

## О НЕОБХОДИМОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ ЧЕРНОГОРСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В.В. Сидоров<sup>1</sup>, А.И. Косолапов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт горного дела, геологии и геотехнологий, Сибирский федеральный университет,  
Красноярск, Россия, e-mail: bestll@mail.ru

**Аннотация:** При погрузке автосамосвалов используется выемочное оборудование большой единичной мощности. Относительно малые габаритные размеры и высокая мобильность определяют возможность высокой концентрации горных работ. В данных условиях возрастает динамика подвигания забоев автотранспортной вскрыши и добычи. Происходит значительное отставание перемещения забоев, разрабатываемых по бестранспортной технологии. Эффективность работы экскаваторов-драглайнов снижается. Необходимо обоснование параметров технологических схем, повышающих эффективность работы предприятия при разработке свиты пластов пологого падения, с комбинацией транспортной и бестранспортной технологий. Отставание подвигания фронта горных работ драглайнов возможно компенсировать за счет оптимизации высоты бестранспортного уступа. При этом перераспределение вскрышных работ будет происходить в сторону увеличения объемов, обрабатываемых с использованием автотранспорта. Следовательно, для повышения эффективности работы разреза, способы интенсификации бестранспортной технологии при сплошной системе разработки следует рассматривать в комплексе с повышением эффективности работы автотранспорта. Эффективность работы карьерного автотранспорта в большей мере зависит от расстояния транспортирования. Так, при увеличении объемов автотранспортной вскрыши затраты на транспортирование дополнительных объемов возможно компенсировать сокращением плеча откатки. Реализовать это возможно замещением объемов бестранспортных отвалов в выработанном пространстве, отсыпкой бульдозерных отвалов. Также значительное влияние на эффективность работы технологических комплексов перевалки породы оказывает коэффициент переэкскавации, снижение величины которого можно достичь оптимизацией горизонта установки экскаватора на развале вскрышных пород.

**Ключевые слова:** свита пластов, сплошная система разработки, экскаватор-драглайн, эффективность, переэкскавация, параметры технологических схем, высота уступа.

**Для цитирования:** Сидоров В.В., Косолапов А.И. Required optimization of process flow designs in open pit mining in the Chernogorsky coal field// Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 1. – С. 68–77. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-68-77.

### Required optimization of process flow designs in open pit mining in the Chernogorsky coal field

V.V. Sidorov<sup>1</sup>, A.I. Kosolapov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Siberian Federal University, Institute of Nonferrous Metals and Materials Science,  
Krasnoyarsk, Russia, e-mail: bestll@mail.ru

---

**Abstract:** Mining and loading machinery feature high unit capacity. Relatively small dimension and high mobility allow high concentration of mining operations. The rate of performance of truck-and-shovel stripping and excavation increases in such conditions. Advance of face cutting with direct dumping greatly lags behind. Efficiency of draglines lowers. It is required to design efficient process flows to improve mine potency in flat-pitching seam mining with combination of truck-and-shovel and direct dumping systems. Retardation of dragline operation front can be compensated by means of optimizing the height of the dragline benches. In this case, the work content of stripping with trucks and shovels will increase. Consequently, the improvement in open pit mining efficiency is achievable through intensification of mining with direct dumping with simultaneous enhancement of performance of dump trucks. Effectiveness of dump trucks in a greater degree depends on the distance of haulage. When volume of stripping with trucks and shovels grows, the cost of increased overburden haulage can be compensated by reduction in haul distance. To this end, it is possible to replace direct dumping in mined-out area by stacking using bulldozers. For another thing, performance of rehandling equipment is essentially governed by a rehandling factor value which can be decreased by optimizing excavator working level on a muck pile.

**Key words:** strata series, continuous highwall mining, dragline, efficiency, rehandling, process flow design, bench height.

**For citation:** Sidorov V.V., Kosolapov A.I. Required optimization of process flow designs in open pit mining in the Chernogorsky coal field. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(1):68-77. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-68-77.

---

Россия занимает шестое место по объемам добычи угля после Китая, США, Индии, Австралии, Индонезии (на долю России приходится примерно 4,5% мировой угледобычи). Фонд действующих угледобывающих предприятий России по состоянию на 01.10.2019 г. насчитывает 173 предприятия (шахты – 58, разрезы – 115). Переработка угля в отрасли осуществляется на 65 обогатительных фабриках и установках, а также на сортировках, которые имеются в составе большинства угольных компаний [1 – 3].

По данным 2018 г. в структуре товаров российского экспорта уголь занимал пятое место среди базовых продуктов (нефти, нефтепродуктов, газа и черных металлов), а выручка от его экспорта составила 17 млрд долл. США. При этом угольная генерация обеспечивает 50% производства электроэнергии в Сибири и на Дальнем Востоке. Продукция отрасли занимает 40% в грузообороте железных дорог [4].

Удельный вес открытого способа в общей добыче составляет 76%.

В настоящее время на мировом рынке цена на уголь падает. Возможные риски для угольной промышленности связаны со снижением потребления угольной продукции, нестабильностью угольных рынков, воздействием на окружающую среду. Угледобывающим предприятиям необходимо сократить издержки всех производственных циклов [5 – 9].

Минусинский угольный бассейн занимает седьмое место в стране по запасам и 3 – 4-е место по добыче каменных углей [10]. Отличаются данные угли высокой теплотворной способностью (23 – 27 МДж/кг), низкой зольностью (16 – 20%) и малым содержанием серы (0,6%). Располагается Минусинский угольный бассейн в южной части Центрально-Сибирского региона в приустьевой части р. Абакан. Основные запасы каменного угля региона сосредоточены на Бейском (3,3 млрд т) и Черногорском (1,5 млрд т) месторождениях, обработ-

ку которых производят открытым способом [11].

На современном этапе освоения Черногорского месторождения при погрузке автосамосвалов используют выемочное оборудование большой единичной мощности. Относительно малые габаритные размеры и высокая мобильность данного оборудования определяют возможность высокой концентрации горных работ. В данных условиях возрастает динамика подвигания забоев автотранспортной вскрыши и добычи. Происходит значительное отставание перемещения забоев, разрабатываемых по бестранспортной технологии. Эффективность работы экскаваторов-драглайнов снижается.

Необходимо увеличить скорость подвигания забоев шагающих экскаваторов с целью обеспечения соразмерного развития горных работ в транспортной и бестранспортной зонах. Как следствие, неизбежно сокращается высота отрабатываемых уступов, а также отгрузка части объемов перезекскавации и ее перевозка технологическим автотранспортом.

Оптимизация высоты бестранспортного уступа позволит снизить отставание подвигания фронта горных работ шагающих экскаваторов. Однако недостатком данного решения будет перераспределение вскрышных работ в сторону увеличения объемов, отрабатываемых на автотранспорт. Следовательно, для повышения экономической эффективности работы угледобывающего предприятия способы интенсификации бестранспортной технологии при сплошной системе разработки следует рассматривать в комплексе с повышением эффективности работы автотранспорта [12].

В свою очередь, эффективность работы автотранспорта в большей мере зависит от расстояния транспортирования горной массы. Так, при увеличении объемов автотранспортной вскрыши за-

траты на их перевозку возможно компенсировать сокращением плеча откатки. Реализовать это возможно замещением емкости бестранспортных отвалов в выработанном пространстве, отсыпкой бульдозерных отвалов [12 – 13].

Также значительное влияние на эффективность работы технологических комплексов перевалки породы оказывает коэффициент перезекскавации, снижение величины которого можно достичь оптимизацией горизонта установки экскаватора на развале вскрышных пород.

В данных условиях необходимо обоснование параметров технологических схем, повышающих эффективность работы предприятия при разработке свиты пластов пологого падения, с комбинацией транспортной и бестранспортной технологий.

Проблема наиболее актуальна для условий доработки Черногорского месторождения.

Предлагаемое решение заключается в возможности повышения эффективности работы горнотранспортного оборудования при сплошной системе разработки за счет определения рациональных параметров технологических схем экскавации: высотой установки драглайна на развале, шириной заходки, а также варьированием плеча откатки с изменением высоты отрабатываемого бестранспортного уступа.

Объект исследования составляют технологические схемы экскавации при комбинированной технологии разработки свиты пологих пластов.

Предмет исследования — связь параметров технологических схем экскавации с эффективностью работы угледобывающего предприятия.

### **Степень разработанности научной проблемы**

Условия использования бестранспортной технологии, параметры техно-

логических схем экскавации применительно к различным горнотехническим условиям месторождений полезных ископаемых — обширная и сложная проблема.

Вопросы основ проектирования технологических комплексов перевалки вскрышных пород во внутренние отвалы и методология расчета параметров технологических схем экскавации рассматривались в трудах советских и российских ученых. В их работах представлены теоретические основы расчета параметров бестранспортных схем экскавации при разработке монопластовых месторождений с мягкими или скальными вскрышными породами.

Обобщение представлено в «Типовых проектах систем разработки...» под редакцией академика Н.В. Мельникова [14], где приведены все существующие на тот период схемы экскавации, даны аналитические методы их расчета для горизонтальных и пологих пластов, залегающих в мягких породах. Рассмотрена также схема разработки драглайном одного пласта, залегающего в скальных породах. Для нее приводится расчет параметров БВР и развала горной массы. В схемах использовано смещение оси хода драглайна для лучшего использования разгрузочного параметра экскаватора с целью повышения вместимости второго яруса отвала [15].

Развитие теории применения бестранспортной технологии при разработке месторождений приходится на период 1960—1970 гг. В данный промежуток рассматривались вопросы расширения области эффективного применения экскаваторов-драглайнов [16—18]. Изучались возможности комбинированного транспортно-бестранспортного производства вскрышных работ, увеличение высоты обрабатываемого уступа драглайнами.

В 1971 г. А.В. Калинин предложил классификацию бестранспортных

схем экскавации, применяемых в любых горно-геологических условиях [19].

Н.Я. Репиным была разработана методика расчета параметров развала взорванной горной массы скальных пород при бестранспортной технологии.

После 1980-х гг. происходило дальнейшее развитие бестранспортной технологии.

Применение комплексов для перевалки вскрышных пород в выработанное пространство очень экономично и желательно во всех случаях, когда это возможно [20].

Расширение области применения данных технологических комплексов перевалки породы во внутренние или внешние отвалы — одно из основных направлений развития открытой добычи полезных ископаемых [21].

Развитием технологии перевалки вскрышных пород в период 1970—1990 гг. явилось широкое применение на открытых горных работах мощных экскаваторов-драглайнов с емкостью ковшей 15—40 м<sup>3</sup>, расширение географии использования и горнотехнических условий их применения.

Опыт угольных разрезов СССР в 1970—1980 гг. и зарубежный опыт применения драглайнов определил, что для повышения эффективности работы драглайнов необходим правильный выбор технологических схем вскрышных и добычных работ в конкретных горно-геологических условиях, а также совершенствование организации производственных процессов.

Экскаваторы-драглайны в 1976—1980 гг. использовались на 57 разрезах [22].

Работу драглайнов при отработке вскрышных уступов с перевалкой породы во внутренний отвал организовывали по простым схемам экскавации (черемховской, райчихинской, моховской, украинской). Применялись инди-

видуальные схемы, разрабатываемые с учетом особенностей конкретного месторождения.

На снижение эффективности бестранспортной технологии больше всего влияют объемы вторичной перевалки. Большая часть этих объемов приходится на перевалку промежуточных рабочих трасс. При отработке навалов имеет место работа экскаватора-драглайна верхним черпанием, что способствует снижению производительности. Из-за неполного использования технологических параметров драглайна также возрастают объемы переэкскавации.

В связи с увеличением абсолютных объемов вскрыши, повышение эффективности бестранспортной технологии возможно на базе применения более совершенных схем экскавации, проектируемых на основе новых технологических решений и организации работы драглайнов, позволяющих полнее реализовать их эксплуатационные возможности.

В типовых технологических схемах [22] определение области рационального применения бестранспортной технологии авторы предлагают производить на основе анализа затрат на ведение вскрышных работ по верхнему и нижнему слоям вскрышной толщи.

При этом рациональную область применения транспортной и бестранспортной схем рекомендовали устанавливать двумя способами:

- сравнением суммарных приведенных затрат при различных значениях мощности бестранспортной вскрыши или графическим методом по варьированию значений суммарных приведенных затрат;

- определением слоя вскрыши, расположенного в кровле уступа, разрабатываемого по бестранспортной системе, приведенные затраты на разработку которого равны приведенным затратам при транспортной системе.

Находили оптимальные параметры элементов бестранспортных систем разработки:

- ширину вскрышной заходки предлагалось устанавливать исходя из условий рационального использования емкости отвала и лучшей организации добычных работ, рекомендуемая ширина вскрышной заходки  $(0,4 - 0,7) R_{ч. \max}$  с корректировкой в конкретных условиях;

- максимальную мощность вскрыши, обрабатываемую по бестранспортной системе, при простых технологических схемах экскавации определяли из условия размещения отвала в выработанном пространстве без завала добычного уступа;

- высоту установки драглайна на отвале в усложненных технологических схемах при формировании отвала в два три яруса ограничивали глубиной черпания экскаватора.

### **Анализ состояния горных работ на Черногорском каменноугольном месторождении**

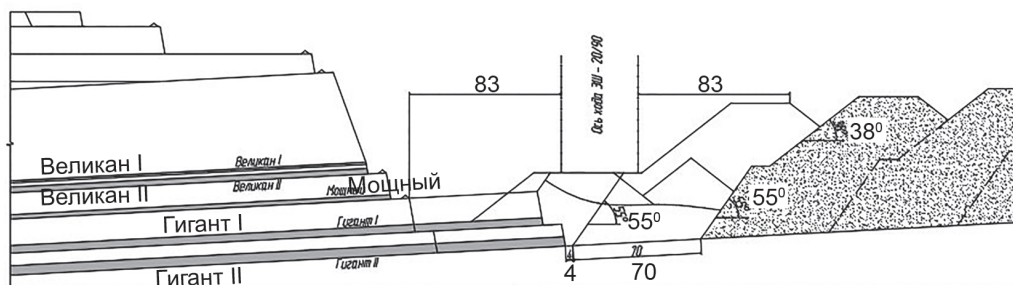
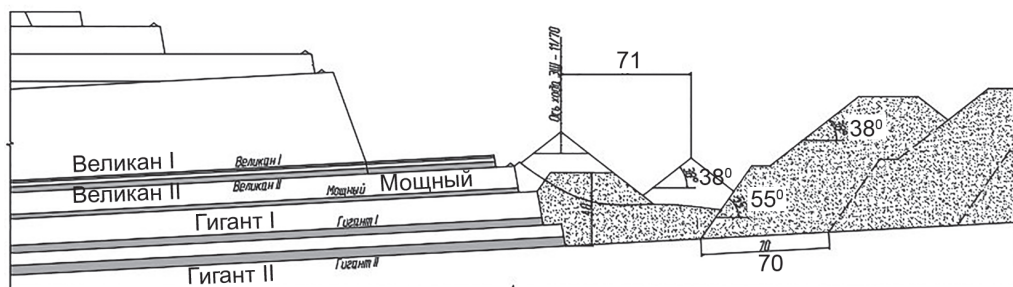
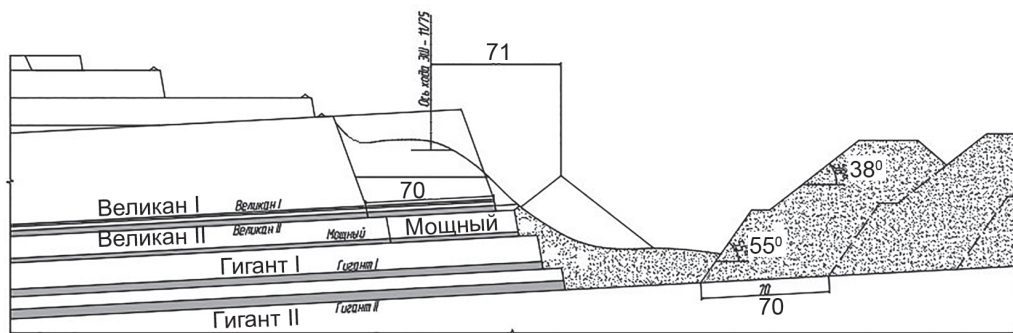
Черногорское каменноугольное месторождение представлено свитой сложно-структурных пластов пологого падения. Угол падения пластов  $2 - 5^\circ$ , что неизбежно приводит к увеличению глубины отработки запасов.

Месторождение разрабатывают разрезы Черногорский и Степной с применением экскаваторов-драглайнов, работающих по усложненной схеме с вторичной перевалкой.

Погрузку горной массы в карьерные автосамосвалы осуществляют мехлопатами и гидравлическими экскаваторами.

По общепринятой классификации систем открытой разработки месторождений академика В.В. Ржевского, на разрезах, разрабатывающих Черногорское месторождение, применяют сплошную продольную однобортовую (СДО) сис-





Технологическая схема ведения горных работ на разрезах Черногорского месторождения  
 Process flow of open pit mining in the Chernogorsky coal field

тому разработки с внешним и внутренним отвалообразованием.

На разрезах четвертичные отложения разрабатывают по автотранспортной технологии без применения БВР (рисунок).

Далее производят взрывание вскрышного уступа пласта Великан, часть развала (в среднем 25%) перемещается энергией взрыва в выработанное пространство.

Верхнюю часть вскрышного уступа пласта Великан обрабатывают драглайнами с разгрузкой в выработанное про-

странство и формированием предотвала. При разработке нижней части развала по транспортной схеме используют экскаваторы ЭКГ-15 (10, 8И), Hitachi EX-1900.

Ширина заходки составляет 70 м исходя из условия размещения объемов вскрышных пород и переэкскавации в выработанном пространстве при бестранспортной схеме.

После отгрузки нижней части развала в технологический автомобильный транспорт на предотвале в выработанном пространстве формируют рабо-

чую трассу для экскаватора-драглайна ЭШ-10(11)/70. Далее экскаватор разрабатывает следующую часть развала с очисткой бермы на почве пласта Мощный, с переэкскавацией части предотвала.

В угленасыщенной зоне толщи применяют автотранспортную технологию. Угольные пласты Великан I, Великан II с их междупластием, вскрышу пласта Мощный и пласт Мощный отгружают в технологический автотранспорт.

Отработку развала вскрышного уступа пласта Гигант I, оставшуюся часть развала вскрышного уступа пласта Великан и часть предотвала осуществляют экскаватором ЭШ-20/90 со смещением оси хода и размещением грунта во внутреннем отвале (рисунок).

Междупластие Гигант I-Гигант II и угольный пласт Гигант II разрабатывают по автотранспортной технологии.

## **Заключение**

Совокупность теоретических положений и практических рекомендаций, позволит определить рациональные параметры технологических схем экскавации, которые обеспечат повышение экономической эффективности работы горнотранспортного оборудования при сплошной системе разработки.

Разрабатываемые методические положения позволяют определить области эффективного применения экскаваторов-драглайнов при подготовке запасов угля пологих пластов к выемке, а установленные зависимости технико-экономических показателей от параметров технологических схем с учетом взаимного влияния совокупности факторов обеспечат возможность обосновать условия эффективного применения экскаваторов-драглайнов при сплошной системе разработки.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Яновский А. Б. Основные тенденции и перспективы развития угольной промышленности России // Уголь. — 2017. — № 8. — С. 10—14. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-8-10-14.
2. Таразанов И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2018 года // Уголь. — 2019. — № 3. — С. 64—79. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-64-79.
3. Губанов Д. А. Производство и поставки угля в России. Информационно-аналитический обзор (сентябрь 2019). — М.: ЦДУ ТЭК, 2019. — 29 с.
4. Яновский А. Б. Результаты структурной перестройки и технологического перевооружения угольной промышленности России и задачи по перспективному развитию // Уголь. — 2019. — № 8. — С. 8—16. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-8-8-16.
5. Бурчаков В. А., Кондюкова А. Е. Оценка факторов конкурентоспособности угольных компаний в современных условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2017. — № 3. — С. 35—44.
6. Стефановская О. М., Федчишин В. В. Повышение конкурентоспособности угледобывающего предприятия инновационным путем // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № 5. — С. 220—227. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-5-0-220-227.
7. Jarosławska-Sobor S. Social potential growth of a mining company on the basis of human capital and occupational safety // Journal of Sustainable Mining. 2015. Vol. 14. No 4. Pp. 195—202. DOI: 10.1016/j.jsm.2016.02.002.
8. Muhammad Ehsan Munawer Human health and environmental impacts of coal combustion and post-combustion wastes // Journal of Sustainable Mining. 2018. Vol. 17. No 2. Pp. 87—96. DOI: 10.1016/j.jsm.2017.12.007.
9. Chong-Mao Li, Tao Cui, Rui Nie, Han Lin, Yuli Shan Does diversification help improve the performance of coal companies? Evidence from China's listed coal companies // Resources Policy. 2019. Vol. 61. Pp. 88—98. DOI: 10.1016/j.resourpol.2019.01.013.

10. Лысенко Д. П., Акатов Д. И., Скорых Н. Н. Факторы и тенденции развития угледобывающей промышленности республики Хакасия // Уголь. — 2019. — № 5. — С. 28–30. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-5-28-30.

11. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2016 и 2017 годах: государственный доклад. [электронный ресурс], режим доступа: [http://www.mnr.gov.ru/docs/o\\_sostoyanii\\_i\\_iskpolzovanii\\_mineralno\\_syrevykh\\_resursov\\_rossiyskoy\\_federatsii/2017\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_i\\_iskpolzovanii\\_mineralno\\_syrevykh\\_resursov\\_rossiyskoy\\_federatsii/](http://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_iskpolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/2017_doklad_o_sostoyanii_i_iskpolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/) (обращение 15.04.2019).

12. Ромашкин Ю. В., Сидоров В. В. Анализ производства вскрышных работ при комбинированной системе разработки Черногорского каменно-угольного месторождения / Сборник докладов VII Международной научно-технической конференции «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений». — 2018. — С. 197–202.

13. Adila Nurić, Samir Nurić Numerical modeling of transport roads in open pit mines // Journal of Sustainable Mining. 2019. Vol. 18. No 1. Pp. 25–30. DOI: 10.1016/j.jsm.2019.02.005.

14. Мельников Н. В. Типовые проекты систем разработки и транспорта на карьерах. — М.: Госгортехиздат, 1962. — 95 с.

15. Злобина Е. В. Обоснование рациональной высоты бестранспортного уступа и технологических параметров драглайна при смешанной системе разработки пологого пласта: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22. — Кемерово, 2017. — 22 с.

16. Васильев Е. И., Звягинцев Ю. И., Духнов А. П. Обоснование мощности вскрыши по бестранспортной технологии / Совершенствование открытой разработки месторождений полезных ископаемых: сборник научных трудов ИГД СО АН СССР. — Новосибирск, 1973. — С. 43–49.

17. Васильев Е. И., Лоханов Б. Н. К вопросу определения области применения бестранспортных схем на карьерах / Технология и механизация на открытых горных работах: сборник научных трудов ИГД СО АН СССР. — Новосибирск, 1971. — С. 43–46.

18. Скабичевский Ю. Г., Копань И. С. Определение границ карьеров при бестранспортной и комбинированной системах / Добыча угля открытым способом: науч.-техн. реф. сб. ЦНИЭИуголь. — М., 1967. — №2. — С. 9–12.

19. Калинин А. В., Березняк М. М., Проноза В. Г. К вопросу методики классификации схем экскавации при бестранспортной системе разработки // Открытая добыча угля в Кузбассе: сборник научных трудов КузПИ. — Кемерово, 1971. — С. 150–158.

20. Ржевский В. В. Открытые горные работы. Ч. 2. — М.: Недра, 1985. — 550 с.

21. Проноза В. Г. Обоснование структуры эффективных технологических комплексов перевалки вскрышных пород: автореф. дис. ... док. техн. наук: 25.00.22. — Кемерово, 1992. — 41 с.

22. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. — М.: Недра, 1982. — 405 с. **ГИАБ**

## REFERENCES

1. Yanovskiy A. B. Main trends and prospects for the development of the Russian coal industry. *Ugol'*. 2017, no 8, pp. 10–14. [In Russ]. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-8-10-14.

2. Tarazanov I. G. Results of the Russian coal industry in January-December. *Ugol'*. 2019, no 3, pp. 64–79. [In Russ]. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-64-79.

3. Gubanov D. A. *Proizvodstvo i postavki uglya v Rossii. Informatsionno-analiticheskiiy obzor (sentyabr' 2019)* [Coal production and supply in Russia. Information and analytical review (September 2019)], Moscow, TSDU TEK, 2019, 29 p.

4. Yanovskiy A. B. Results of structural adjustment and technological re-equipment of the Russian coal industry and tasks for future development. *Ugol'*. 2019, no 8, pp. 8–16. [In Russ]. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-8-8-16.



5. Burchakov V.A., Kondyukova A.E. Evaluation of factors of competitiveness of coal companies in modern conditions. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2017, no 3, pp. 35–44.
6. Stefanovskaya O. M., Fedchishin V. V. Innovative approach to competitive recovery of coal mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018, no 5, pp. 220–227. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-5-0-220-227.
7. Jarostawska-Sobor S. Social potential growth of a mining company on the basis of human capital and occupational safety. *Journal of Sustainable Mining.* 2015. Vol. 14. No 4. Pp. 195 – 202. DOI: 10.1016/j.jsm.2016.02.002.
8. Muhammad Ehsan Munawer Human health and environmental impacts of coal combustion and post-combustion wastes. *Journal of Sustainable Mining.* 2018. Vol. 17. No 2. Pp. 87 – 96. DOI: 10.1016/j.jsm.2017.12.007.
9. Chong-Mao Li, Tao Cui, Rui Nie, Han Lin, Yuli Shan Does diversification help improve the performance of coal companies? Evidence from China's listed coal companies. *Resources Policy.* 2019. Vol. 61. Pp. 88 – 98. DOI: 10.1016/j.resourpol.2019.01.013.
10. Lysenko D. P., Akatov D. I., Skorykh N. N. Factors and trends in the development of the coal mining industry of the Republic of Khakassia. *Ugol'.* 2019, no 5, pp. 28 – 30. [In Russ]. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-5-28-30.
11. *O sostoyanii i ispol'zovanii mineral'no-syr'evykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2016 i 2017 godakh: gosudarstvennyy doklad* [On the state and use of mineral resources of the Russian Federation in 2016 and 2017: state report], available at: [http://www.mnr.gov.ru/docs/o\\_sostoyanii\\_i\\_ispolzovanii\\_mineralno\\_syrevykh\\_resursov\\_rossiyskoy\\_federatsii/2017\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_i\\_ispolzovanii\\_mineralno\\_syrevykh\\_resursov\\_rossiyskoy\\_federatsii/](http://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/2017_doklad_o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/) (accessed 15.04.2019). [In Russ].
12. Romashkin Yu.V., Sidorov V.V. Analysis of overburden operations in the combined development system of the Chernogorsky coal deposit. *Sbornik dokladov VII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Innovatsionnye geotekhnologii pri razrabotke rudnykh i nerudnykh mestorozhdeniy»* [Collection of reports of the VII International scientific and technical conference «innovative geotechnologies in the development of ore and non-metallic deposits»]. 2018, pp. 197 – 202. [In Russ].
13. Adila Nurić, Samir Nurić Numerical modeling of transport roads in open pit mines. *Journal of Sustainable Mining.* 2019. Vol. 18. No 1. Pp. 25 – 30. DOI: 10.1016/j.jsm.2019.02.005.
14. Mel'nikov N. V. *Tipovye proekty sistem razrabotki i transporta na kar'erakh* [Typical projects of mining and transport systems at opencast mine], Moscow, Gosgortekhzdat, 1962, 95 p.
15. Zlobina E.V. *Obosnovanie ratsional'noy vysoty bestransportnogo ustupa i tekhnologicheskikh parametrov draglayna pri smeshannoy sisteme razrabotki pologogo plasta* [Justification of the rational height of the transportless ledge and the technological parameters of the dragline in a mixed system of shallow formation development], Candidate's thesis, Kemerovo, 2017, 22 p.
16. Vasil'ev E. I., Zvyagintsev Yu. I., Dukhnov A. P. Substantiation of over-burden power by non-transport technology. *Sovershenstvovanie otkrytoy razrabotki mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh: sbornik nauchnykh trudov IGD SO AN SSSR* [Improvement of open-pit mining of mineral deposits: collection of scientific papers of the IGD SB AS of the USSR], Novosibirsk, 1973, pp. 43 – 49.
17. Vasil'ev E. I., Lokhanov B. N. On the issue of determining the scope of non-transport schemes in opencast mine. *Tekhnologiya i mekhanizatsiya na otkrytykh gornykh rabotakh: sbornik nauchnykh trudov IGD SO AN SSSR* [Technology and mechanization in open-pit mining: collection of scientific papers of the IGD SB AS of the USSR], Novosibirsk, 1971, pp. 43 – 46.
18. Skabichevskiy Yu. G., Kopan' I. S. Determining the boundaries of opencast mine in non-transport and combined systems. *Dобыча угля открытым способом*, 1967, no 2, pp. 9 – 12. [In Russ].

19. Kalinin A. V., Bereznyak M. M., Pronoza V. G. On the issue of classification methodology for excavation schemes in a non-transport development system. *Otkrytaya dobycha uglja v Kuzbasse: sbornik nauchnykh trudov KuzPI* [Open-pit coal mining in Kuzbass: collection of scientific papers of KuzPI], Kemerovo, 1971, pp. 150 – 158.

20. Rzhhevskiy V. V. *Otkrytye gornye raboty*. Ch. 2 [Open pit mining, part 2], Moscow, Nedra, 1985, 550 p.

21. Pronoza V. G. Obosnovanie struktury effektivnykh tekhnologicheskikh kompleksov perevalki vskryshnykh porod [Justification of the rational height of the non-transportless ledge and technological parameters of the dragline with a combined system for the development of a shallow formation], Doctor's thesis, Kemerovo, 1992, 41 p.

22. *Tipovye tekhnologicheskie skhemy vedeniya gornykh работ na ugol'nykh razrezakh* [Typical technological schemes for mining at coal mines], Moscow, Nedra, 1982, 405 p.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сидоров Валерий Викторович<sup>1</sup> – аспирант, e-mail: bestll@mail.ru,  
Косолапов Александр Иннокентьевич<sup>1</sup> – д-р техн. наук, профессор,  
зав. кафедрой, e-mail: Kosolapov1953@mail.ru,

<sup>1</sup> Институт горного дела, геологии и геотехнологий,  
Сибирский федеральный университет.

**Для контактов:** Сидоров В.В., e-mail: bestll@mail.ru.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

V.V. Sidorov<sup>1</sup>, Graduate Student, e-mail: bestll@mail.ru,

A.I. Kosolapov<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Professor,  
Head of Chair, e-mail: Kosolapov1953@mail.ru,

<sup>1</sup> Siberian Federal University, Institute of Nonferrous Metals and Materials Science,  
Krasnoyarsk, Russia.

**Corresponding author:** V.V. Sidorov, e-mail: bestll@mail.ru.

Получена редакцией 22.02.2020; получена после рецензии 12.05.2020; принята к печати 10.12.2020.

Received by the editors 22.02.2020; received after the review 12.05.2020; accepted for printing 10.12.2020.



---

## ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

---

### ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

(2020, № 10, СВ 30, 44 с.)

*Коллектив авторов*

Рассмотрены наиболее опасные аварийные ситуации на угольных шахтах, связанные со взрывом метана и угольной пыли, газодинамическими явлениями и рудничными пожарами. Предложены направления по предупреждению аварий, связанных со взрывом метановоздушных смесей в сети горных выработок шахт.

### PROBLEMS OF IMPROVING THE SAFETY AND EFFICIENCY OF UNDERGROUND MINING OF COAL DEPOSITS

*Team of authors*

The most dangerous emergencies at coal mines related to methane and coal dust explosion, gas-dynamic phenomena, and mine fires are considered. Directions for preventing accidents related to the explosion of methane-air mixtures in the network of mine workings are proposed.