

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

Научная статья

УДК 622.271.3

DOI: 10.26730/1999-4125-2026-2-199-209

## О ПОРЯДКЕ ВЫЕМКИ МАЛОМОЩНЫХ ПЛАСТОВ В ПОРОДОУГОЛЬНОЙ ЗАХОДКЕ

Азев Дмитрий Владимирович, Хорешок Алексей Алексеевич,  
Марков Сергей Олегович, Тюленев Максим Анатольевич

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

\* для корреспонденции: haa.omit@kuzstu.ru



### Информация о статье

Поступила:

18 января 2026 г..

Одобрена после

рецензирования:

31 января 2026 г.

Принята к публикации:

12 февраля 2026 г.

Опубликована:

29 июня 2026 г.

### Ключевые слова:

Открытые горные работы, валовая выемка, селективная выемка, селективно-валовая выемка, сложноструктурные месторождения, маломощные пласты, разубоживание угля

### Аннотация.

На открытых горных работах Сибири идет эксплуатация месторождений, основная часть пластов которых (более 80%) имеет сложную структуру с наличием в них 10-15 породных пропластков мощностью от долей сантиметра до 1-2 м и зольностью до 70-80%. Согласно существующей классификации, выемка угольных пластов сложного строения (88%) производится валовым или послойным способом, т. е. первоначально отгружается порода, затем угольный пласт зачищается, после чего вынимается уголь вместе с расположенными в нем прослойками породы. В большинстве случаев (более 90%) прослойки породы не оказывают существенного влияния на зольность угля, т. е. добытый уголь уходит на реализацию без обогащения, поскольку соответствует требуемым нормативам по зольности. Исходя из этого, выемку сложноструктурных пластов с прослойками породы можно считать селективной. Анализ горно-геологических условий, структуры пластов и технологии их отработки показывает, что существующая классификация способов выемки угольных пластов недостаточно полно характеризует применяемые технологии по качественной характеристике и организации вскрышных и добычных работ, а также не учитывает их чередование непосредственно в забое. Определено, что по данным факторам способы выемки следует разделять на селективный, валовый и селективно-валовый. В статье приведен ряд полученных зависимостей для определения степени разубоживания угля при различных соотношениях угла падения пласта и угла естественного откоса разрыхленной горной массы

**Для цитирования:** Азев Д.В., Хорешок А.А., Марков С.О., Тюленев М.А. О порядке выемки маломощных пластов в породугольной заходке // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2026. № 2 (174). С. 199-209. DOI: 10.26730/1999-4125-2026-2-199-209, EDN: JFOHFK

### Введение.

Применяемая в настоящее время на открытых горных работах технология разработки сложноструктурных месторождений основывается на применении селективного, валового и селективно-валового способа выемки. Селективная отработка – комплекс технологических операций, обеспечивающих обособленную (раздельную) выемку различных типов и сортов полезного ископаемого и пустых пород, залегающих в массиве совместно [1].

Селективная разработка способствует резкому снижению разубоживания полезного ископаемого вмещающими породами и разделению его сортов, то есть обеспечивает избирательность выемки, которая является высокой. Валовая выемка – совместная выемка пустых пород и полезного ископаемого или различных его типов [1]. Для пластов большой мощности валовая выемка определяется по совместному извлечению угля и породных прослойков (без присечки боковых пород). При

отработке маломощных пластов сложного строения и залегания признаком валовой выемки служит выемка такого пласта с присечкой вмещающих пород, то есть наличием разубоженной горной массы. Требования к избирательности при валовой выемке незначительны, разубоженный уголь подлежит обогащению.

Строительство на ряде предприятий обогатительных фабрик и установок (ОФ и ОУ) и стремление к снижению потерь в недрах при добыче привело к появлению нового термина –

послойный способ выемки. Данный способ является промежуточным между селективным и валовым способом выемки.

Послойная выемка – выемка кровли и почвы пласта с присечкой вмещающих пород при зачистке и извлечение в чистом виде (совместно с пропластками) средней части пласта [2]. При применении данного способа избирательность выемки на зачистке определяется требованиями к разубоживанию угля по возможности обогащения обогатительной фабрикой (установкой).

Таблица 1. Классификационные признаки способов выемки угольных пластов  
Table 1. Classification features of coal seam extraction methods

Основной способ (технология) выемки	Варианты способа выемки	Выемка компонентов забоя (блока)	Потери полезного ископаемого	Производительность оборудования
Селективная	А. Раздельный с одной точки стояния экскаватора	Раздельная выемка различных марок полезного ископаемого и прослоек породы или совместно с прослойками	Потери на кровле и в почве пласта и прослоек породы	Низкая из-за «осторожности» выемки по слоям
	Б. Раздельный во времени	Раздельная выемка различных марок полезного ископаемого и прослоек породы или совместно с прослойками	Значительные потери на кровле и в почве пласта и прослоек породы; потери вследствие обрушения откосов забоя	
Валовая	А. Сплошной валовый	Совместная выемка пласта с прослойками породы и вмещающими породами без оконтуривания сплошным забоем	Потери только при обогащении.	Максимальная, т. к. выемка производится как в однородном забое
	Б. Выборочный валовый	Совместная выемка пласта с прослойками породы и вмещающими породами с оконтуриванием пласта в заходке	Разубоживание значительное	Ниже максимальной из-за потерь времени на оконтуривание пласта
Селективно-валовая	А. Селективно-валовый	Совместная выемка пласта с прослойками породы и частичной присечкой вмещающих пород кровли и почвы и разделением грузопотоков чистого, разубоженного полезного ископаемого и вскрышных пород	Потери низкие при оконтуривании пласта и обогащении. Разубоживание минимально возможное	Несколько ниже максимальной из-за потерь времени на оконтуривание и уборку негабаритов
	Б. Послойный	Совместная выемка пласта с прослойками породы или без таковой с разделением разубоженного полезного ископаемого, чистого продукта и вскрышных пород в разные грузопотоки	Потери низкие при обогащении. Разубоживание зависит от квалификации машиниста экскаватора	Несколько ниже максимальной вследствие тщательности выемки

**Основная часть.**

На основании анализа разработки месторождений Кузбасса была предложена систематизация способов выемки маломощных пластов сложного строения [2], основополагающим признаком в которой являлось наличие разубоженного и чистого угля. По данному признаку все способы выемки были разделены на сплошной валовой, послонный и селективный, аналогично вышерассмотренным. Качественная характеристика и организация выемочно-погрузочных работ в данной систематизации не рассматривались. Однако качественная характеристика поступающего из забоя продукта, на наш взгляд, является важным показателем, влияющим на обоснование того или иного способа выемки совместно с учетом фактора избирательности выемки того или иного пласта.

Тогда по факторам качества поступающего из забоя продукта и избирательности выемки для угольных месторождений можно выделить следующие способы:

- селективная выемка: комплекс технологических операций высокой избирательности, обеспечивающий раздельную выемку пустых пород и различных марок угля или совместную выемку угля с прослойками породы в пределах потребительских стандартов по зольности;

- валовая выемка: комплекс технологических операций низкой избирательности, обеспечивающий совместную выемку различных малок угля с размещенными в них прослойками и (или) вмещающими породами с реализацией продукции в пределах потребительских стандартов по зольности после их разделения на ОФ или ОУ;

- селективно-валовая выемка: комплекс технологических операций высокой избирательности, обеспечивающий совместную выемку угольного пласта с прослойками и (или) вмещающими породами с минимально возможным засорением угля и разделением компонентов выемочного блока в забое и (или) на ОФ с реализацией продукта в пределах потребительских стандартов по зольности.

Послонная выемка является одним из вариантов селективно-валовой выемки. Послонная выемка включает в себя комплекс технологических операций высокой избирательности, обеспечивающей валовую выемку кровли и почвы пласта и селективную выемку центральной его части совместно с пропластками или без них с реализацией угля кровли и почвы пласта после разделения на ОФ (ОУ).

Классификация предлагаемых способов выемки с учетом рассмотренных факторов представлена в Таблице 1.

Предлагаемая классификация и варианты способов выемки угольных пластов позволяют в зависимости от сложности горно-геологических условий месторождений и углов залегания угольных пластов прогнозировать возможность отработки сложноструктурных месторождений тем или иным способом и качественный состав горной массы, поступающей из обрабатываемого породугольного блока. В то же время на качество поступающей из забоя горной массы влияют и горно-технологические условия ведения горных работ, которые в свою очередь тоже требуют рассмотрения, так как на качество отгружаемой из забоя породы, разубоженного и (или) чистого угля влияют такие факторы, как попадание угольного пласта в обрабатываемый блок и его мощность, наличие на предприятии мощностей обогащения, марки/модель применяемого горного оборудования, вид транспорта и т. д.

Применяемый в настоящее время на открытых горных работах способ отработки месторождений по основным мощным пластам приводит к тому, что выемка пластов малой мощности производится попутно при подвигании рабочего борта разреза или подготовке к выемке пластов средней и большой мощности в тех условиях, в каких они попадают в выемочный блок. В этом случае не всегда становится возможным производить отработку пластов в оптимальных условиях.

**Систематизация условий выемки маломощных угольных пластов**

Исследованиями выемки пластов сложного строения и залегания [3–20] установлено, что в зависимости от условий попадания пласта в заходку экскаватора изменяется и качество извлечения полезного ископаемого, то есть возрастают или уменьшаются потери, засорение угля вмещающими породами. Для анализа и оценки условий попадания угольных пластов в выемочный блок и их влияния на качество добываемого в забоях продукта необходимо рассмотреть варианты размещения угольных пластов в выемочном блоке с учетом развития горных работ в конкретных горно-геологических условиях и принятой на предприятии технологии и способа выемки.

Рассматривая месторождения Сибири, характеризующиеся свитовым залеганием угольных пластов с углами падения от 0 до 90°, можно выделить следующие условия попадания маломощных пластов в породугольный блок.

При отработке месторождений с горизонтальным залеганием угольных пластов в процессе подготовки основного мощного пласта (при проведении вскрышных работ) маломощный угольный пласт может попасть в забой экскаватора в верхней, средней или нижней части. При попадании угольного пласта

в верхнюю часть обрабатываемого породугольного блока с целью снижения потерь угля необходимо либо перегнать экскаватор на кровлю уступа и отработать угольный пласт одним из рассмотренных способов, либо отработать его с применением бульдозеров, погрузчиков, гидравлических экскаваторов и т. д., например, когда в качестве основного выемочного оборудования применяется гидравлический экскаватор (прямая лопата), то не требуется лишних перегонов и дополнительного оборудования, т. к. с помощью его можно производить сортировку в забое на любой высоте уступа. В случае попадания угольного пласта в среднюю часть забоя при применении существующего горного оборудования необходима разбивка уступа на подступы, либо выемка всей горной массы сплошным валовым способом, либо, если позволяют параметры рабочего оборудования, валовым способом или селективно-валовым. При попадании угольного пласта в обрабатываемый породугольный блок в нижней части забоя по условию прочерпывания возможно применение ряда рассмотренных вариантов способов выемки.

В процессе отработки сложноструктурных месторождений с залеганием пластов от пологого до крутого, учитывая изменчивость углов падения и простираия, возможно попадание угольного пласта в породугольный блок с различным углом попадания и залегания, от согласного до несогласного. Однако из-за непостоянства углов падения и простираия пласта даже в пределах одного обрабатываемого блока, залегание пласта может быть согласное или несогласное в зависимости от места установки основного выемочного оборудования. В соответствии с этим рассмотрим более подробно условия попадания угольного пласта в заходку экскаватора и определим точку начала отсчета угла встречи пласта с заходкой экскаватора.

Исходя из принятой технологии отработки месторождений блоками по основным мощным пластам с применением продольного, поперечного и смешанного подвигания фронта работ и, соответственно, периодического изменения направления движения экскаватора, условия попадания маломощных пластов в обрабатываемый блок периодически меняются. В качестве точки (начала) отсчета угла встречи пласта с направлением подвигания заходки экскаватора принимаем ось движения экскаватора при его расположении слева от кровли угольного пласта. Отсчет угла встречи пласта с заходкой экскаватора производим по часовой стрелке. В соответствии с этим принятым положением в зависимости от угла встречи пласта с заходкой можно сказать, что согласному залеганию пластов соответствует

угол встречи от 0 до 180°, а несогласному – 181-359°. В том случае, если угольный пласт располагается согласно в правой полуплоскости от оси, принимаем угол встречи пласта с заходкой экскаватора равным 180°. Исходя из условия попадания пласта в выемочный блок, независимо от угла его падения, выделим по углу встречи с заходкой экскаватора ряд углов по «удобству» выемки. Предлагается провести разделение на восемь групп: 0-10°, 10-60°, 60-120°, 120-180°, 180-240°, 240-300°, 300-350°, 350-360° (0°). Данные группы углов встречи пласта с заходкой будем рассматривать в дальнейшем.

Анализ классификации способов выемки, их вариантов и условий разработки месторождений с наличием маломощных угольных пластов показывает, что в одних и тех же горно-геологических условиях возможно применение различных способов выемки угольного пласта. В связи с этим необходимо рассмотрение процессов выемки угля и его засорения пустыми породами в забое экскаватора непосредственно при выемке маломощного пласта. Процесс разубоживания угля в забое экскаватора рассматриваем для валовой и селективно-валовой выемки, так как селективный способ выемки уже достаточно изучен.

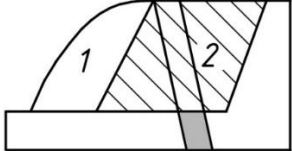
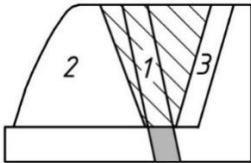
#### **Разубоживание угля в забое при отработке маломощных пластов**

На многих разрезах вместо строительства обогатительных установок предусматривают селективную выемку пластов сложного строения и залегания. Для снижения потерь угля при выемке уступа разбивают на 2-3 подступа высотой 3-6 метров. Такой подход позволяет уменьшить потери угля при выемке маломощных пластов, но в то же время приводит к снижению производительности выемочного оборудования на 20-30%, к усложнению организации совместной работы выемочно-погрузочного и транспортного оборудования, необходимости создания дополнительных транспортных коммуникаций, сдерживает развитие горных работ на вышележащих горизонтах. Но даже при снижении высоты уступа с целью снижения потерь угля при зачистке пласта теряется 0-40 сантиметров угля с кровли и остается столько же в почве его.

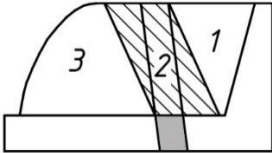
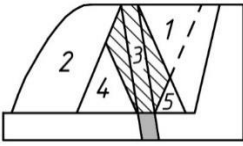
В соответствии с этим необходим поиск путей снижения потерь угля и его разубоживания вмещающими породами, повышающих эффективность селективно-валовой выемки. Разубоживание угля в забое вызывается в основном следующими факторами:

- нарушением контактных зон пласта при ведении буровзрывных работ;
- оконтуриванием пласта, связанным с долей присечки породы при его выемке,
- несовпадением траектории черпания экскаватора с линиями падения и простираия

Таблица 2. Определение разубоживания угля при различных вариантах попадания пласта в заходку  
 Table 2. Determination of coal dilution for various options of seam entry into the stope

Порядок отработки забоя	Отношение углов $\alpha$ и $\theta$	Расчетные формулы
	$\alpha \geq \theta$ $\alpha \leq \theta$	Объем горной массы $V_{гм}, м^3$ $\frac{S \cdot A \cdot K_p \cdot H_y}{\sin \theta}$
		Объем присекаемой породы $V_{п}, м^3$ $\frac{S \cdot K_p \cdot H_y (A \cdot \sin \alpha - m_n \cdot \sin \theta)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin \theta}$
		Степень разубоживания R, % $\frac{A \cdot \sin \alpha - m_n \cdot \sin \theta}{A \cdot \sin^2 \alpha}$
	$\alpha > \theta$	Объем горной массы $V_{гм}, м^3$ $\frac{H_y \cdot S \cdot K_p \cdot \operatorname{tg} \alpha (H_y \cdot \sin \alpha + 2 \cdot m_n \cdot \operatorname{tg} \beta)}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \theta \cdot \sin^2 \alpha}$ Объем присекаемой породы $V_{п}, м^3$ $\frac{H_y^2 \cdot S \cdot K_p \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \theta}$ Степень разубоживания R, % $\frac{1}{(1 + 4 \cdot H_y \cdot S \cdot K_p \cdot m_n \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \cdot \operatorname{tg}^2 \theta)}$
	$\alpha < \theta$	Объем горной массы $V_{гм}, м^3$ $\frac{H_y \cdot S \cdot K_p (H_y \cdot \cos \alpha + m_n)}{\sin^2 \alpha}$ Объем присекаемой породы $V_{п}, м^3$ $\frac{H_y^2 \cdot S \cdot K_p \cdot \cos \theta}{\sin \theta}$ Степень разубоживания R, % $\frac{1}{(1 + H_y \cdot S \cdot K_p \cdot m_n \cdot \sin^2 \theta)}$
	$\alpha = \theta$	Объем горной массы $V_{гм}, м^3$ $\frac{H_y \cdot S \cdot K_p (2 \cdot H_y \cdot \cos \alpha + 4 \cdot m_n + 1)}{4 \cdot \sin \alpha}$ Объем присекаемой породы $V_{п}, м^3$ $\frac{H_y \cdot (2 \cdot H_y \cdot \cos \alpha + 1) \cdot S \cdot K_p}{4 \cdot \sin \alpha}$ Степень разубоживания R, % $\frac{1}{S \cdot K_p \cdot (m_n + 1)}$

Продолжение таблицы 2  
Continuation of table 2

	$\alpha > \theta$	<p>Объем горной массы <math>V_{гм}</math>, м<sup>3</sup></p> $\frac{H_y \cdot S \cdot K_p \cdot (H_y \cdot \sin(\alpha - \theta) + m_H \cdot \sin \theta)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin \theta}$ <p>Объем отсекаемой породы <math>V_n</math>, м<sup>3</sup></p> $\frac{H_y^2 \cdot S \cdot K_p \cdot (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \theta)}{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \theta}$ <p>Степень разубоживания R, %</p> $\frac{1}{(1 + H_y \cdot S \cdot K_p \cdot m_H \cdot \sin^2 \alpha \cdot \sin^2 \theta)}$
	$\alpha < \theta$	<p>Объем горной массы <math>V_{гм}</math>, м<sup>3</sup></p> $\frac{H_y \cdot S \cdot K_p \cdot (H_y \cdot \sin(\theta - \alpha) + m_H \cdot \sin \theta)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin \theta}$ <p>Объем отсекаемой породы <math>V_n</math>, м<sup>3</sup></p> $\frac{H_y^2 \cdot S \cdot K_p \cdot (\operatorname{tg} \theta - \operatorname{tg} \alpha)}{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \theta}$ <p>Степень разубоживания R, %</p> $\frac{1}{(1 + H_y \cdot S \cdot K_p \cdot m_H \cdot \sin^2 \alpha \cdot \sin^2 \theta)}$
	$\alpha = \theta$	<p>Объем горной массы <math>V_{гм}</math>, м<sup>3</sup></p> $\frac{H_y \cdot S \cdot K_p \cdot (0,6 \cdot H_y + m_H)}{\sin^2 \alpha}$ <p>Объем отсекаемой породы <math>V_n</math>, м<sup>3</sup></p> $\frac{0,6 \cdot H_y^2 \cdot S \cdot K_p}{\sin \alpha}$ <p>Степень разубоживания R, %</p> $\frac{1}{(1 + H_y \cdot S \cdot K_p \cdot m_H \cdot \sin^2 \alpha)}$
	$\alpha > \theta$	<p>Объем горной массы <math>V_{гм}</math>, м<sup>3</sup></p> $\frac{H_y \cdot S \cdot K_p \cdot m_H + V_n \cdot \sin \alpha + V_B \cdot \sin \alpha}{\sin^2 \alpha}$ <p>Объем отсекаемой породы <math>V_n</math>, м<sup>3</sup></p> $V_n = V_B + V_L$ $V_B = \frac{H_y^2 \cdot S \cdot K_p \cdot [1 + 2 \cdot (\cos \theta - \operatorname{ctg} \alpha)] \cdot \sin(\alpha - \theta)}{2}$ $V_L = \frac{H_y^2 \cdot S \cdot K_p \cdot [\sin \alpha + \sin(\alpha + \theta)] \cdot \sin(\alpha - \theta)}{4 \cdot \sin \theta \cdot \sin^2 \alpha}$ <p>Степень разубоживания R, %</p> $\frac{1}{S \cdot H_y \cdot K_p \cdot m_H}$

Продолжение таблицы 2  
Continuation of table 2

	$\alpha > \theta$	<p>Объем горной массы <math>V_{гм}, м^3</math></p> $\frac{H_y \cdot S \cdot K_p \cdot m_n + V_l \cdot \sin \alpha + V_b \cdot \sin \alpha}{\sin^2 \alpha}$ <p>Объем присекаемой породы <math>V_n, м^3</math></p> $V_n = V_b + V_l$ $V_b = \frac{H_y^2 \cdot S \cdot K_p \cdot [1 + 2 \cdot (\cos \theta - \operatorname{ctg} \alpha)] \cdot \sin(\alpha - \theta)}{2}$ $V_l = \frac{H_y^2 \cdot S \cdot K_p \cdot [\sin \alpha + \sin(\alpha + \theta)] \cdot \sin(\alpha - \theta)}{4 \cdot \sin \theta \cdot \sin^2 \alpha}$ <p>Степень разубоживания <math>R, \%</math></p> $\frac{V_b + V_l}{V_{гм} - 2 \cdot V_b}$
---	-------------------	---

пласта на толщине срезаемого ковшем слоя по откосу забоя.

Разубоживание угля в результате ведения буровзрывных работ определяется степенью изученности структуры взрываеваемого массива и на современном этапе развития взрывного дела может быть сведено к минимуму. Отечественными учеными рассмотрены условия подготовки горной массы к выемке в угленасыщенной зоне и разработаны рекомендации по исключению разубоживания пласта буровзрывными работами [21]. Взрывному рыхлению подвергается только породный массив. В связи с меняющейся блочностью вмещающих пород, слабой изученностью отрабатываемой толщи, неточностью разметки скважин, неопытностью буровых мастеров и взрывников и т. д. довольно часто нарушается не только породугольный контакт, но и сам угольный пласт. Поэтому при исследовании условий разубоживания угля в процессе отработки его в забое целесообразно рассматривать следующие варианты состояния структуры пласта: нарушенной, слабо нарушенной и ненарушенной.

В процессе отработки месторождений с горизонтальным или пологим залеганием угольных пластов независимо от нарушения и структуры возможно расположение пласта на различной высоте в забое. От этого зависит применение того или иного способа выемки. Так, при попадании горизонтального угольного пласта в выемочный блок в верхней или средней части забоя использование экскаватора типа прямой мехлопаты или прямой гидролопаты позволяет применять только сплошной валовый способ выемки, и степень разубоживания угля можно определить следующим образом:

$$R = \frac{(H_y - m_n)}{H_y},$$

где  $H_y$  – высота уступа, м;  $R$  – степень относительного разубоживания угля;  $m_n$  – нормальная мощность угольного пласта, м.

При пологом залегании пласта формула примет вид

$$R = \frac{H_y \cdot \cos \alpha - m_n \cdot \sin \theta}{H_y \cdot \sin \alpha},$$

где  $\alpha$  – угол падения пласта, градус;  $\theta$  – угол естественного откоса породы, градус.

Анализ этих выражений показывает, что для рассматриваемых условий засорение угля пустой породой возрастает с уменьшением мощности пласта и увеличением высоты уступа. Логично, что для снижения величины  $R$  необходимо либо вести разработку уступа слоями, либо использовать оборудование с увеличенными рабочими параметрами.

Наибольшую сложность при отработке маломощных пластов представляют месторождения с наклонным и крутым залеганием, где возможно применение всех видов и вариантов выемки. В соответствии с той или иной организацией работы экскаватора в забое и избирательностью выемочно-погрузочных работ получен ряд зависимостей для определения степени разубоживания угля, которая в общем случае определялась по выражению

$$R = \frac{V_n}{V_{гм}},$$

где  $V_n$  – объем присекаемой к углю породы со стороны кровли и почвы пласта,  $м^3$ ;  $V_{гм}$  – объем горной массы (угля и породы) по толщине вынимаемого слоя,  $м^3$ .

Для каждого способа выемки объем породы и горной массы будет определяться по различным формулам. В таблице приведены варианты

расчетных формул объема породы, отсекаемой со стороны кровли и почвы пласта, в зависимости от угла падения пласта ( $\alpha$ ) и угла естественного откоса разрыхленной горной массы ( $\theta$ ). По соотношению углов  $\alpha$  и  $\theta$  можно выделить три случая:  $\alpha > \theta$ ,  $\alpha < \theta$  и  $\alpha = \theta$ . В дальнейшем величина  $R$  будет рассматриваться по заданным отношениям  $\alpha$  и  $\theta$ .

В таблице приняты следующие обозначения:  $S$  – толщина вынимаемого слоя (стружки) с одного места стояния экскаватора, м;  $A$  – ширина заходки экскаватора по целику, м;  $H_y$  – высота уступа, м;  $K_p$  – коэффициент разрыхления породы;  $m_n$  – нормальная мощность угольного пласта, м.

#### Выводы.

Анализ таблицы показывает, что при выборочной валовой выемке угля (вариант 1) величина  $R$  достигает 60-95% в зависимости от  $m_n$  и  $\alpha$ . В случае применения второго варианта выемки угольного пласта в некоторых случаях происходит снижение величины  $R$  за счет уменьшения присечки породы со стороны кровли и почвы пласта, которая зависит от угла  $\alpha$  – в этом случае разубоживание незначительно снижается, до 53-80%.

Применение третьего варианта валового способа выемки угольных пластов возможно при  $\alpha \leq \theta$ . При  $\alpha > \theta$  значительно увеличивается объем отсекаемых пород кровли и почвы пласта. Когда угол  $\alpha$  достаточно велик, возможно применение четвертого варианта выемки (селективно-валовой), позволяющей снизить величину  $R$  по сравнению с валовой (2 и 3 вариантами). Когда достаточно велика мощность угольного пласта, то применение рассмотренных вариантов оконтуривания угольного пласта позволяет частично извлекать чистый уголь без дальнейшего его обогащения (селективно-валовая выемка). Анализ условий применения селективно-валовой выемки показывает, что она применима на отработке пластов нарушенной структуры при углах падения  $70^\circ$  в диапазоне мощности пластов от 1 до 5 м и высоты уступа от 4 до 20 м. При падении пластов под углами  $80^\circ$  и  $60^\circ$  возможна выемка чистого угля для пластов мощностью 3 метра до высоты уступа 6 м, а пластов мощностью 5 м – до 10 м. Для углов падения пластов  $50^\circ$  и  $90^\circ$  применение селективно-валовой выемки возможно при мощности пластов 5 м и высоте уступа до 6 м. Во всех остальных случаях возможно применение третьего и четвертого вариантов выемки.

Рассмотренные схемы (варианты) выемки маломощных угольных пластов применимы только в случаях, когда простирание пласта совпадает с линией черпания экскаватора. Но в связи с тем, что выемка маломощных пластов осуществляется попутно с отработкой основных мощных пластов, гипсометрия которых не всегда

совпадает с гипсометрией маломощных пластов, линии их простирания, соответственно, не совпадают с линией черпания экскаватора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ржевский В. В. Процессы открытых горных работ. М.: Недра, 1978. 543 с.
2. Сысоев А. А., Семенов В. В. К систематизации способов выемки маломощных и сложных пластов // Открытая угледобыча в Кузбассе. Итоги. Проблемы. Перспективы. Кемерово, 1984. С. 52–56.
3. Колесников В. Ф., Корякин А. И., Ермолаев В. А., Воронков В. Ф. Формирование выемочно-погрузочных комплексов и технологических схем ведения горных работ в угленасыщенных зонах разрезов // Техника и технология горного дела. 2023. № 2(21). С. 26–58.
4. Цепилов И. И. Исследование технологии отработки свиты крутопадающих пластов с учетом потерь угля: Дис. ... канд. техн. наук. Кемерово, КузПИ, 1973. 256 с.
5. Марков С. О., Дубинкин Д. М., Хорешок А. А., Тюленев М. А. Адаптация параметров забойных блоков при выемке наклонных угольных пластов к применяемому транспортному оборудованию // Уголь. 2024. № S11(1187). С. 140–145.
6. Холодняков Г. А., Логинов Е. В., Туан В. Д. Малоотходная открытая разработка полезных ископаемых с помощью гидравлических экскаваторов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № 1. С. 357–363.
7. Холодняков Д. Г., Щипачев А. С. Потери и засорение полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 3. С. 189–192.
8. Гарина Е. А., Битюков В. В. Предпосылки к созданию методики нормирования потерь угля при отработке пластов в зонах тектонических нарушений // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2015. № 4. С. 9–14.
9. Мерзляков В. Г., Слесарев Б. В., Штейнцайг В. М. Опыт применения карьерных гидравлических экскаваторов Komatsu Mining Germany на предприятиях России // Горное оборудование и электромеханика. 2013. № 5. С. 15–20.
10. Стрельников А. В., Тюленев М. А. Применение обратных гидравлических лопат при разработке сложноструктурных угольных месторождений Кузбасса // Горное оборудование и электромеханика. 2011. № 1. С. 30–34. EDN NDQJSJZ.
11. Ненашев А. С., Федотенко В. С. Организационные условия высокопроизводительной работы мощных

экскаваторно-автотранспортных комплексов на разрезах // Маркшейдерия и недропользование. 2019. № 6(104). С. 49–52.

12. Бураков А. М., Панишев С. В., Алькова Е. Л., Хосоев Д. В. Опыт применения гидравлических экскаваторов в сложных горно-геологических и климатических условиях // Горная промышленность. 2022. № 2. С. 90–96.

13. Комиссаров А. П., Лагунова Ю. А., Набиуллин Р. Ш., Хорошавин С. А. Цифровая модель процесса экскавации горных пород рабочим оборудованием карьерного экскаватора // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 4. С. 156–168.

14. Федотов А. А., Гарина Е. А., Кокурин Д. А. Некоторые результаты расчета потерь угля при отработке дизъюнктивных нарушений // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2016. № 6(118). С. 15–24. EDN XVKMRV.

15. Хакулов В. А., Шаповалов В. А., Игнатов В. Н. [и др.] Обоснование рациональной технологии и области применения на карьерах гидравлических экскаваторов типа обратная лопата // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 8. С. 112–127.

16. Стрельников А. В. Типовые паспорта забоев для разработки угленасыщенных зон карьерных полей разрезов Кузбасса обратными

гидравлическими лопатами. Часть 1. Общие положения // Техника и технология горного дела. 2019. № 3(6). С. 4–20. DOI: 10.26730/2618-7434-2019-3-4-20. EDN AXVJVR.

17. Стрельников А. В. Типовые паспорта забоев для разработки угленасыщенных зон карьерных полей разрезов Кузбасса обратными гидравлическими лопатами. Часть 2. Паспорта экскаваторных забоев // Техника и технология горного дела. 2019. № 4(7). С. 4–29. DOI: 10.26730/2618-7434-2019-4-4-29. EDN PAPJZN.

18. Хорешок А. А., Литвин О. И., Кацубин А. В. [и др.] К определению рациональной области применения выемочно-погрузочного оборудования // Уголь. 2023. № 3(1165). С. 91–95. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-3-91-95. EDN GBGWQO.

19. Логинов Е. В., Масальский С. С., Петров К. Д. Обоснование технологической схемы работы комплекса выемочно-погрузочной техники и автотранспорта на карьере // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 9–1. С. 22–34. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2023\_91\_0\_22. EDN KOEREJ.

20. Бурый Г. Г. Математическое моделирование работы экскаватора с усовершенствованным ковшом // Вестник машиностроения. 2025. Т. 104. № 2. С. 112–116. DOI: 10.36652/0042-4633-2025-104-2-112-116. EDN TROIIVJ.

21. Репин Н. Я. [и др.]. Буровзрывные работы на угольных разрезах. М. : Недра, 1987. 254 с.

© 2026 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Об авторах:*

**Азев Дмитрий Владимирович** – соискатель кафедры горных машин и комплексов;

**Хорешок Алексей Алексеевич** – профессор, доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и комплексов;

**Марков Сергей Олегович** – доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры открытых горных работ;

**Тюленев Максим Анатольевич** – доцент, кандидат технических наук, заведующий кафедрой открытых горных работ.

*Заявленный вклад авторов:*

Азев Дмитрий Владимирович – концептуализация исследования и разработка методологии, постановка исследовательской задачи, обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, формулирование выводов, написание текста.

Хорешок Алексей Алексеевич – концептуализация исследования и разработка методологии, постановка исследовательской задачи, консультирование, рецензирование, обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, формулирование выводов, написание текста.

Марков Сергей Олегович – концептуализация исследования и разработка методологии, постановка исследовательской задачи, обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, формулирование выводов, написание текста.

Тюленев Максим Анатольевич – концептуализация исследования и разработка методологии, постановка исследовательской задачи, обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, формулирование выводов, написание текста, редакция статьи.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## Original article

## ON THE ORDER FOR THIN SEAMS EXTRACTING IN ROCK-AND-COAL CUT

Dmitry V. Azev, Alexey A. Khoreshok, Sergey O. Markov, Maxim A. Tyulenev

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

\* for correspondence: haa.omit@kuzstu.ru

**Article info**

Received:

18 January 2026

Accepted for publication:

31 January 2026

Accepted:

12 February 2026

Published:

29 June 2026

**Keywords:** open-pit mining, bulk excavation, selective excavation, selective-bulk excavation, complex-structured deposits, thin seams, coal dilution

**Abstract.**

Open-pit mining operations in Siberia are exploiting deposits, most of which (over 80%) have a complex structure with 10-15 rock partings ranging in thickness from a few centimeters to 1-2 m and ash content of up to 70-80%. According to the existing classification, coal seams with a complex structure (88%) are mined using the bulk or layer-by-layer method, i.e., first the rock is removed, then the coal seam is cleaned, after which the coal is extracted together with the rock layers located in it. In most cases (more than 90%), rock partings do not have a significant effect on the ash content of coal, i.e., the extracted coal is sold without enrichment, as it meets the required ash content standards. Based on this, the extraction of complex seams with rock partings can be considered selective. An analysis of the mining and geological conditions, seam structure, and mining technology shows that the existing classification of coal seam extraction methods does not fully characterize the technologies used in terms of quality characteristics and the organization of overburden removal and winning operations, nor does it take into account their alternation directly at the face. It has been determined that, based on these factors, mining methods should be divided into selective, bulk, and selective-bulk. The article presents a number of dependencies obtained for determining the degree of coal dilution at various ratios of the dip angle of the seam and the angle of the natural slope of the loosened rock mass.

**For citation:** Azev D.V., Khoreshok A.A., Markov S.O., Tyulenev M.A. On the order for thin seams extracting in rock-and-coal cut. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2026; 2(174):199-209. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2026-2-199-209, EDN: JFOHFK

## REFERENCES

1. Rzhevsky V.V. Open-pit mining processes. Moscow: Nedra; 1978. 543 p.
2. Sysoev A.A., Semenov V.V. On the systematization of methods for extracting low-power and complex seams. Open-pit coal mining in Kuzbass. Results. Problems. Prospects. Kemerovo, 1984. Pp. 52–56.
3. Kolesnikov V.F., Koryakin A.I., Ermolaev V.A., Voronkov V.F. Formation of excavation and loading complexes and technological schemes for mining operations in coal-saturated areas of open pits. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2023; 2(21):26–58.
4. Tsepilov I.I. Study of the technology for mining steeply dipping seams, taking into account coal losses: Dissertation ... Candidate of Technical Sciences. Kemerovo, KuzPI, 1973. 256 p.
5. Markov S.O., Dubinkin D.M., Khoreshok A.A., Tyulenev M.A. Adaptation of the parameters of longwall blocks during the extraction of inclined coal seams to the transport equipment used. *Ugol'*. 2024; S11(1187):140–145.
6. Kholodnyakov G.A., Loginov E.V., Tuan V.D. Low-waste open mining of minerals using hydraulic excavators. *Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2017; 1:357–363.
7. Kholodnyakov D.G., Shchipachev A.S. Losses and contamination of minerals. *Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2014; 3:189–192.
8. Garina E.A., Bitukov V.V. Prerequisites for creating a methodology for standardizing coal losses when mining seams in areas of tectonic disturbances. *Bulletin of Kuzbass State Technical University*. 2015; 4:9–14.
9. Merzlyakov V.G., Slesarev B.V., Shteynzayg V.M. Experience in the use of Komatsu Mining Germany hydraulic excavators at Russian

enterprises. *Mining Equipment and Electromechanics*. 2013; 5:15–20.

10. Strelnikov A.V., Tyulenev M.A. Application of reverse hydraulic shovels in the development of complex coal deposits in Kuzbass. *Mining Equipment and Electromechanics*. 2011; 1:30–34. EDN NDQJSJZ.

11. Nenashev A.S., Fedotenko V.S. Organizational conditions for the high-performance operation of powerful excavator-truck complexes at open-pit mines. *Surveying and Subsurface Use*. 2019; 6(104):49–52.

12. Burakov A.M., Panishev S.V., Alkova E.L., Khosoyev D.V. Experience in the use of hydraulic excavators in difficult geological and climatic conditions. *Mining Industry*. 2022; 2:90–96.

13. Komissarov A.P., Lagunova Yu.A., Nabiullin R.Sh., Khoroshavin S.A. Digital model of the rock excavation process using the working equipment of a quarry excavator. *Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2022; 4:156–168.

14. Fedotov A.A., Garina E.A., Kokurin D.A. Some results of calculating coal losses during the removal of disjunctive disturbances. *Bulletin of Kuzbass State Technical University*. 2016; 6(118):15–24. EDN XVKMRV.

15. Khakulov V.A., Shapovalov V.A., Ignatov V.N. [et al.] Justification of rational technology and areas of application of backhoe-type hydraulic excavators in quarries. *Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2023; 8:112–127.

16. Strelnikov A.V. Standard passports for the development of coal-bearing zones of open-pit fields in the Kuzbass region using backhoes. Part 1. General provisions. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2019; 3(6):4–20. DOI: 10.26730/2618-7434-2019-3-4-20. EDN AXVJVR.

17. Strelnikov A.V. Standard passports for the development of coal-bearing zones of open-pit fields in Kuzbass open-pit mines using backhoes. Part 2. Passports for excavator faces. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2019; 4(7):4–29. DOI: 10.26730/2618-7434-2019-4-4-29. EDN PAPIJZN.

18. Khoreshok A.A., Litvin O.I., Katsubin A.V. [et al.] Towards defining the rational scope of application of excavation and loading equipment. *Ugol'*. 2023; 3(1165):91–95. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-3-91-95. EDN GBGWQO.

19. Loginov E.V., Masalsky S.S., Petrov K.D. Justification of the technological scheme of operation of the complex of excavation and loading equipment and motor transport at the quarry. *Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2023; 9–1:22–34. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2023\_91\_0\_22. EDN KOEREJ.

20. Bury G.G. Mathematical modeling of an excavator with an improved bucket. *Mechanical Engineering Bulletin*. 2025; 104(2):112–116. DOI: 10.36652/0042-4633-2025-104-2-112-116. EDN TROIJ.

21. Repin N.Ya. [et al.]. Drilling and blasting operations at coal mines. Moscow: Nedra; 1987. 254 p.

© 2026 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). The authors declare no conflict of interest.

#### About the authors:

**Dmitry V. Azev** – postgraduate of Mining Machines and Complexes Department

**Alexey A. Khoreshok** – Prof., Dr. Sc. in Engineering, professor of Mining Machines and Complexes Department

**Sergey O. Markov** – Associated Prof., C. Sc. in Engineering, associated professor of Open Pit Mining Department

**Maxim A. Tyulenev** – Associated Prof., C. Sc. in Engineering, head of Open Pit Mining Department

#### Contribution of the authors:

Dmitry V. Azev – conceptualization of research and development of methodology, formulation of a research task, review of relevant literature, collection and analysis of data, formulation of conclusions, writing a text.

Alexey A. Khoreshok – conceptualization of research and development of methodology, formulation of research tasks, consulting, reviewing, review of relevant literature, collection and analysis of data, formulation of conclusions, writing of the text.

Sergey O. Markov – conceptualization of research and development of methodology, formulation of research tasks, review of relevant literature, collection and analysis of data, formulation of conclusions, writing of the text.

Maxim A. Tyulenev – conceptualization of research and development of methodology, formulation of research tasks, review of relevant literature, collection and analysis of data, formulation of conclusions, writing of the text, editing of the article.

All authors have read and approved the final manuscript.

