESG-трансформации предприятия [30], поскольку существующая технология горных работ предопределяет возникновение форм неорельефа, обусловленных как антропогенной денудацией (траншеи, остаточное

<sup>3</sup> Временные указания по проектированию горнотехнической рекультивации земель, нарушенных открытыми разработками... Днепропетровск; 1979. 130 с.

<sup>4</sup> Применение бестранспортной системы разработки на угольных разрезах / МУП СССР. ЦНИЭИуголь. М.; 1971. 76 с.

выработанное пространство), так и антропогенной аккумуляцией (системы гребней внутренних отвалов, навалы и гидроотвалы).

#### **Выводы**

Анализ горно-геологических условий и существующей технологии ведения горных работ позволил с учетом существующих теоретических и практических направлений в рекультивации определить актуальные задачи исследования:

1. Разработка технологических схем ведения горных работ с веерной отсыпкой поверхности внутренних отвалов.
2. Экономическая оценка эффективности веерного способа отсыпки поверхности внутренних отвалов.
3. Технично-экономическая оценка схем отработки участков горных работ без формирования одиночных гребней на рабочем борту с целью сохранения земельного фонда.

#### **Список литературы / References**

1. Шаклеин С.В., Писаренко М.В., Рогова Т.Б. Тенденции развития минерально-сырьевой базы угольной промышленности Кузбасса. *Техника и технология горного дела*. 2024;(1):4–22. <https://doi.org/10.26730/2618-7434-2024-1-4-22>  
Shaklein S.V., Pisarenko M.V., Rogova T.B. Trends in the mineral resource base development of the Kuzbass coal industry. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2024;(1):4–22. (In Russ.) <https://doi.org/10.26730/2618-7434-2024-1-4-22>
2. Копытов А.И., Новоселов С.В., Куприянов А.Н., Куприянов О.А. Тенденции развития угольной промышленности Кузбасса и перспективы восстановления природных экосистем в аспекте энергетического перехода до 2050 г. *Уголь*. 2024;(3):87–93. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2024-3-87-93>  
Kopytov A.I., Novoselov S.V., Kupriyanov A.N., Kupriyanov O.A. Trends in the development of the Kuzbass coal industry and prospects for the restoration of natural ecosystems in the aspect of energy transition until 2050. *Ugol'*. 2024;(3):87–93. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2024-3-87-93>
3. Трофимов С.С. *Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области*. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние; 1975. 300 с.
4. Игнатьева М.Н., Юрак В.В., Душин А.В., Пустохина Н.Г. Методическое обеспечение оценки эффективности рекультивационных работ в России: специфика развития. *ЭКО*. 2023;(8):172–192. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2023-8-172-192>  
Ignatyeva M.N., Yurak V.V., Dushin A.V., Pustokhina N.G. Guidelines for evaluating the effectiveness of reclamation work in Russia: specific features of development. *ECO*. 2023;(8):172–192. (In Russ.) <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2023-8-172-192>
5. Быкова Г.И., Косточкина О.В., Иванова Е.И., Конева Е.Ю. Восстановление ландшафтов, поврежденных свалками, бывшими промышленными зонами и кратерами отработанных карьеров. *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. 2024;19(1):43–49. <https://doi.org/10.33920/sel-04-2401-06>  
Bykova G.I., Kostochkina O.V., Ivanova E.I., Koneva E.Yu. Restoration of landscapes damaged by landfills, former industrial areas and craters of exhausted quarries. *Land Management, Monitoring and Cadastre*. 2024;19(1):43–49. (In Russ.) <https://doi.org/10.33920/sel-04-2401-06>
6. Колесников Б.П., Пикалова Г.М. К вопросу о классификации промышленных отвалов как компонентов техногенных ландшафтов. В кн.: *Растения и промышленная среда*. Свердловск: УрГУ; 1974. Сб. 3. С. 3–28. Режим доступа: <https://elar.urfu.ru/handle/10995/30153> (дата обращения: 15.12.2025).
7. Семина И.С., Андроханов В.А. Сопряженный анализ результатов почвенно-экологических, геоботанических исследований и оценка возможности использования отходов углеобогащения для рекультивации нарушенных земель. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2025;(1):20–33. [https://doi.org/10.25018/0236\\_1493\\_2025\\_1\\_0\\_20](https://doi.org/10.25018/0236_1493_2025_1_0_20)  
Semina I.S., Androkhonov V.A. Joint analysis of soil ecology and geobotany research findings and applicability of coal preparation waste in disturbed land reclamation. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2025;(1):20–33. (In Russ.) [https://doi.org/10.25018/0236\\_1493\\_2025\\_1\\_0\\_20](https://doi.org/10.25018/0236_1493_2025_1_0_20)
8. Артамонова В.С., Бортникова С.Б. Экологические аспекты рекультивации почв на отвалах вскрышных пород в районах угледобычи. *Антропогенная трансформация природной среды*. 2022;8(1):48–57. <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2022-1-48-57>  
Artamonova V.S., Bortnikova S.B. Ecological aspects of soil reclamation on overburden dumps in coal mining areas. *Anthropogenic Transformation of Nature*. 2022;8(1):48–57. (In Russ.) <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2022-1-48-57>
9. Гоголин В.А., Лесин Ю.В., Литвин О.И., Литвин Я.О. Гидронамыв рекультивационного слоя для восстановления нарушенных земель на разрезах Кузбасса. *Техника и технология горного дела*. 2021;(1):69–86. <https://doi.org/10.26730/2618-7434-2021-1-69-86>  
Gogolin V.A., Lesin Yu.V., Litvin O.I., Litvin Ya.O. Hydrofilling of the reclamation layer for recovery of disturbed lands at Kuzbass open pit mines. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2021;(1):69–86. (In Russ.) <https://doi.org/10.26730/2618-7434-2021-1-69-86>

10. Брагина П.С., Герасимова М.И. Почвообразовательные процессы на отвалах горнодобывающих предприятий (на примере юга Кемеровской области). *География и природные ресурсы*. 2014;(1):45–51.  
Bragina P.S., Gerasimova M.I. Pedogenic processes on mining dumps (a case study of southern Kemerovo oblast). *Geography and Natural Resources*. 2014;35(1):35–40. <https://doi.org/10.1134/S1875372814010053>
11. Семина И.С., Андроханов В.А. Почвенно-экологическое обследование участков, рекультивированных отходами углеобогащения, на примере Кемеровской области – Кузбасса. *Уголь*. 2021;(7):57–62. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2021-7-57-62>  
Semina I.S., Androkhonov V.A. Environmental and soil survey of sites reclaimed using coal processing wastes, as exemplified by the Kemerovo region, Kuzbass. *Ugol'*. 2021;(7):57–62. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2021-7-57-62>
12. Новичкова Ж.С. Техногенные ландшафты кузнецкой котловины как результат воздействия антропогенного фактора. *Ratio et Natura*. 2023;(2):77.  
Novichkova Zh.S. Man-made terrains of the Kuznetsk Basin as a result of human activity. *Ratio et Natura*. 2023;(2):77. (In Russ.)
13. Голубев Д.А., Крупская Л.Т. Перспективные технологии рекультивации нарушенных горными работами земель в ДФО. *Проблемы недропользования*. 2014;(1):88–94. Режим доступа: <https://trud.igduran.ru/index.php/psu/article/view/14> (дата обращения: 17.12.2025).  
Golubev D.A., Krupskaya L.T. Advanced technologies of reclamation lands disturbed by mining in the FEFA. *Problems of Subsoil Use*. 2014;(1):88–94. (In Russ.) Available at: <https://trud.igduran.ru/index.php/psu/article/view/14> (accessed: 17.12.2025).
14. Шелканов Н.С., Овешников Ю.М., Субботин Ю.В. Рекультивация отвалов вскрышных пород на угольных разрезах Забайкальского края. *Вестник Забайкальского государственного университета*. 2012;(11):28–33.  
Shchelkanov N.S., Oveshnikov Yu.M., Subbotin Yu.V. Reclamation of tailings dumps at coal mines of Zabaykalsky region. *Transbaikal State University Journal*. 2012;(11):28–33. (In Russ.)
15. Петров А.А., Саввинов Г.Н., Миронова С.И. Почво-восстановительные процессы на отвалах вскрышных пород каменноугольных месторождений южной Якутии. *Экология урбанизированных территорий*. 2024;(3):54–59. <https://doi.org/10.24412/1816-1863-2024-3-54-59>  
Petrov A.A., Savvinov G.N., Mironova S.I. Soil restoration processes on coal deposit dumps in southern Yakutia. *Ekologiya Urbanizirovannykh Territoriy*. 2024;(3):54–59. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/1816-1863-2024-3-54-59>
16. Зеньков И.В., Нефедов Б.Н., Барадудин И.М., Юронен Ю.П., Вокин В.Н., Кирюшина Е.В. *Технологии рекультивации и обустройство нарушенных земель в Западной и Восточной Сибири*. Красноярск: Сибирский федеральный университет; 2015. 308 с.
17. Денисов Ю.И. *Технологические основы и экономическая эффективность восстановления (рекультивации) нарушенных территорий на угольных разрезах Урала и Кузбасса* [дис. ... канд. техн. наук]. Магнитогорск; 1971.
18. Овчинников В.А. *Восстановление поверхности при бестранспортных системах*. Тула: Приок. кн. изд-во; 1967. 72 с.
19. Смагин В.П. Опыт и направления совершенствования бестранспортных технологических схем на разрезах АО «Востсибуголь». *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 1997;(5):161–164.  
Smagin V.P. Experience and areas for improvement of the direct dumping methods at the strip mines of the Vostsibugol JSC. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 1997;(5):161–164. (In Russ.)
20. Федорова Е.А. Параметризация технологических схем селективного отвалообразования бестранспортной системы разработки. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2006;(10):239–249.  
Fedorova E.A. Parameterization of the process flows for selective spoil disposal in the direct dumping mining system. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2006;(10):239–249. (In Russ.)
21. Тюленева Т.А. Совершенствование технологии ликвидации провалов над горными выработками. *Техника и технология горного дела*. 2021;(1):4–26. <https://doi.org/10.26730/2618-7434-2021-1-4-26>  
Tyuleneva T.A. Improving the technology of elimination of sinkholes over mining workings. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2021;(1):4–26. (In Russ.) <https://doi.org/10.26730/2618-7434-2021-1-4-26>
22. Tyulenev M., Markov S., Makridin E., Lesin Yu., Gogolin V. Determination of the artificial filtering massif location for purification quarry wastewaters of Kamyshansky open pit mine. *E3S Web of Conferences*. 2019;105:02022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910502022>
23. Makridin E., Markov S., Murko E., Lesin Yu., Hellmer M. Theoretical background of quarry wastewater filtering through filters of coarse-grained blasted overburden rocks. *E3S Web of Conferences*. 2020;174:01056. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017401056>
24. Макридин Е.В., Тюленев М.А., Марков С.О., Лесин Ю.В., Мурко Е.В. Использование вскрышных пород для повышения экологической безопасности угледобывающего региона. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2020;(12):89–102. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2020-12-0-89-102>  
Makridin E.V., Tyulenev M.A., Markov S.O., Lesin Yu.V., Murko E.V. Overburden management towards higher safety in coal mining regions. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2020;(12):89–102. (In Russ.) <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2020-12-0-89-102>
25. Murko E., Janočko Ju., Makridin E.V., Kapko M. On the need to consider the lithological composition of overburden rocks in the design of waste water treatment plants at open pit mines. *E3S Web of Conferences*. 2021;315:02013. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131502013>

26. Макридин Е.В., Тюленев М.А., Марков С.О. Экспериментальные исследования фильтрования карьерных сточных вод в крупнокусковых массивах из разрушенных горных пород в условиях разреза «Камышанский». *Техника и технология горного дела*. 2020;(2):4–25. <https://doi.org/10.26730/2618-7434-2020-2-4-25>  
Makridin E.V., Tyulenev M.A., Markov S.O. Experimental study of the quarry wastewater filtering in coarse-grained massifs of rock debris at Kamyshansky open pit mine. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2020;(2):4–25. (In Russ.) <https://doi.org/10.26730/2618-7434-2020-2-4-25>
27. Марков С.О., Мурко Е.В., Непша Ф.С. Гранулометрический состав отвальных массивов разрезов Кузбасса. *Горные науки и технологии*. 2021;6(4):259–266. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2021-4-259-266>  
Markov S.O., Murko E.V., Nepsha F.S. Grain size distribution of waste rock masses of Kuzbass coal strip mines. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2021;6(4):259–266. (In Russ.) <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2021-4-259-266>
28. Михайлов В.Г. Обзор современных направлений обеспечения геоэкологической безопасности. *Техника и технология горного дела*. 2023;(1):71–97. <https://doi.org/10.26730/2618-7434-2023-1-71-97>  
Mikhailov V.G. Overview of current trends in geo-environmental safety. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2023;(1):71–97. (In Russ.) <https://doi.org/10.26730/2618-7434-2023-1-71-97>
29. Хорешок А.А., Литвин О.И., Дубинкин Д.М., Марков С.О., Тюленев М.А. Синергетический подход к решению геоэкологических проблем угледобывающих и углеперерабатывающих субкластеров. *Уголь*. 2022;(12):82–87. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-12-82-87>  
Khoreshok A.A., Litvin O.I., Dubinkin D.M., Markov S.O., Tyulenev M.A. Synergetic approach to solving geo-environmental problems of coal mining and coal processing subclusters. *Ugol'*. 2022;(12):82–87. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-12-82-87>
30. Виснап А.А., Тюленев М.А. Технологическая ESG-трансформация системы открытой разработки в условиях действующего горного предприятия. *Техника и технология горного дела*. 2023;(3):4–15. <https://doi.org/10.26730/2618-7434-2023-3-4-15>  
Visnap A.A., Tyulenev M.A. Technological ESG transformation of the surface mining system in the circumstances of an operating mining company. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2023;(3):4–15. (In Russ.) <https://doi.org/10.26730/2618-7434-2023-3-4-15>

#### **Информация об авторах**

**Добров Александр Николаевич** – соискатель кафедры горных машин и комплексов, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Российская Федерация

**Хорешок Алексей Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, кафедра горных машин и комплексов, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-3261-0933>; e-mail: haa.omit@kuzstu.ru

**Марков Сергей Олегович** – кандидат технических наук, доцент, кафедра открытых горных работ, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-3209-0296>

**Тюленев Максим Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой открытых горных работ, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-0227-8837>

#### **Information about the authors**

**Alexander N. Dobrov** – Senior Researcher, Department of Mining Machines and Complexes, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russian Federation

**Aleksey A. Khoreshok** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department of Mining Machines and Complexes, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-3261-0933>; e-mail: haa.omit@kuzstu.ru

**Sergey O. Markov** – Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, Department of Open Pit Mining, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-3209-0296>

**Maxim A. Tyulenev** – Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, Chief of Open Pit Mining Department, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-0227-8837>

#### **Article info**

Received: 26.12.2025

Revised: 16.02.2026

Accepted: 24.02.2026

#### **Информация о статье**

Поступила в редакцию: 26.12.2025

Поступила после рецензирования: 16.02.2026

Принята к публикации: 24.02.2026