

## ОПЫТ РАБОТЫ КОМПЛЕКСА ГЛУБОКОЙ РАЗРАБОТКИ ПЛАСТОВ НА ЭЛЕГЕСТСКОМ УГОЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ РЕСПУБЛИКИ ТУВА

А.В. Демченко<sup>1</sup>, И.В. Деревяшкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Московский политехнический университет, Москва, Россия, e-mail: demchenko\_av@mail.ru

**Аннотация:** Рассмотрено применение комплексов глубокой разработки пластов (КГРП). Решен ряд задач по более полному изучению геологических характеристик угольного пласта и вмещающих горных пород на Элегестском угольном месторождении. Наиболее важными являются: подтверждение мощности и условий залегания угольного пласта, тектоническое строение пласта, физико-механические свойства пород кровли и почвы пласта на выходах и ширина межкамерных целиков, объем водопритоков в выработку, граница залегания и качественные показатели энергетического и коксующегося угля, подтверждение самовозгораемости и взрывоопасности угольной пыли. Изучены потребительские и технологические свойства добываемых углей и возможная организация грузопотоков доставки продукции до потребителей. Для решения данных задач был использован комплекс глубокой разработки пластов (КГРП). Определены основные параметры при применении КГРП. Согласно расчетам, минимальными параметрами целиков для варианта отработки с длиной выработок КГРП до 180 м (средняя глубина работ — до 60 м от дневной поверхности), будут: ширина междукамерного целика — 3,1 м; ширина блочного целика — 5,8 м; расстояние между блочными целиками — 70,0 м. По пласту 2.2 «Улуг», комплексом было пройдено 14 выработок и добыто 115,6 тыс. т угля марки ГЖ и Ж. По пласту 6.11, комплексом было пройдено 10 выработок и добыто 47,5 тыс. т угля марки ГЖ и Ж. Определены технологические свойства добытых углей при их валовом обогащении на действующих обогатительных фабриках, уточнены их потребительские свойства для переработки на коксохимическом производстве.

**Ключевые слова:** комплекс глубокой разработки пластов, КГРП, уголь, Элегестское угольное месторождение, угольный пласт, эксплуатационный блок, межблочный целик, междукамерный целик.

**Для цитирования:** Демченко А. В., Деревяшкин И. В. Опыт работы комплекса глубокой разработки пластов на Элегестском угольном месторождении Республики Тува // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 6. – С. 79–87. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-79-87.

### Field experience of highwall mining system in Elegesta coal field, Republic of Tuva

A.V. Demchenko<sup>1</sup>, I.V. Derevyashkin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia, e-mail: demchenko\_av@mail.ru

**Abstract:** Use of highwall mining systems is discussed. Some problems connected with more comprehensive study into geology of coal seams and enclosing rock mass in Elegesta coal field are

© А.В. Демченко, И.В. Деревяшкин. 2019.

solved. The most critical objectives are confirmation of coal seam thickness and occurrence condition, tectonic structure, physical and mechanical properties of exposed rocks in roof and floor, width of rib pillars, water inflow rate in underground excavations, limits and quality of power-generating and coking coal, ignitability and explosion hazard of coal dust. Useful quality and process properties of produced coal are analyzed, and potential product delivery to consumers is discussed. Basic parameters of mining with highwall systems are determined. From calculations, the minimum parameters for pillars in highwalls to 180 m long (average mining depth is to 60 m below ground surface) are: rib pillar width is 3.1 m; barrier pillar width is 5.8 m; spacing of barrier pillars is 70.0 m. On Ulug seams, the highwall miner cuts 14 rooms and produces 115.65 thou t of gas-fat and fat coal. On seam 6.11, the highwall miner cuts 10 rooms and produces 47.5 thou t of gas-fat and fat coal. The process properties of coal in their bulk treatment by operating preparation plants are determined, and their useful quality for chemical recovery industry are refined.

**Key words:** highwall mining system, coal, Elegesta coal field, coal seam, extraction block, barrier pillar, rib pillar.

**For citation:** Demchenko A. V., Derevyashkin I. V. Field experience of highwall mining system in Elegesta coal field, Republic of Tuva. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(6):79-87. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-79-87.

---

Для выполнения проектных работ по строительству шахт суммарной производственной мощностью 12 млн т на Элегестском угольном месторождении требовалось решить ряд задач по более полному изучению геологических характеристик угольного пласта и вмещающих горных пород. Наиболее важными из них являются:

- подтвердить мощность и условия залегания угольного пласта;
- выявить тектоническое строение пласта;
- уточнить физико-механические свойства пород кровли и почвы пласта на выходах и ширину угольных межкамерных целиков;
- определить объем водопритоков в выработки;
- определить границу залегания и качественные показатели энергетического и коксующегося угля, подтвердить самовозгораемость и взрывоопасность угольной пыли.

Кроме того, для снижения риска при финансировании инвестором строительства этого объекта требовалось изучить потребительские и технологические свойства добываемых углей, а также возможную организацию грузопотоков доставки

продукции потребителям. Для этого было необходимо:

- определить потребительские свойства энергетических углей и емкость внутреннего рынка Республики Тыва;
- отработать транспортную схему перевозки коксующегося угля из Республики Тыва до железнодорожного примыкания ст. Минусинск Красноярского края (расстояние 400 км);
- осуществить строительство и пробную эксплуатацию прирельсового комплекса по складированию и отгрузке коксующегося угля на ст. Минусинск;
- определить технологические свойства коксующегося угля при его валовом обогащении на действующих фабриках потребителей;
- определить потребительские свойства коксующегося угля при его использовании в коксохимическом производстве.

В статьях [1, 2] проанализировано развитие технологии безлюдной угледобычи с применением комплексов КГРП. В статьях [3–8] рассмотрен опыт использования КГРП в Индии, Австралии, Индонезии, США.

Таким образом, для решения этих задач был использован комплекс Глубо-

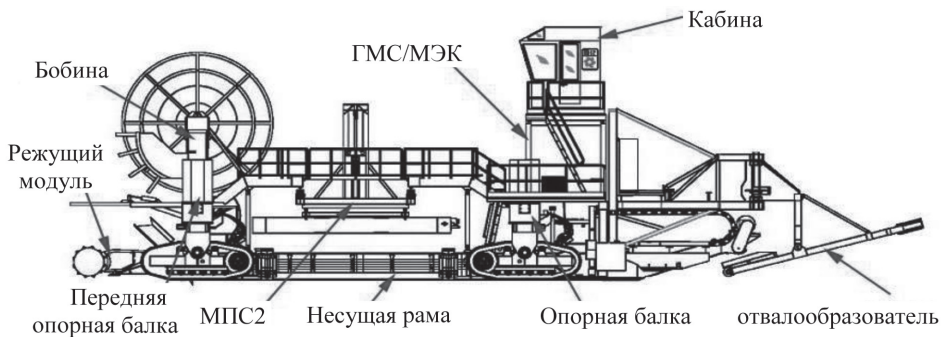


Рис. 1. Схема комплекса Глубокой Разработки Пластов  
 Fig. 1. Scheme of SMH

кой Разработки Пластов (КГРП), схема которого приведена на рис. 1, а на рис. 2 показан его режущий модуль. Проектной организацией ООО «НТЦ–Геотехнология» был выполнен рабочий проект на проведение геологоразведочных и добычных работ с применением комплекса КГРП, который предусматривал выполнение горно-капитальных работ с попутной добычей угля открытым способом и создание площадок для размещения на них КГРП на угольных пластах 2.2 «Улуг» и 6.11. Были определены промышленные запасы и эксплуатационные потери угля, а также параметры отработки КГРП. Отработка угольного пласта 6.11 осуществлялось так же, камерами длиной до 220 м, высотой до 1,8 м и шириной 3,5 м.

Оптимальными размерами межкамерных, межблочных и межслоевых целиков, обеспечивающих требуемую устойчивость пород кровли пласта и устойчивость самих целиков во времени при минимальных потерях полезного ископаемого определяются безопасность работы комплекса КГРП и соответственно его эффективность [9, с. 50].

Отработка угольного пласта 2.2 «Улуг» осуществлялась камерами прямоугольного сечения длиной до 200 м, высотой до 3,2 м и шириной до 3,5 м. Отбойка угля в забое происходила специально адаптированным электроприводным комбайном «Джой» (рис. 3).

Отрабатываемый угольный пласт 2.2 «Улуг» имеет мощность более 9 м с углом падения 18–19°. Для выбуривания пласта, уменьшения потерь и обеспечения контроля за направлением выработки применялась веерная схема отработки.

Пласт отработывался последовательным проведением выработок с углом наклона, изменяющимся в зависимости от слоя: первый слой проходится с углом меньшим, чем угол наклона пласта, с отработкой каждого следующего слоя угол наклона увеличивается. Последний слой проходится с углом наклона равным углу наклона пласта (см. рис. 3). При такой схеме был возможен двойной контроль

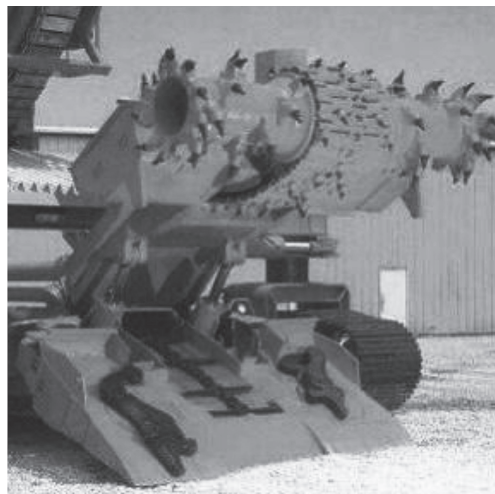


Рис. 2. Режущий модуль КГРП  
 Fig. 2. SMH's cutting module

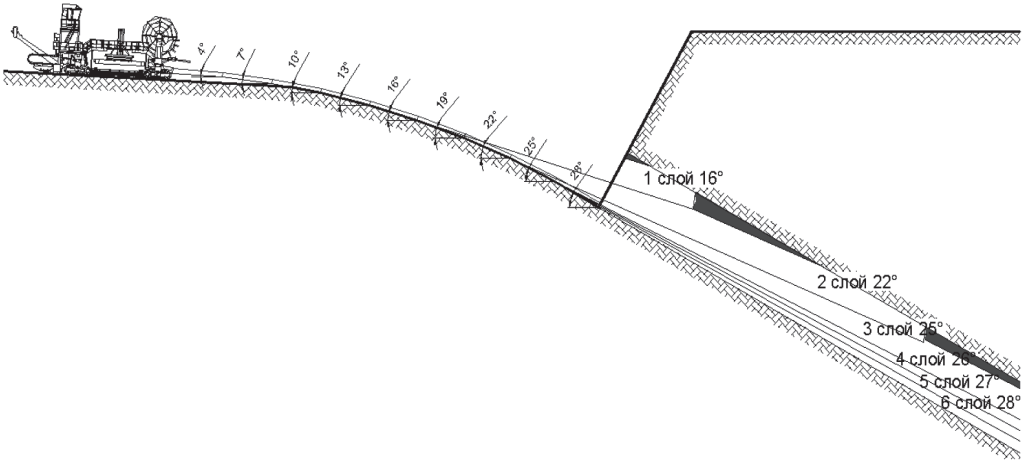


Рис. 3. Схема веерной отработки пласта 2.2 «Улуг»  
 Fig. 3. Scheme of fan mining 2.2 «Ulug»

направления выработки по расчетной траектории движения рабочего органа и отслеживание показаний амперметра двигателя рабочего органа в процессе работы.

Основные параметры, которыми определяются возможность безопасного, и экономически эффективного применения комплекса глубокой разработки пластов (КГРП) являются: устойчивая ширина выемочной камеры, ширина межкамерных целиков, ширина межблочных целиков, расстояние между межблочными целиками [10, с. 25].

При послышной отработке КГРП весь фронт работ с целью уменьшения объема вспомогательных работ разбивался на блоки. Длина блока по фронту определялась исходя из срока отработки запасов блока и минимизации потерь времени на вспомогательные работы.

Расчет целиков осуществлялся в соответствии с [11] и [12], согласно которым средняя нагрузка на один погонный метр целика составляет:

$$P_{пм} = \gamma \cdot H_{ср} \cdot (l_{мк} + l_{в}), \text{ МН/м,}$$

где  $H_{ср}$  — средняя глубина отработки,  $H_{ср} = (H_{мин} + 3H_{макс})/4$ , м;  $l_{мк}$  — ширина межкамерного целика, м;  $l_{в}$  — ширина камеры, м;  $\gamma$  — плотность породы, т/м<sup>3</sup>.

Несущая способность 1 п.м. целика в зависимости от его ширины определяется по формуле:

$$P_{пмц} = \sigma_{пл} \cdot \left( a + \frac{c \cdot l_{мк}}{m_b} \right) \cdot l_{мк}, \text{ МН/м}$$

где  $\sigma_{пл}$  — сопротивление пласта угля одноосному сжатию, МПа;  $a$ ,  $c$  — коэффициенты, соответственно равные 0,4 и 0,6;  $b$  — ширина целика, м;  $m_b$  — вынимаемая мощность пласта, м.

Сопротивление пласта угля одноосному сжатию определили в зависимости от трещиноватости и от прочности межслоевых контактов по формуле:

$$\sigma_{пл} = 1,3 \cdot \lambda \cdot \sigma_{сж. обр. уг.}, \text{ МПа}$$

где  $\lambda$  — коэффициент структурного ослабления;  $\sigma_{сж. обр. уг.}$  — прочность образцов угля на сжатие при стандартных испытаниях, МПа.

Для участка работ согласно «Рекомендациям...» было принято, что угольный пласт плотного сложения с нормально секущей трещиноватостью. Коэффициент структурного ослабления для данной категории массива равен 0,42.

При лабораторных испытаниях прочность образцов угля на сжатие составила 5,4 МПа — у образца № 1 и 9,4 МПа — у образца № 2, средняя по образцам — 7,4 МПа.

Таким образом, минимальное сопротивление пласта угля одноосному сжатию составит:

$$\sigma_{\text{пл}} = 1,3 \cdot 0,42 \cdot 7,4 = 4,04 \text{ МПа}$$

Средняя нагрузка на один погонный метр целика составляет:

$$P_{\text{пм}} = 2,5 \cdot 60 \cdot (3,12 + 3,5) = 993 \text{ т/м} = 9,7 \text{ МН/м}$$

В зависимости от средней нагрузки, приходящейся на погонный метр целика, и несущей способности одного погонного метра целика ширина межкамерного целика определяется:

$$L_{\text{МК}} = \frac{\left( \gamma \cdot H_{\text{ср}} - 0,4 \cdot \delta_{\text{пл}} + \left( \gamma + H_{\text{ср}} - 0,4 \cdot \delta_{\text{пл}} \right)^2 + 4 \cdot 0,6 \cdot \gamma \cdot H_{\text{ср}} \cdot l_2 \cdot \frac{\delta_{\text{пл}}}{m_{\text{ПК}}} \right)^{0,5}}{2} \cdot 0,6 \cdot \frac{\delta_{\text{пл}}}{m}, \text{ м,}$$

где  $\delta_{\text{пл}}$  — прочность образцов угля на сжатие.

При добыче угля КГРП в различных условиях обычно применяются две схемы формирования целиков: с межблочным целиком и равномерная схема формирования целиков, указанная на рис. 4. Целесообразность применения той или иной схемы определяется уровнем оставления угля в недрах.

Расчет целиков для условий рассматриваемого участка выполнен для двух способов их формирования: с межблочными целиками и без них. По результатам расчета уровня потерь для каждого эксплуатационного блока была выбрана равномерная схема формирования целиков. Согласно расчетам, минимальными параметрами целиков для варианта отработки с длиной выработок КГРП до 180 м (средняя глубина работ — до 60 м от дневной поверхности), будут:

- ширина межкамерного целика — 3,1 м;
- ширина блочного целика — 5,8 м;
- расстояние между блочными целиками — 70,0 м.

Объем угля, остающегося в недрах при использовании межблочных и межкамерных целиков, составит 49,6%.

Промышленные запасы определены путем исключения из балансовых запасов объема проектных эксплуатационных потерь при отработке.

К эксплуатационным потерям при добыче угля КГРП отнесены запасы угля, оставляемые в почве и кровле пласта по причине невозможности точного отслеживания направления пласта рабочим органом КГРП. Исходя из опыта применения КГРП, общая толщина слоя потерь принята равной 60 см (по 30 см в кровле и почве пласта), что в процентном соотношении составит:

$$П_{\text{КГРП}} = (h/m) 100\% = (0,3/8,5) 100\% = 7,0\%$$

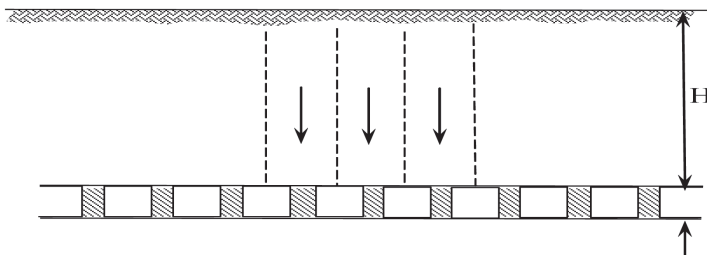


Рис. 4. Равномерная схема формирования целиков

Fig. 4. A uniform scheme for the formation of pillars

**Расчет потерь и промышленных запасов угля**  
**Calculation of losses and industrial coal reserves**

Эксплуатационный блок	Балансовые запасы угля, тыс. т	Объем угля, оставляемого в недрах, %	Объем угля, принятый для отработки, тыс. т	Потери угля				Промышленные запасы, тыс. т
				в почве и кровле выработки		при транспортировке		
				%	тыс. т	%	тыс. т	
1	514,0	49,6	259,1	7,0	18,1	0,6	1,45	239,5
Итого по пласту	514,0		259,1		18,1		1,45	239,5

где  $P_{\text{КГРП}}$  — потери при отработке пласта с помощью КГРП, %;  $h$  — толщина слоя потерь в кровле и почве, м.

Проектные эксплуатационные потери при добыче угля по технологии КГРП и транспортировании его до склада составляют 28,8 тыс. т угля. Расчет потерь и промышленных запасов угля представлен в таблице.

На площади разрабатываемого участка месторождения развиты водоносные горизонты, приуроченные к четвертичным и юрским отложениям.

Горные выработки располагались в четвертичных (аллювиальных) отложениях, находящихся в долинах рек Верхний Енисей, Элегест, Межегей, где распространены подземные воды.

Удельные дебиты опытных скважин достигали от 1,0 до 2,0 л/с, коэффициент фильтрации изменяется от первых метров до 80 м/сут.

Водоносный комплекс юрских отложений на месторождении имеет повсеместное развитие. Водовмещающими породами являются трещиноватые песчаники, реже алевриты и пласты углей.

Фильтрационные свойства пород неравномерны. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,05 до 3,4 м/сут. Наибольшая обводненность горных пород отмечена под долинами рек, что связано с их повышенной трещиноватостью.

Приток подземных вод в выработку, пройденную с использованием КГРП, по опытным замерам составил 6–7 м<sup>3</sup>/ч. При непрерывном процессе производства добычных работ, такой водопиток не оказывал существенного влияния на этот процесс. Таким образом, по пласту 2.2 «Улуг», комплексом было пройдено 14 выработок. Длина выработок составила от 100 до 180 м. Было добыто 115,6 тыс. т угля марки ГЖ и Ж. Фактические эксплуатационные потери угля составили 7,9%. В межкамерных целиках оставлено угля 50,1%.

Далее была продолжена экспериментальная разработка опытно-промышленного участка пласта 6.11 Элегестского каменноугольного месторождения с применением КГРП, (рис. 5).

Для отработки запасов угля пласта 6.11 на Западном участке Элегестского

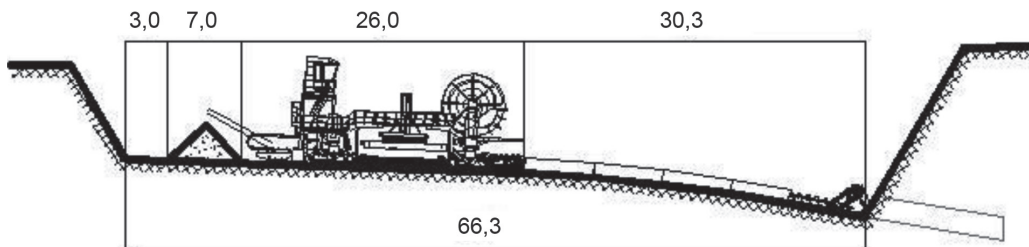


Рис. 5. Схема отработки пласта 6.11  
 Fig. 5. Diagram of testing of the reservoir 6.11

месторождения, после завершения открытых горных работ и подготовки рабочей площадки принята технология добычи угля с использованием КГРП.

Отработка угольного пласта 6.11 осуществлялась так же, камерами длиной до 220 м, высотой до 1,8 м и шириной 3,5 м. Угольный пласт 6.11 имеет среднюю мощность 1,8 м и угол падения 10–12°. Была принята схема с равномерным расположением целиков, аналогичная как отработка пласта 2.2. «Улуг».

Расчет параметров осуществлялся с использованием тех же рекомендаций, что и по пласту 2.2. «Улуг» [11] и [12].

Согласно схеме расположения целиков (рис. 6) средняя нагрузка на 1 п.м целика составляет:

$$P_{\text{пм}} = \gamma \cdot H_{\text{ср}} \cdot (B_{\text{кц}} \cdot B_{\text{к}}), \text{ МН/м,}$$

где  $\gamma$  — удельный вес вскрышных пород, МН/м<sup>3</sup>;  $H_{\text{ср}}$  — средняя глубина отработки, м;  $H_{\text{ср}} = (H_{\text{мин}} + 3H_{\text{макс}})/4$  — средняя расчетная глубина при наклонном залегании пласта либо при гористом рельефе, м);  $B_{\text{кц}}$  — ширина меж камерного целика, м;  $B_{\text{к}}$  — ширина камеры, м.

Несущая способность 1 п.м целика ( $P_{\text{пмц}}$ , м) в зависимости от его ширины определяется по формуле:

$$P_{\text{пмц}} = \sigma_{\text{пл}} \left( a + \frac{cB}{m_b} \right) B, \text{ МН/м,}$$

где  $\sigma_{\text{пл}}$  — сопротивление пласта угля одноосному сжатию, МПа; для углов падения пласта менее 25°  $\sigma_{\text{пл}} = 1,3\lambda\sigma_{\text{сж.обр.}}$ , МПа;  $\sigma_{\text{сж.обр.}}$  — прочность образцов угля на сжатие при стандартных испытаниях, МПа;  $\lambda$  — коэффициент структурного ослабления, ед.;  $a$ ,  $c$  — коэффициенты, соответственно равные 0,4 и 0,6;  $m_b$  — вынимаемая мощность пласта, м.

При подготовке площадки для размещения КГРП предусматривается попутная добыча угля пласта 6.11 шириной 50 м от линии выхода пласта под наносы.

Границы отработки запасов пласта 6.11 по технологии КГРП получены гра-

фическим построением с соблюдением следующих принципов:

- глубина выработок КГРП по падению пласта — 200 м;
- бурение выработок производится в крест обнажению пласта, либо под углом не более 20° к плоскости обнажения пласта.

Всего по пласту 6.11, комплексом было пройдено 10 выработок. Длина выработок составила от 80 до 140 м. Было добыто 47,5 тыс. т угля марки ГЖ и Ж. Фактические технологические потери угля составили 5,8% и в межкамерных целиках оставлено угля 28,2%. Всего — 34%. Таким образом, работа КГРП позволила подтвердить основные геологические характеристики угольных пластов 2.2 «Улуг», 6.11 и свойства вмещающих пород, уточнить углы падения угольных пластов, физико-механические свойства пород кровли и почвы угольных пластов на выходах и в массиве.

Не подтвердился угол падения пласта 2.2 «Улуг» на выходах. Фактический угол падения составил 18–20° вместо прогнозных 10–12°.

По пласту 6.11 была обнаружена местами ложная кровля мощностью 0,15–0,20 м.

На Соколовском месторождении при средней мощности угольного пласта 7,33 м производительность комплексов глубокой разработки угольных пластов составляет более 68 т/ч [13, с. 26].

Вместе с этим, нужно отметить, что принятый метод расчетов параметров межкамерных целиков показал свою надежность. К этому можно добавить, что попытка технического руководства предприятия необоснованно уменьшить размеры целиков привела к их разрушению и завалу рабочего органа КГРП в выработке.

Основные задачи, которые необходимо решить для повышения эффективности применения КГРП:

- определение эффективности применения КГРП с учетом обеспечения максимального извлечения полезного ископаемого;

- анализ мероприятий по обеспечению безопасности работ при использовании технологии КГРП [14, с. 43].

Использование добытых углей коксующихся марок в промышленных масштабах, позволило определить технологические свойства при их валовом обогащении на действующих обогатительных фабриках. Кроме этого, были уточнены

потребительские свойства углей для переработки на коксохимическом производстве. Отзывы всех потребителей, использующих в производстве угли коксующихся марок, были положительными.

Описание технологических и потребительских свойств углей коксующихся марок — это отдельная большая тема которая в данной статье не рассматривается.

Результаты исследований указанных свойств углей и их анализ, будут изложены в отдельной статье.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нецветаев А. Г., Григорян А. А., Пружина Д. И. Развитие технологии безлюдной добычи с применением комплексов КГРП // Горная промышленность. — 2015. — № 4 (122). — С. 87.

2. Нецветаев А. Г., Григорян А. А., Пружина Д. И. Оборудование и технология для безлюдной добычи угля из-под бортов открытых разработок // Уголь. — 2015. — № 10 (1075). — С. 36–40.

3. Dixit S., Manoj P. Highwall Mining in India. Mine planning and equipment selection. Springer International Publishing Switzerland, 2014, pp. 175–187.

4. Shen B., Duncan Fama M. E. Review of highwall mining experience in Australia and a case study. ISRM International Symposium, Melbourne; Australia, 2000.

5. Matsui K., Sasaoka T., Shimada H., Ueda J. T., Kramadibrata J. S., Sulistianto B. Highwall mining systems at surface coal mines in Indonesia // Coal International, 2008, No. 256 (3), pp. 28–31.

6. Chandar K. R., Kumar B. G. Effect of width of gallery of highwall mining on stability of highwall. A numerical modelling approach // International Journal of mining and mineral engineering, 2014, No. 5 (3), pp. 212–228.

7. Shen B. Highwall mining stability // Project of mine disaster prevention and control, 2014, No. 17, pp. 25–37.

8. Sasaoka T., Karian T., Hamanaka A., Shimada H., Matsui K. Application of highwall mining system in weak geological condition // International journal of coal science and technology, 2016, No. 3 (1), pp. 311–321.

9. Нецветаев А. Г., Григорян А. А., Пружина Д. И. Расчетные и фактические параметры технологии с применением КГРП для отработки пласта Кыргайский 63 на разрезе «Купринский» // Горная промышленность. — 2014. — № 5 (117). — С. 50.

10. Нецветаев А. Г., Григорян А. А., Пружина Д. И. Алгоритм расчета геомеханических параметров, обеспечивающих безопасность технологии безлюдной добычи угля с применением КГРП // Уголь. — 2015. — № 1 (1066). — С. 25–29.

11. Рекомендации по обеспечению геомеханической безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых комплексом глубокой разработки пластов (КГРП). — Кемерово: УФ ВНИМИ, 2005. — 29 с.

12. Типовые технологические схемы отработки угольных пластов с применением КГРП (СМН), утвержденными Кузнецким управлением Ростехнадзора РФ. — Кемерово: НТЦ-НИИ ОГР, 2004. — 27 с.

13. Григорян А. А. Теоретическое обоснование параметров технологии безлюдной добычи угля и их промышленная апробация на угольном предприятии // Уголь. — 2014. — № 9 (1062). — С. 26–29.

14. Григорян А. А. Особенности применения комплексов глубокой разработки пластов при сформированном предельном борте карьера в условиях Кузнецкого угольного бассейна // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2014. — № 8. — С. 40–44. **ГИАБ**



## REFERENCES

1. Netsvetaev A. G., Grigoryan A. A., Pruzhina D. I. Development of technology of uninhabited coal mining with the use of SMH complexes. *Gornaya promyshlennost'*. 2015, no 4 (122), pp. 87.
2. Netsvetaev A. G., Grigoryan A. A., Pruzhina D. I. Equipment and technology for uninhabited coal mining from open pit mining. *Ugol'*. 2015, no 10 (1075), pp. 36–40.
3. Dixit S., Manoj P. *Highwall Mining in India. Mine planning and equipment selection*. Springer International Publishing Switzerland, 2014, pp. 175–187.
4. Shen B., Duncan Fama M. E. Review of highwall mining experience in Australia and a case study. ISRM International Symposium, Melbourne; Australia, 2000.
5. Matsui K., Sasaoka T., Shimada H., Ueda J. T., Kramadibrata J. S., Sulistianto B. Highwall mining systems at surface coal mines in Indonesia. *Coal International*, 2008, No. 256 (3), pp. 28–31.
6. Chandar K. R., Kumar B. G. Effect of width of gallery of highwall mining on stability of highwall. A numerical modelling approach. *International Journal of mining and mineral engineering*, 2014, No. 5 (3), pp. 212–228.
7. Shen B. Highwall mining stability. *Project of mine disaster prevention and control*, 2014, No. 17, pp. 25–37.
8. Sasaoka T., Karian T., Hamanaka A., Shimada H., Matsui K. Application of highwall mining system in weak geological condition. *International journal of coal science and technology*, 2016, No. 3 (1), pp. 311–321.
9. Netsvetaev A. G., Grigoryan A. A., Pruzhina D. I. The estimated and the actual parameters of the technology SMH for testing Kirgizki layer 63 on the cut «Kuprinsky». *Gornaya promyshlennost'*. 2014, no 5 (117), pp. 50. [In Russ].
10. Netsvetaev A. G., Grigoryan A. A., Pruzhina D. I. The algorithm of calculation of geomechanical parameters, ensuring the safety of unmanned mining technology coal using SMH. *Ugol'*. 2015, no 1 (1066), pp. 25–29. [In Russ].
11. *Rekomendatsii po obespecheniyu geomekhanicheskoi bezopasnosti pri razrabotke mestorozhdenii poleznykh iskopayemykh kompleksom glubokoi razrabotki plastov (KGRP)* [Recommendations to ensure the geomechanical safety during the highwall mining (SMH)], Kemerovo, UF VNIMI, 2005, 29 p.
12. *Tipovye tekhnologicheskie skhemy otrabotki ugol'nykh plastov s primeneniem KGRP (SMH)*, utverzhdannymi Kuznetskim upravleniem Rostekhnadzora RF [Typical technological schemes of coal seam mining with the use of SMH, approved by the Kuznetsk office of Rostekhnadzor of the Russian Federation], Kemerovo: NTTs-NII OGR, 2004, 27 p.
13. Grigoryan A. A. The theoretical basis of the technology parameters a deserted coal mining and industrial testing of the coal plant. *Ugol'*. 2014, no 9 (1062), pp. 26–29. [In Russ].
14. Grigoryan A. A. Application of the highwall mining formed in the marginal wall of the quarry in terms of the Kuznetsk coal basin. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no 8, pp. 40–44. [In Russ].

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Демченко Александр Васильевич<sup>1</sup> — канд. техн. наук, доцент,  
e-mail: demchenko\_av@mail.ru,

Деревяшкин Игорь Владимирович<sup>1</sup> — д-р техн. наук, профессор,  
e-mail: robotron-04@mail.ru,

<sup>1</sup> Московский политехнический университет.

Для контактов: Демченко А.В., e-mail: demchenko\_av@mail.ru.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

A.V. Demchenko<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor,  
e-mail: demchenko\_av@mail.ru,

I.V. Derevyashkin<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Professor, e-mail: robotron-04@mail.ru,

<sup>1</sup> Moscow polytechnic university, 107023, Moscow, Russia.

Corresponding author: A.V. Demchenko, e-mail: demchenko\_av@mail.ru.