

# Обоснование технологических параметров разработки пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-2-14-21>



## **АЗЕВ В.А.**

Доктор техн. наук,  
заместитель генерального  
директора – технический директор  
ООО «СУЭК-Хакасия»,  
655162, г. Черногорск, Россия,  
e-mail: [AzevVA@suek.ru](mailto:AzevVA@suek.ru)



## **ПОПОВ Д.В.**

Канд. техн. наук,  
исполнительный директор  
ООО «Восточно-Бейский разрез»,  
655796, с. Кирба,  
Республика Хакасия, Россия,  
e-mail: [PopovDV@suek.ru](mailto:PopovDV@suek.ru)

В статье рассмотрены актуальные задачи разработки пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля. Представлен методический подход к управлению качеством продукции предприятий по добыче угля, осваивающих пластовые месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества полезного ископаемого. В основе методического подхода к управлению качеством продукции лежит обоснование и обеспечение технологических параметров разработки месторождения с применением показателя приведенной теплоты сгорания угля. Апробация разработанного подхода в условиях Восточно-Бейского каменного угольного разреза позволила получить положительные результаты, выражающиеся повышением качественных показателей продукции и экономической эффективности деятельности предприятия.

**Ключевые слова:** управление качеством продукции, пластовое месторождение с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, технологические параметры, эффективность технологических решений.

**Для цитирования:** Азев В.А., Попов Д.В. Обоснование технологических параметров разработки пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля // Уголь. 2022. № 2. С. 14-21. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-2-14-21.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В последние 25 лет угольная промышленность РФ динамично развивается, в основном за счет увеличения экспорта продукции, доля которого достигла 50% от общей угледобычи в стране [1]. Экспортная ориентация угольной промышленности несет в себе одновременно новые возможности и угрозы.

Благоприятная рыночная конъюнктура привела к тому, что многие угольные компании инвестировали средства в расширение сырьевой базы, в том числе в освоение месторождений с менее благоприятными условиями добычи, чем сегодня. Так, в стратегии развития угольной промышленности, утвержденной Пра-

вительством РФ, предусмотрен существенный прирост доли добычи угля на пластовых месторождениях с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля. По прогнозу, к 2030 г. уровень добычи на таких месторождениях вырастет в два раза и составит 25-30% от общей угледобычи в стране [2].

Полноправное участие российских компаний в международной экономической деятельности уже сегодня предопределяет то, что все колебания цен на мировом рынке энергоносителей существенно отражаются на их производственной деятельности.

Для сохранения и повышения собственной конкурентоспособности российским предприятиям и компаниям угольной промышленности необходимо более гибко подходить к выбору объема и качества производимой продукции, а также снижать затраты на добычу. Существующие технологические решения, с неизменными параметрами разработки угольных месторождений в течение периода эксплуатации, предполагают главным образом безопасную и производительную работу оборудования [3, 4, 5, 6], но не всегда обеспечивают рост качества продукции, что необходимо для удержания позиций на современном рынке. Указанные обстоятельства существенно осложняют повышение эффективности предприятий угольной промышленности, особенно тех, которые разрабатывают месторождения со сложными условиями залегания и невыдержанным качеством угля, где вариация низшей теплоты сгорания по фронту горных работ достигает полутора раз, глубины залегания пластов – четырех раз, а мощности угольных пластов – до 10 раз в пределах характерного профиля.

Недостаточная разработанность научно-методического обеспечения выбора технологии открытой разработки месторождений каменного угля с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества не позволяет эффективнее управлять качеством продукции угледобывающих предприятий. Поэтому задача разработки технологических решений и обоснования их параметров для отработки пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества углей с целью повышения экономической эффективности деятельности угольных разрезов обретает особую актуальность.

**Цель исследования** – разработка технологических решений и обоснование их параметров для отработки месторождений каменного угля с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества углей для повышения экономической эффективности деятельности угольных разрезов, не имеющих обогатительных производств.

#### **Идея исследования.**

Повышение экономической эффективности деятельности угольного разреза, разрабатывающего месторождение с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества углей, достигается разделением фронта горных работ на блоки с оценкой качества угля в них по предложенному показателю приведенной теплоты сгорания, выбором направления и порядка развития горных работ, обоснованием рациональных параметров основных технологических процессов при отработке каждого блока, обеспечивающих получение продукции требуемо-

го качества по критерию максимума товарной стоимости при минимальных потерях угля в недрах.

**Объект исследования** – технология открытой разработки месторождения каменного угля с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества.

**Предмет исследования** – параметры основных технологических процессов добычи каменного угля открытым способом на пластовых месторождениях с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества угля.

#### **Основные задачи исследования:**

- анализ теории и практики обеспечения требуемого качества продукции угледобывающего предприятия при отработке месторождения каменного угля с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля;
- выявление параметров качества технологических процессов на разрезах, влияющих на товарную ценность продукции угледобывающего предприятия;
- определение технологических параметров разработки угольного месторождения, обеспечивающих заданное качество продукции угледобывающего предприятия;
- разработка экономико-математической модели оценки целесообразности применения новых технологических решений, обеспечивающих повышение качества продукции;
- разработка и апробация методики оценки качества технологических процессов.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исходная предпосылка, предопределившая разработку научно-методического инструментария управления качеством продукции предприятия при отработке месторождения каменного угля с невыдержанными характеристиками залегания и качества, обусловлена результатами эмпирического анализа и аналитических расчетов ценообразования на энергетический уголь. Выявлено, что цена продукции угольных разрезов определяется ее качеством, выраженным низшей теплотой сгорания, при соблюдении допустимого объема примесей в составе. В зависимости от качества угольной продукции и состояния рынка энергетических углей стоимость одной тонны произведенной на предприятии продукции может отличаться в 2-3 раза, что существенно отражается на экономических показателях его деятельности – рентабельности, инвестиционной и социальной привлекательности и, соответственно, позиции на рынке.

Существующая научно-методическая база, включающая методы проектирования параметров открытых горных работ, в том числе на сложноструктурных месторождениях [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14], а также методы управления качеством и районирования месторождения на горных предприятиях [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22] позволили перейти к разработке технологических решений и обоснованию их параметров для отработки месторождений каменного угля с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества углей для повышения экономической эффективности деятельности угольных разрезов

Качество полезного ископаемого на пластовых месторождениях с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля изменяется как по длине фронта работ, так и в пределах отдельного геологического профи-

ля. В таких условиях для обеспечения требуемого качества товарной продукции угольного разреза необходимы районирование месторождения по качественным характеристикам, выделение отдельных блоков, выбор последовательности, технологии и параметров их отработки.

Для решения задачи разделения фронта горных работ на отдельные блоки, выбора последовательности их отработки и обоснования параметров технологических процессов при отработке каждого блока предложен показатель приведенной теплоты сгорания угля, учитывающий основные качественные характеристики, влияющие на его товарную стоимость – теплоту сгорания, влажность и зольность.

В результате обработки статистическими методами данных о влажности, зольности и теплоте сгорания угля различных отрабатываемых блоков установлена корреляционная зависимость теплоты сгорания от зольности и влажности добываемого угля ( $R = 0,95$ ) в условиях Бейского каменноугольного месторождения.

Для повышения точности прогноза качества продукции предложено дополнить полученное статистическое выражение параметром крупности куска добываемого угля, поскольку этот параметр оказывает существенное влияние на эффективность обогащения.

Расчет приведенной теплоты сгорания товарной продукции, учитывающий наряду с изменением зольности и влажности также изменение доли крупного куска для условий Бейского каменноугольного месторождения – типичного представителя пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, целесообразно производить по формуле:

$$Q_c^{\text{прив}} = 6955 - 5590A_d - 5900W + 224K \quad (1)$$

где:  $A_d$  – зольность добываемого угля, доли ед.;  $W$  – влажность, доли ед.;  $K$  – доля крупного куска, доли ед.

Предложенная формула может быть применена при следующих условиях (ограничениях):

$$0,10 \leq A_d \leq 0,32; 0,09 \leq W \leq 0,16; 0,40 \leq K \leq 0,75.$$

Технологические решения и параметры, принимаемые при отработке пластового месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля, существенно влияют на приведенную теплоту сгорания добытого угля, от которой зависит его товарная стоимость. Для условий Бейского каменноугольного месторождения особо ценной угольной продукцией является товарная продукция с приведенной теплотой сгорания угля более 5600 ккал/кг; высокоценной – 5500-5600 ккал/кг; ценной 5100-5500 ккал/кг; малоценной – менее 5100 ккал/кг. Разница в цене между высокоценной и малоценной продукцией составляет 2-3 раза, между высокоценной и ценной – 1,5-1,8 раза.

Необходимыми условиями для реализации предложенного подхода районирования являются:

- безусловное соблюдение требований по полноте освоения недр;

- необходимость учета того, что усредненное качество добываемого угля, при одновременной отработке нескольких блоков, должно в максимальной степени соответствовать текущей потребности рынка;

- наличие рынков сбыта (потребителей) для каждой категории угля по уровню его ценности [23, 24].

На практике для этого рекомендуется производить предварительный отбор проб угля, определять его качество, районирование вовлекаемой в отработку площади и разделение фронта горных работ на блоки по величине приведенной теплоты сгорания. В соответствии с существующими возможностями и точностью лабораторных испытаний качественных характеристик угля приведенная теплота сгорания угля отдельных блоков отличается не более чем на 200 ккал/кг.

Параметры выделяемых блоков определяются рабочими характеристиками применяемого оборудования, а также принятыми параметрами основных технологических процессов открытых горных работ. Ширина блока принимается кратной ширине заходки экскаватора, длина блока определяется необходимостью обеспечения работы экскаваторов по взорванной горной массе на установленный нормативный период и корректируется с учетом длины фронта работ на разрабатываемом горизонте.

Качественные характеристики угля в пределах каждого отрабатываемого блока изменяются в зависимости от параметров выполнения основных технологических процессов добычи и переработки. При несоответствии параметров технологических процессов условиям выделенного блока качество угля на стадии любого технологического процесса может быть снижено до значений, при которых данный вид продукции не востребован на рынке. Параметры технологических процессов определяют и себестоимость готовой продукции. Формирование требуемого качества продукции предприятия в условиях отработки пластового месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля достигается при последовательном выполнении технологических процессов с требуемыми параметрами, включая: подготовку угля к выемке, выемочно-погрузочные работы, транспортирование, складирование и переработку. Для условий Восточно-Бейского угольного разреза было определено, что повышение качества угля при выполнении технологических процессов может быть обеспечено:

- при производстве буровзрывных работ – исключением перемешивания различных сортов угля и засорения вскрышными породами; достижением требуемой крупности угля за счет применения рассредоточенной конструкции заряда на добычных уступах и подсыпкой забоя скважины на вскрышных уступах, расположенных над пластами угля;

- при выемочно-погрузочных работах – селективной выемкой угля различного качества и вскрышных пород в процессе экскавации, что достигается подбором вместимости ковша экскаватора;

- при транспортировании – сокращением переизмельчения угля при частых перегрузках и увеличением вместимости кузова карьерного автосамосвала;

- при складировании – увеличением количества штабелей с различным качеством угля в результате изменения параметров каждого штабеля и отведением дополнительных площадей для их размещения;

**Параметры технологических процессов и технологических решений  
для обеспечения определенной ценности продукции (Бейское каменноугольное месторождение)**

Технологический процесс	Качественный показатель, характеризующий технологический процесс	Технологические параметры и решения для достижения ценности продукции			
		Особо ценная	Высокоценная	Ценная	Малоценная
Подготовка к выемке	Крупность куска	Сетка скважин: 4×4 до 6×6 (в зависимости от мощности пласта)		Сетка скважин: 3×3 до 6×6 (в зависимости от мощности пласта)	
	Засорение	Конструкция заряда: рассредоточенный с учетом технологии Blast Maker	Конструкция заряда: рассредоточенный с подсыпкой 0,5 м надугольной зоны	Конструкция заряда: сплошной с подсыпкой 0,5 м надугольной зоны	Конструкция заряда: сплошной
Выемочно-погрузочные работы	Засорение	Выемка: селективная по блоку и слоям	Выемка: селективная по слоям	Выемка: валовая	
	Крупность куска	Вместимость ковша экскаватора: максимальная рациональная		Вместимость ковша экскаватора: средняя	Вместимость ковша экскаватора: без учета влияния на качество
Транспортирование	Крупность куска	Вместимость кузова автосамосвала: максимальная рациональная		Вместимость кузова автосамосвала: средняя	Вместимость кузова автосамосвала: без учета влияния на качество
Складирование	Засорение	Количество штабелей: 8-10	Количество штабелей: 5	Количество штабелей: 4	Количество штабелей: 3
Переработка	Засорение	Способ обогащения: глубокое	Способ обогащения: породовыборка	Обогащение отсутствует	
<b>Дополнительные удельные затраты на реализацию решений и достижение требуемых параметров (ΔС), руб./т</b>					
Всего		300-350	230-280	60-100	0

– при переработке – выбором способа обогащения в зависимости от конечного получаемого качества угля на разрезе и требований рынка (см. таблицу).

Для угольного разреза изменение параметров отдельного технологического процесса в определенном диапазоне, а также количество технологических процессов, в которых производятся изменения, могут оказать различное влияние на итоговое качество продукции. Для количественной оценки производимых преобразований была разработана методика оценки качества технологических процессов в условиях отработки сложноструктурного месторождения каменного угля. Отличительной особенностью предлагаемой методики является учет влияния количества задействованных процессов, а также качества каждого технологического процесса для повышения ценности продукции.

Формула для определения коэффициента качества технологических процессов  $K_{\text{тп}}$  представлена ниже:

$$K_{\text{тп}} = \frac{K_1 \cdot N_{\text{под}} + K_2 \cdot N_3 + K_3 \cdot N_{\text{т}} + K_4 \cdot N_{\text{с}} + K_5 \cdot N_{\text{п}}}{\sum_{n=1}^5 K_n \cdot N_{\text{max}}} \quad (2)$$

где:  $K_1, K_2, K_3, \dots, K_5$  – весовые коэффициенты процессов подготовки, экскавации, транспортировки, складирования горной массы, переработки продукции соответственно;  $N_{\text{под}}, N_3, N_{\text{т}}, \dots, N_n$  – оценка качества процессов подготовки, выемочно-погрузочных работ, транспортирования, складирования горной массы, переработки продукции соответственно;  $n$  – порядковый номер технологического процесса;  $N_{\text{max}}$  – принятая максимальная оценка качества процессов.

Весовые коэффициенты влияния каждого технологического процесса на итоговое качество продукции применительно к конкретному месторождению определяются методом коллективных экспертных оценок. Ввиду специфических особенностей строения месторождения, качества исходного сырья в массиве, принятых технологических решений на предприятии могут отсутствовать отдельные технологические процессы, например подготовка к выемке, переработка и др. В таких случаях данные процессы не учитываются в расчетах, и весовые коэффициенты для них принимаются равными 0.

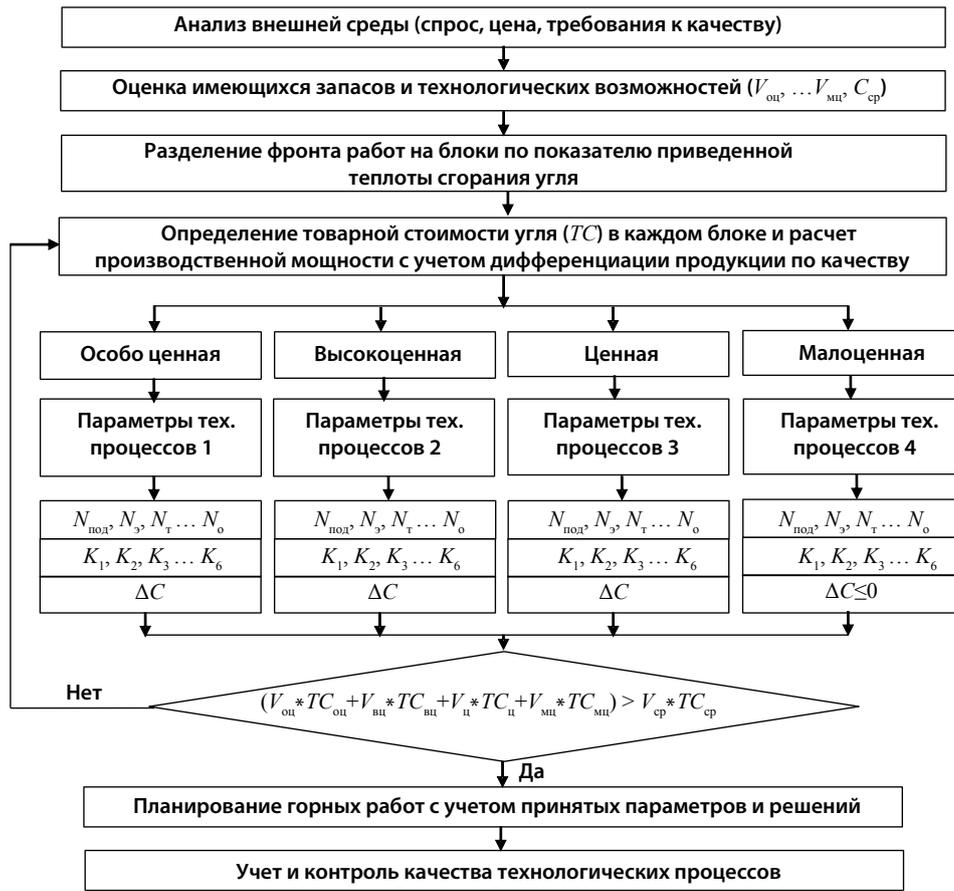
Для условий Восточно-Бейского разреза определены следующие весовые коэффициенты:

- подготовка горной массы ( $K_1$ ) – 0,253;
- экскавация ( $K_2$ ) – 0,304;
- транспортировка ( $K_3$ ) – 0,050;
- складирование ( $K_4$ ) – 0,156;
- переработка продукции ( $K_5$ ) – 0,237.

Фактическая оценка качества процессов принимается в соответствии с таблицей, при этом параметрам, соответствующим «малоценной» продукции, присваивается 1 балл, «ценной» – 2 балла, «высокоценной» – 3 балла, «особо ценной» (максимальная оценка) – 4 балла.

Использование полученной эмпирической зависимости, имеющей вид возрастающей линейной функции, позволяет моделировать рациональные параметры процессов подготовки к выемке, экскавации, транспортирования, складирования угля и переработки продукции [25].

Для оценки рациональности применения новых технологических решений, направленных на повышение каче-



Алгоритм управления качеством продукции предприятия в условиях отработки пластового месторождения с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля

ства технологических процессов и, следовательно, стоимости продукции, разработана экономико-математическая модель. Целевая функция модели выглядит следующим образом:

$$V_{оц} \cdot TC_{оц} + V_{вц} \cdot TC_{вц} + V_{ц} \cdot TC_{ц} + V_{мц} \cdot TC_{мц} \rightarrow \max, \quad (3)$$

где  $V_{оц}, V_{вц}, V_{ц}, V_{мц}$  – объемы продукции по категориям «особо ценная», «высокоценная», «ценная», «малоценная» соответственно, тыс. т;  $TC_{оц}, TC_{вц}, TC_{ц}, TC_{мц}$  – стоимость продукции по категориям «особо ценная», «высокоценная», «ценная», «малоценная» соответственно, руб./т.

В предлагаемой модели имеется следующее ограничение:

$$(V_{оц} \cdot TC_{оц} + V_{вц} \cdot TC_{вц} + V_{ц} \cdot TC_{ц} + V_{мц} \cdot TC_{мц}) > V_{ср} \cdot TC_{ср} \quad (4)$$

где  $V_{ср}$  – объемы продукции до реализации решений по повышению качества угля, тыс. т;  $TC_{ср}$  – товарная стоимость продукции (средняя) до реализации решений по повышению качества угля, руб./т.

В результате последовательного соединения разработанного критерия оценки качества продукции, метода районирования месторождения по приведенной теплоте сгорания угля, предложенных технологических параметров процессов и математической модели их выбора и обоснования предложен усовершенствованный алгоритм управления качеством продукции предприятия в условиях отработки пластового месторождения с

невыдержанными характеристиками залегания и качества угля (см. рисунок).

Суть алгоритма заключается в оценке внешних и внутренних факторов функционирования угольного разреза, прогнозировании стоимости угля в зависимости от его ценности, расчете параметров технологических процессов и дополнительных затрат на улучшение их качества для получения каждой категории продукции по уровню ее ценности на рынке, планировании горных работ, включая наиболее эффективные выбранные технологические решения, а также учет и контроль качества технологических процессов угледобывающего предприятия.

Апробация на Восточно-Бейском разрезе разработанного алгоритма управления качеством продукции позволила обосновать выбор и освоение рациональных параметров технологических процессов, что привело к увеличению приведенной теплоты сгорания добываемого угля более чем на 100 ккал/кг и двукратному росту объемов продаж высокоценной продукции в течение 2020-2021 гг., что подтверждает эффективность разработанного методического подхода к обоснованию технологических параметров разработки пластовых месторождений с невыдержанными характеристиками залегания и качества угля.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования параметров основных технологических процессов добычи каменного

угля открытым способом на пластовых месторождениях с невыдержанными характеристиками залегания пластов и качества угля сделаны следующие выводы.

1. Для управления качеством товарной продукции угольных разрезов предложено использовать показатель приведенной теплоты сгорания угля, учитывающий изменение таких характеристик, как зольность, влажность и крупность куска. По величине показателя приведенной теплоты сгорания угля следует осуществлять разделение фронта горных работ на отдельные блоки, выбор порядка и параметров их отработки.

2. Для условий Бейского месторождения каменного угля установлены эмпирические зависимости:

– зависимость потерь угля в кровле угольного пласта от высоты подсыпки скважины надугольного вскрышного уступа. При бурении вскрышного уступа до угля возможны потери от 15 до 100% угольного пласта, в зависимости от его мощности. Опытным путем установлено, что при бурении скважины до угля и последующей его подсыпке до 60 см потери угля в кровле стремятся к 0;

– зависимость мощности минимально добываемого слоя угля и удельных затрат на экскавацию от вместимости ковша экскаватора. При добыче особо ценной продукции мощностью от 10 до 20 см необходимо использовать экскаваторы с вместимостью ковша до 4 куб. м, при мощности вынимаемого слоя от 20 до 40 см возможно применение экскаваторов с вместимостью ковша от 4 до 10 куб. м, экскаваторы с вместимостью ковша 10 куб. м и более целесообразно применять при выемке пластов мощностью более 40 см;

– зависимость прироста процента мелочи в угольной продукции от количества пересыпов/перегрузов в технологическом процессе и вместимости кузовов автосамосвалов. В зависимости от хрупкости пластов каждый пересып приводит к приросту доли мелочи от 5 до 10%;

– зависимость прироста теплоты сгорания угольной продукции в результате ручной породовыборки по крупности горной массы, поступившей в переработку. При доле крупного куска в горной массе от 50 до 75% максимально возможный прирост теплоты сгорания может составить до 200 ккал/кг.

3. Установлено, что для условий Бейского каменноугольного месторождения изменение параметров основных технологических процессов обуславливает увеличение приведенной теплоты сгорания от 5100 до 5800 ккал/кг, затрат на добычу угля – в 1,27 раза, что позволяет увеличить стоимость продукции более чем в 2,4 раза.

4. Область применения разработанной методики – все предприятия открытого способа добычи угля, отрабатывающие сложноструктурные месторождения, в первую очередь те, на которых отсутствуют обогатительные мощности. На сегодняшний день к ним относятся месторождения каменного угля в: республике Хакасия (Бейский угольный кластер – Восточно-Бейский, Кирбинский, Майрыхский разрезы и т.д.), республике Бурятия (Никольский разрез), Иркутской области (Иркутский угольный бассейн), Хабаровском крае (Буреинский угольный бассейн), Якутии.

### Список литературы

1. Таразанов И.Г., Губанов Д.А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2019 года // Уголь. 2020. № 3. С. 54-69. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-3-54-69.

2. Проект энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1920> (дата обращения: 15.01.2022).

3. Гавришев С.Е. Организационно-технологические методы повышения надежности и эффективности работы карьера. Магнитогорск: МГТУ, 2002. 217 с.

4. Канзычаков С.В., Лапаев В.Н., Соколовский А.В. Развитие горных работ на разрезе: методический подход к управлению // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. № 3.

5. Кулецкий В.Н., Попов Д.В. Создание организационно-технологических условий для высокопроизводительной работы экскаваторов Bucyrus 495 HD // Уголь. 2012. № 12. С. 4-9. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/0122012.pdf> (дата обращения: 15.01.2022).

6. Черских О.И. Стратегия и параметры развития горных работ на угольном разрезе // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № 5. С. 392-399.

7. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров. М.: Недра, 1970. 320 с.

8. Галкин В.А. Технологические основы проектирования и планирования грузопотоков на рудных карьерах с автомобильным транспортом: дис. ... доктора техн. наук / Владимир Алексеевич Галкин. Магнитогорск, 1987. 290 с.

9. Ржевский В.В. Открытые горные работы. М., 1985. 512 с.

10. Мельников Н.В. Открытая разработка месторождений. М.: Наука, 1985. 280 с.

11. Соколовский А.В. Методология проектирования технологического развития действующих карьеров: дис. ... доктора техн. наук. Спец. 25.00.21 «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем»; 05.02.22 «Организация производства (горная промышленность)» / Александр Валентинович Соколовский. Челябинск, 2009. 275 с.

12. Хохряков В.С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1982. 280 с.

13. Шешко Е.Ф. Разработка полезных ископаемых открытым способом. М.: Углетехиздат, 1949. 347 с.

14. О повышении эффективности работы угольных разрезов России / В.А. Галкин, А.Б. Килин, А.М. Макаров и др. // Горный журнал. 2012. № 8. С. 5-8.

15. Srivastava R.R., Mohan S., Verma S. Quality management of Iron ore and coal by raw material division of Tata Steel [Electronic resource]. Available at: [http://www.eoq.org/fileadmin/user\\_upload/Documents/Congress\\_proceedings/Budapest](http://www.eoq.org/fileadmin/user_upload/Documents/Congress_proceedings/Budapest) (accessed: 15.01.2022).

16. Акимов Л.М. Обоснование эффективности технологических схем, обеспечивающих повышение качества добываемого угля: автореферат дис. ... канд. техн. наук: Спец. 25.00.21 «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем» / Леонид Михайлович Акимов. Новочеркасск, 2002. 19 с.

17. Виницкий К.Е., Шаль Р.Р. Управление качеством угля на разрезах ПО «Экибастузуголь». Обзор. М.: ЦНИЭИ-уголь, 1981.

18. Федотов И.П. Открытая разработка сложноструктурных угольных пластов. М.: Недра, 1982. 143 с.

19. Косолапов А.И., Снетков Д.С. К вопросу управления качеством угля при разработке бурогольных месторождений Красноярского края // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2009. № 8. С. 110-116.

20. Снетков Д.С. Обоснование технологии и направления развития горных работ для управления качеством угля на разрезах: автореферат дис. ... канд. техн. наук: Спец. 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)» / Дмитрий Сергеевич Снетков. Красноярск, 2010. 19 с.

21. Хоютанов Е.А. Обоснование резервов совершенствования процессов управления зольностью угля при разработке сложноструктурных месторождений (на примере Эльгинского месторождения): дис. ... канд. техн. наук: Спец. 25.00.22 «Геотехнология (подземная, откры-

тая и строительная)» / Евгений Александрович Хоютанов. Якутск, 2016. 155 с.

22. Щадов М.И., Виницкий К.Е., Шаль Р.Р. Опыт совершенствования технологии и управления качеством угля в ПО «Экибастузуголь». Обзор. М.: ЦНИЭИ-уголь, 1985.

23. Артемьев В.Б. Технологические и организационные механизмы эффективного функционирования угольной компании при комплексном освоении месторождений: автореферат дис. ... доктора техн. наук: Спец. 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)», 05.02.22 «Организация производства (горная промышленность)» / Владимир Борисович Артемьев. М., 2004. 44 с.

24. Каплунов Д.Р. Комплексное освоение рудных месторождений: проектирование и технология подземной разработки. М.: ИПКОН РАН, 1998. 383 с.

25. Азев В.А., Попов Д.В. Управление качеством товарной продукции в условиях отработки сложноструктурного угольного месторождения // Горные науки и технологии. 2020. № 5 (2). С. 119-130.

SURFACE MINING

Original Paper

UDC 622.063:658.012.2«313» © V.A. Azev, D.V. Popov, 2022  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 2, pp. 14-21  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-2-14-21>

**Title**  
**JUSTIFICATION OF PROCESS PARAMETERS IN MINING STRATIFIED DEPOSITS WITH INCONSISTENT OCCURRENCE AND QUALITY CHARACTERISTICS OF COAL**

**Authors**

Azev V.A.<sup>1</sup>, Popov D.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>“SUEK-Khakassia” LLC, Chernogorsk, 655162, Russian Federation

<sup>2</sup>“Vostochno-Beisky Open-pit mine” LLC, Kirba village, Republic of Khakassia, 655796, Russian Federation

**Authors Information**

**Azev V.A.**, Doctor of Engineering Sciences, Deputy General Director – Technical Director, e-mail: [AzevVA@suek.ru](mailto:AzevVA@suek.ru)

**Popov D.V.**, Executive Director, e-mail: [Priemnaya\\_VBR@suek.ru](mailto:Priemnaya_VBR@suek.ru)

**Abstract**

The article discusses topical issues in mining stratified deposits with inconsistent occurrence and quality characteristics of coal. The article presents a methodological approach to manage the quality of coal products for mining operations that develop stratified deposits with inconsistent characteristics of occurrence and quality of the mineral. The methodological approach to manage the quality of products is based on justification and assurance of the mining process parameters using the reduced heat value of coal combustion. Validation of the developed approach in conditions of the Vostochno-Beisky coal mine produced positive results, which are expressed in improved product quality and the economic efficiency of the enterprise.

**Keywords**

Management of product quality, Stratified deposits with inconsistent occurrence and quality characteristics of coal, Process parameters, Efficiency of technological solutions.

**References**

1. Tarazanov I.G. & Gubanov D.A. Russia's coal industry performance for January – December, 2019. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2020, No. 3, pp. 54-69. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2020-3-54-69](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2020-3-54-69).
2. Draft of the energy strategy of the Russian Federation for the period up to 2035. [Electronic resource]. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/1920> (accessed: 15.01.2022). (In Russ.).
3. Gavrishchev S.E. Organizational and technological methods to improve the reliability and efficiency of opencast mining. *Magnitogorsk: MG TU Publ.*, 2002, 217 p. (In Russ.).

4. Kanzychakov S.V., Lapaev V.N. & Sokolovsky A.V. Development of mining operations in strip mines: a methodological approach to management // *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta im. G.I. Nosova*, 2012, (3). (In Russ.).
5. Kuletsky V.N. & Popov D.V. Creation of organizational and technological conditions for high-performance operation of Bucyrus 495 HD rope shovel. *Ugol'*, 2012, (12), pp. 4-9. (In Russ.). URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/0122015.pdf> (accessed 15.01.2022).
6. Cherskikh O.I. Strategy and parameters of mining operations development in a coal strip mine. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2016, (5), pp. 392-399. (In Russ.).
7. Arsenyev A.I. Defining productivity and boundaries of open-pits. *Moscow, Nedra Publ.*, 1970, 320 p. (In Russ.).
8. Galkin V.A. Technological fundamentals of designing and planning of material flows in ore open pits use vehicle transport, Dr. eng. sci. diss., *Magnitogorsk*, 1987, 290 p. (In Russ.).
9. Rzhavsky V.V. Surface mining. *Moscow*, 1985, 512 p. (In Russ.).
10. Melnikov N.V. Open pit mining. *Moscow, Nauka Publ.*, 1985, 280 p. (In Russ.).
11. Sokolovsky A.V. Design methodology for technological development of operating quarries, Dr. eng. sci. diss., Specialization: 25.00.21 'Theoretical basis of designing mining systems'; 05.02.22 'Organization of production (mining industry)'; *Chelyabinsk*, 2009, 275 p. (In Russ.).
12. Khokhryakov V.S. Open-pit mining of mineral deposits. *Moscow, Nedra Publ.*, 1982, 280 p. (In Russ.).
13. Sheshko E.F. Surface mining of mineral resources. *Moscow, Uglechtekhizdat Publ.*, 1949, 347 p. (In Russ.).
14. Galkin V.A., Kilin A.B., Makarov A.M. et al. On improving the efficiency of coal strip mines in Russia. *Gornyj zhurnal*, 2012, (8), pp. 5-8. (In Russ.).
15. Srivastava R.R., Mohan S., Verma S. Quality management of Iron ore and coal by raw material division of Tata Steel [Electronic resource]. Available at: [http://www.eoq.org/fileadmin/user\\_upload/Documents/Congress\\_proceedings/Budapest](http://www.eoq.org/fileadmin/user_upload/Documents/Congress_proceedings/Budapest) (accessed 15.01.2022).

16. Akimov L.M. Justification of efficiency of technological schemes that improve the quality of mined coal, abstract for PhD (eng.) diss. Specialization: 25.00.21 'Theoretical basis of designing mining systems', Novocherkassk, 2002, 19 p. (In Russ.).
17. Vinitsky K.E. & Shal R.R. Coal quality management in coal mines of PO "Ekibastuzugol". Review. Moscow, CNIEugol Publ., 1981. (In Russ.).
18. Fedotov I.P. Surface mining of complex coal seams. Moscow, Nedra Publ., 1982, 143 p. (In Russ.).
19. Kosolapov A.I. & Snetkov D.S. Regarding coal quality management in mining brown coal fields of the Krasnoyarsk Territory. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2009, (8), pp. 110-116. (In Russ.).
20. Snetkov D.S. Justification of technology and development directions of mining operations to manage coal quality in strip mines, PhD (eng.) diss. Specialization: 25.00.22 'Geotechnology (underground, surface and construction)'. Krasnoyarsk, 2010, 19 p. (In Russ.).
21. Khoyutanov E.A. Justification of reserves to improve coal ash content management in mining complex deposits (as exemplified by the Elginsky coal field), PhD (eng.) diss., Specialization: 25.00.22 'Geotechnology (underground, surface and construction)', Yakutsk, 2016, 155 p. (In Russ.).
22. Shchadov M.I., Vinitsky K.E. & Shal R.R. Experience of enhancing technology and coal quality management in PO "Ekibastuzugol". Review. Moscow, CNIEugol Publ., 1985. (In Russ.).

23. Artemyev V.B. Technological and organizational mechanisms for efficient operation of a coal company in integrated development of deposits, Dr. eng. sci. diss., Specialization: 25.00.22 'Geotechnology (underground, surface and construction)'; 05.02.22 'Organization of production (mining industry)'; Moscow, 2004, 44 p. (In Russ.).
24. Kaplunov D.R. Integrated development of ore deposits: design and technology of underground mining. Moscow, IPKON RAS Publ., 1998, 383 p. (In Russ.).
25. Azev V.A. & Popov D.V. Management of commercial product quality in conditions of mining complex coal deposits. *Gornye nauki i tehnologii*, 2020, (5), pp. 119-130. (In Russ.).

**For citation**

Azev V.A. & Popov D.V. Justification of process parameters in mining stratified deposits with inconsistent occurrence and quality characteristics of coal. *Ugol'*, 2022, (2), pp. 14-21. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-2-14-21.

**Paper info**

Received December 27, 2021

Reviewed January 13, 2022

Accepted January 18, 2022

## Чтобы помощь была оперативной и грамотной: на Бородинском разрезе прошла тренировка горноспасателей

*В Красноярском крае на Бородинском разрезе, входящем в СУЭК Андрея Мельниченко, прошло обучение вспомогательной горноспасательной команды (ВГК). Такие добровольческие формирования действуют во всех угледобывающих подразделениях СУЭК, их общая численность превышает 1 500 человек. Основная задача ВГК – в случае нештатной ситуации первыми прийти на помощь коллегам и приступить к ликвидации ЧС.*

На Бородинском разрезе такая команда состоит из 32 добровольцев – это представители разных профессий: машинисты экскаваторов, бульдозеров, водители автомобилей, прошедшие специальную подготовку. Обучение горноспасателей на базе учебного центра предприятия ведется на постоянной основе. Дважды в год для горноспасателей проходят теоретические и практические занятия с привлечением специалистов Военизированной горноспасательной бригады Восточной Сибири (ФГУП «ВГСУ»).

*«Темой нынешнего тренинга стала проверка работоспособности дыхательных аппаратов и действия в них, – рассказал командир отделения учебного взвода горноспасательного отряда Восточной Сибири Сергей Загоруйко, проводивший занятия. – Вспомнили с членами ВГК оборудование, спасательное оснащение, которое они должны и обязаны применять в соответствии с правилами. Теоретические знания мы обязательно подкрепляем на практике».*



Помимо занятий со специалистами учебного центра ФГУП «ВГСУ» добровольцы ВГК тренируются самостоятельно – регулярно проверяют исправность оборудования, совершенствуют оперативность и навыки командной работы.

Росту профессионализма способствуют и соревнования между спасательными подразделениями СУЭК, которые проводятся с 2014 г. – отдельно для ВГК на открытых и на подземных горных работах. Последние такие состязания проходили в октябре 2021 г. в Хакасии и были приурочены к 20-летию СУЭК и 76-й годовщине Победы советского народа в Великой Отечественной войне. А в 2019 г. масштабное мероприятие принимал Бородинский разрез.

