

## ВЫРАБОТАННОЕ ПРОСТРАНСТВО УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ: РАЗВИТИЕ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ

Селюков А.В.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Кемерово, Россия

### **Аннотация**

Кузбасс является одним из крупнейших освоенных угольных бассейнов Российской Федерации, большая часть запасов, пригодная для открытых горных работ, сосредоточена в залежах наклонного и крутого падения. Повсеместно применяемая углобочная продольная одно- или двухбортовая система разработки способствует прогрессирующему темпу нарушения земной поверхности как горными работами, так и внешними отвалами. Отраслевая землеемкость в Кемеровской области в 3–4 раза превышает показатели по другим бассейнам страны. Отрицательное влияние на окружающую природную среду можно сократить, если изменить порядок отработки угольных разрезов, используя при этом техногенный ресурс выработанного пространства карьерного поля, как емкость под складирование вскрыши. Если этого не предусмотреть в проектах горных предприятий, то карьерные поля разрезов будут ограничены собственными отвалами вскрышных пород, и их дальнейшее развитие будет проблематичным. Данные технологические решения направлены на устранение вышеуказанных недостатков углобочных систем разработки и к тому же существует устойчивое направление в общей технической политике производителей угля на увеличение доли внутреннего отвалообразования. Выработанное пространство, ранее считавшееся недоступным для размещения вскрышных пород, как в начальный, так и основной периоды эксплуатации карьера, может быть эффективно использовано путем целенаправленных воздействий. По мере эксплуатации угольного разреза, выработанное пространство представляет объемную пространственную фигуру, заключенную между двумя поверхностями – природной и техногенной. В отличие от современных и анализируемых в публикации источников научно-технической литературы, автором предлагается интерпретация классификационных признаков, впервые аккумулирующих пространственные геометрические формы сечений выработанного пространства. По результатам статистической обработки технической документации угольных разрезов Кемеровской области установлены закономерности, позволяющие идентифицировать пространственное постоянство геометрических форм выработанного пространства. Полученные зависимости могут быть использованы при проектировании действующих разрезов в части определения объемов сладирования вскрыши во внутренний отвал.

**Ключевые слова:** разрез, выработанное пространство, пространственная форма, признаки, закономерности.

### **Введение**

Начиная с ввода в эксплуатацию первых угольных разрезов Кемеровской области и до настоящего времени, доминирующие положение занимает углобочная продольная система разработки, которая характеризуется размещением пород вскрыши на внешнем отвале вскрышных пород, что способствует прогрессирующему темпу изъятия земельных угодий. Все это повышает затраты на добычу угля открытым способом. Следовательно, применяемые технологические решения не всегда отвечают условиям экологических требований. Негативное влияние открытых горных работ можно сократить, если целенаправлено воздействовать на техногенный ресурс выработанного пространства. С конца семидесятых годов прошлого столетия при производстве открытой угледобычи начинает развиваться направление экологически безопасных и ресурсосберегающих технологий, базирующихся на трудах научных-горняков нашей страны. Зачастую внедренные в производственную практику инженерные

решения основываются на морально устаревших и шаблонных проектных решениях. Однако в работах [1–9] предлагается теоритическая модернизированная база, расширяющая потенциалы технологического развития внутреннего отвалообразования. Анализ представленных работ показывает, что недостаточное внимание уделено выявлению и изучению пространственных конфигураций выработанного пространства в зависимости от периода эксплуатации угольного разреза. Таким образом, в работе предлагается методологический подход (предлагаемые в авторской интерпретации взаимоувязываемые классификационные признаки) к оценке выработанного пространства карьерного поля угольного разреза, основанный на учете:

- пространственной геометрии рабочих бортов карьерного поля;
- привязки главного направления развития горных работ относительно свиты угольных пластов;
- динамики развитии рабочей зоны как по простирианию, так и по падению залежи;
- соотношения в горизонтальной плоскости положения дна карьерного поля;

- идентификации геометрической формы сечения выработанного пространства за время эксплуатации действующего разреза;
- пространственного постоянства геометрической формы выработанного пространства.

### Постановка проблемы

В настоящее время на разрезах Кемеровской области при разработке наклонных и крутопадающих залежей, начиная с ввода в эксплуатацию первых угольных разрезов (с конца 40-х годов прошлого столетия), преимущественное распространение получила углубочная продольная одно- или двухбортовая система разработки (классификация академика В.В. Ржевского) [10]. При использовании такого порядка разработки основное направление горных работ ориентировано в основном на наиболее мощный(е) пласт(ы) свиты. Исходя из этого пространственно формируется объемная геометрическая фигура карьерного поля, а вместе с ней и выработанное пространство. В промежуточном или конечном положении представляет собой объем, заключенный между двумя топографическими поверхностями, одна из них действующая и относится к рабочей зоне (отрезок с-а-б-д), возникает и перемещается в пространстве в результате производства горных работ, а другая – природная, характеризующая рельеф поверхности (отрезок с-д) (рис. 1).

На рис. 1 приняты следующие обозначения: Нк – глубина карьерного поля; Нтек – текущая глубина; Вк верх – ширина карьерного поля по верху; Вк дно – ширина карьерного поля по дну;  $\gamma_{rb}$  – угол наклона рабочего борта карьера;  $\gamma_{vb}$  – угол наклона борта с висячего бока залежи;  $\gamma_{lb}$  – угол наклона борта со стороны лежачего бока залежи;  $\alpha$  – угол падения залежи.

Техногенная поверхность – это борта карьера, представляющие собой ломаную плоскость, состоящую из рабочих площадок и берм различного назначения. При проектировании разрезов углы наклона бортов карьеров определяются индивидуально для каждого карьера и зависят от множества влияющих факторов геологического, физико-механического и технологического характеров. Для наклонной залежи (рис. 1, а) формируются борта: со стороны висячего бока залежи ( $\gamma_{vb}$ ) или рабочий борт залежи ( $\gamma_{rb}$ ) и транспортный борт со стороны лежачего бока залежи ( $\gamma_{lb}$ ) или борт, равный средневзвешенному углу падения пластов свиты ( $\alpha$ ). Отличительной чертой разработки крутопадающей залежи является формирование рабочего борта со стороны лежачего бока (рис. 1, б).

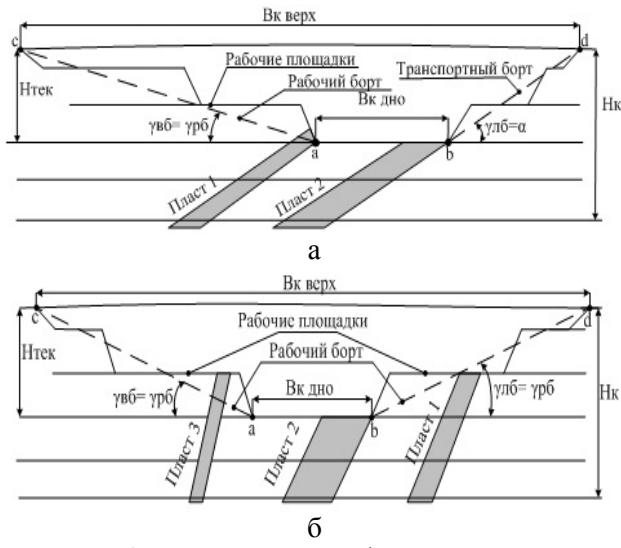


Рис. 1. Упрощенная графическая схема, иллюстрирующая общие принципы формирования выработанного пространства при разработке наклонных пластов по углубочной продольной однобортовой системе разработки (а) и крутопадающих пластов по углубочной продольной двухбортовой системе разработки (б), поперечный профиль

В обобщенном виде параметры бортов для условий разрезов Кемеровской области можно представить следующими параметрическими данными  $\gamma_{vb} = \gamma_{rb} = 18-22^\circ$ ,  $\gamma_{lb} = \alpha = 20-40^\circ$  (наклонная залежь) и  $\gamma_{vb} = \gamma_{lb} = 18-22^\circ$  (крутопадающая залежь). Такая параметрическая характеристика специфична только для периода эксплуатации карьерного поля, не находящегося в стадии строительства или затухания горных работ.

В зависимости от конкретных условий эти параметры могут варьироваться. Резюмируя, можно привести цитату акад. В.В. Ржевского [11]: «горные работы должны максимально следовать за залежью полезного ископаемого», тогда вслед за пространственной формой залежи повторяется как форма карьерного поля, так и вместе с тем выработанное пространство.

В действительности же в проектной документации по угольным разрезам Кемеровской области иллюстрировано выработанное пространство угольного разреза зачастую в поперечном сечении изображается как трапециевидная фигура правильной формы, а как исключение в редких случаях показывается продольное сечение выработанного карьерного поля. Фактически из-за этого возникает диспропорциональность баланса долевого размещения вскрышных пород по отвалам угольного разреза, не соблюдается календарный план отсыпки внутреннего отвала и т.д. Следовательно, нужно более дикретно под-

ходить к оценке выработанного пространства на стадии эксплуатации действующего разреза. Затухание горных работ характеризуется тем, что при известных принципах определения конечной глубины карьера [12] горные работы перестают развиваться в плане (достигается равенство текущего и граничного коэффициента вскрыши) и продолжаются только по глубине, с формированием бортов погашения карьерного поля, которые могут изменяться от 38 до 45°.

### Результаты исследований и обсуждение

Как уже отмечалось выше, по мере развития горных работ как в плане, так и в профиле образовывается выработанное пространство карьерного поля. Разнообразные научно-методические подходы, предлагающие характеристики выработанного пространства, в том числе предшествующие анализу, как уже отмечалось во введении, предложены в трудах [1–9]. Следует подчеркнуть, что пространственно не равномерный характер бортов образует в продольном и поперечном сечении карьерного поля сложные геометрические конфигурации и тогда с учетом анализа отмеченных публикаций ставится задача дать наглядное их представление для условий открытой разработки наклонных и крутопадающих угольных залежей Кемеровской области.

При решении поставленной задачи предлагается графическая схема, которая аккумулирует данные по сечениям выработанного пространства – графическая кумулятивная схема (рис. 2).

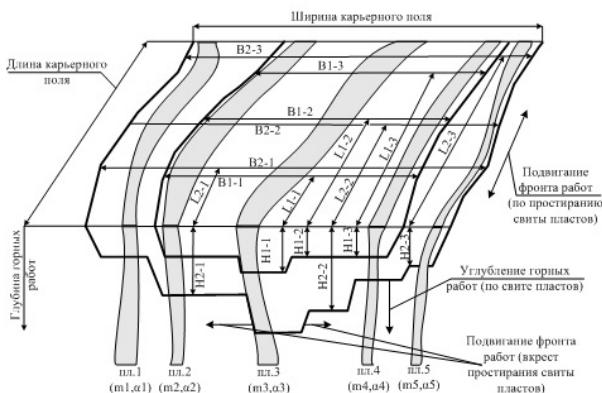


Рис. 2. Графическая кумулятивная схема, поясняющая территориальную неравномерность пространственных сечений карьерного поля на этапах развития рабочей зоны:

H1-1, H1-2, H1-3 – глубина, фиксирующая положение рабочей зоны на этапе 1;

L1-1, L1-2, L1-3 – длины фронтов работ на этапе 1 при соответствующей глубине рабочей зоны и ширине; B1-1, B1-2, B1-3 – ширина отрезков; H2-1, H2-2, H2-3, L2-1, L2-2, L2-3, B1-1, B1-2, B1-3 – то же на этапе 2

На рис. 2 показаны в общем виде сечения выработанного пространства при разработке свиты из пяти крутопадающих пластов, пл. 1–5. Каждый угольный пласт из свиты характеризуется параметрами: угол падения ( $\alpha_1$ – $\alpha_5$ ) и мощность ( $m_1$ – $m_5$ ), причем эти параметры характеризуются изменчивостью как по падению, так и по простирианию залежи. Учет неравномерности предлагается через поэтапное развитие рабочей зоны. Например, условно назовем этап 1 и этап 2, эти этапы пространственно фиксируют положение рабочей зоны при развитии горных работ по глубине и в плане. Как показано на графической схеме, на этапе 1 по глубине наибольший отрезок H1-1, а отрезки H1-2 и H1-3 примерно равны, но при этом длина участка L1-1 меньше, чем L1-2 и L1-3, а ширина участка B1-2 больше, чем B1-1 и B1-3. На этапе 2 глубина участков от меньшего к большему H2-3, H2-2, H2-1, и длины участков от меньшего к большему L2-1, L2-2, L2-3, ширина участков от большего к меньшему B2-1, B2-2, B2-3. Можно особо отметить, что подобная параметрическая характеристика свойственна доминирующему большинству угольных разрезов Кемеровской области при разработке свиты наклонных и крутых угольных пластов. Итак, обобщено, отработка карьерного поля всегда неравномерна в своем пространственном развитии.

Тем не менее, основываясь на сравнительном сопоставлении данных проектных организаций ОАО «Кузбасгипрошахт», ООО «Сибгеопроект», ЗАО «Гипроуголь» и фактических накопленных производственным опытом в части графического отображения выработанного пространства за период 2000–2015 гг., могут быть дополнительно получены ранее не идентифицированные классификационные признаки выработанного пространства (в отличие от проектной документации) и уточняющие детали выработанного пространства с целью их последующей реализации в процедурах проектирования объема пород, складируемого в выработанном пространстве. По результатам анализа установлено, что более детализированному описанию поперечных пространственных геометрических форм не уделено достаточного внимания, что может послужить их развитием как для проектной, так и производственной практик.

В авторской интерпретации, предлагающей описание выработанного пространства, обобщающим признаком может быть предложены следующие их геометрические формы в поперечном сечении карьерного поля: V-образные и W-образные. Следует пояснить, что источником возникновения является пространственное положение горизонтальных отрезков, характеризующих дно карьерного поля при углублении горных работ. Согласно

сведениям из нормативного документа «Правила разработки месторождений твердых полезных ископаемых» ширина дна карьерного поля должна быть не менее 30 м. Тогда если в выработанном пространстве при рассмотрении траектории углубления рабочей зоны выявляется на горизонтальной плоскости один участок шириной не менее 30 м, то следует ее относить к «V», если два или более участков участка, то «W».

Детализируя эти признаки и руководствуясь данными теоретическими положениями, сечения можно представить в виде идентификации ее геометрической формы за промежуток времени, когда она приобрела свои постоянные и неизменные пространственные очертания. Для дальнейших вычислений обозначим:  $t$  – период времени, в течение которого обобщалась и накапливалась информация по параметрам сечений выработанного пространства,  $T$  – вид (маркировка) поперечного сечения выработанного пространства (его форма),  $S$  – сечение выработанного пространства с постоянством пространственной формы;  $L$ ,  $B$ ,  $H$  – соответственно длина, ширина и глубина разработки залежи за период анализа.

Следует отметить, что геометрическая форма рабочей зоны исходила из следующих основополагающих моментов: во-первых, привязка и главное направление развития фронта горных работ в карьерном поле; во-вторых, принятый вид системы открытой разработки.

При анализе показателей идентификации выработанного пространства ( $t, S=T$ ) выделено шесть разновидностей сечений выработанного пространства:

1. Треугольная при однобоковой рабочей зоне – (вид То «Уропско-Караканский» геолого-промышленный район).
  2. Трапециевидная при двухбоковой рабочей зоне (вид ТРд – «Прокопьевско-Кислевский» геолого-промышленный район).
  3. Последовательно сдвоенные, строенные (вид ПС – «Кондомский» геолого-промышленный район).
  4. Трапециевидная при однобоковой рабочей зоне (ТРо – «Терсинский» геолого-промышленный район).
  5. Линейно-косоугольная (вид ЛК – «Кондомский» геолого-промышленный район).
  6. Криволинейно-замкнутая или разомкнутая (вид КЗ – «Бачатский» геолого-промышленный район).
- Резюмируя вышеприведенное и прописывая классификационные признаки, в дальнейшем используемые при проектировании, обобщено оценивающие выработанное пространство (ранее не отраженные в научно-технической литературе и проектной документации), могут быть предложены детали, трансформирующие трапециевидную

геометрическую форму выработанного пространства в более разнообразные и в последствии достаточно точно отражающие их фактическое состояние. Иными словами, фактическая идентификация сложной формы выработанного пространства посредством ее замены на простые геометрических отрезки: «рельеф поверхности» – «борт карьера» – «дно» (на **рис. 3** показаны пунктирными линиями).

Применительно к условиям разработки наклонных и крутопадающих залежей Кемеровской области в течение 2000–2015 гг. автором были предложены формы поперечных сечений ( $T$ ) и иллюстрационно (см. **рис. 3**) представлена функция диапазона изменения пространственных сечений выработанного пространства ( $S$ ).

При анализе статистических зависимостей на **рис. 3** установлено следующее. Форма приобретает свои стабильные параметры, когда два или более раз за четыре точки фиксации периода (2000–2005–2010–2015 гг.) показатели пространственного развития рабочей зоны, характеризующие неравномерность сечений выработанного пространства ( $L$ ,  $B$ ,  $H$ ), находились в интервале от 0,95 до 1 (условие соблюдения закономерности [13]). Тогда геометрическую форму поперечного сечения можно считать пространственно устойчивой за период времени. Если показатели ( $L, B, H$ ) единожды опускались ниже интервала 0,95–1, то необходимо производить дополнительные вычисления для выявления причин снижения пространственной устойчивости. При расчете параметров выработанного пространства, когда расширяются контуры карьерного поля, принимается методическое допущение, предложенное в работе [14]. Размеры выработанного пространства на последующих этапах всегда больше, чем на предыдущем (углубочная система разработки), но в соответствии с условием  $S=1$ .

Для процедур проектирования и практической реализации можно привести пример сравнительных параметрических характеристик выработанного пространства в части существующего и предлагаемого подходов. К примеру, по «Калтанскому» угльному разрезу («Кондомский» геолого-промышленный район, вид ПС) если брать в расчет правильную трапециевидную форму, то объем выработанного пространства на конец 2015 г. в геометрической емкости отвала составляет 47575 тыс. м<sup>3</sup>, по предлагаемому – 54300 тыс. м<sup>3</sup>, расхождение примерно 18%. Следовательно, по предлагаемому методическому подходу и его дальнейшей реализации в проектной документации можно откорректировать в сторону увеличения доли вскрытых пород, складируемых в выработанном пространстве карьерного поля угольного разреза, аналогичная ситуация наблюдается и по другим угольным разрезам, используемым при статистическом анализе.

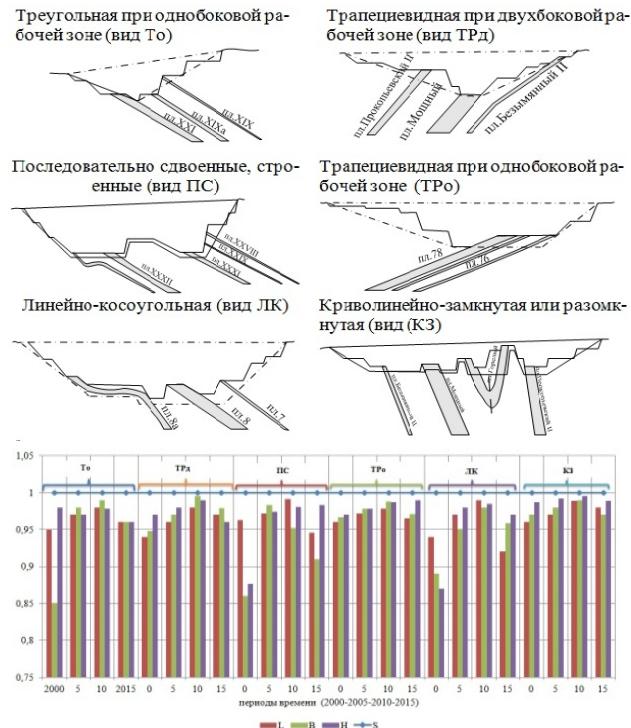


Рис. 3. Графическая интерпретация формы сечения выработанного пространства ( $S=T$ ) от временного фактора ( $t$ )

Сформулированные выводы позволяют надеяться, что предлагаемые решения при отработке угольных месторождений наклонного и крутого падения существенно повысят эффективность работы действующих разрезов.

### Заключение

Если угольный разрез эксплуатируется несколько десятков лет, то его выработанное пространство следует отождествлять с позиции геометрической формы поперечного сечения. Следовательно, при проектировании карьера предварительно и без трудоемких вычислений можно оценить форму выработанного пространства (при решении задачи в плоскости сечения), а в последующем определить долю пород, которую можно разместить во внутреннем отвале (пространственная задача). Сформулированные автором выводы позволяют надеяться, что предлагаемые решения поставленных технологических и экологических задач горного производства повысят эффективность работы предприятий по добычи угля открытым способом.

### Список литературы

1. Определение приемной способности выработанного пространства карьеров при размещении промышленных отходов различного класса опасности / Гавришев С.Е., Заяднов В.Ю., Пыталев И.А., Павлова Е.В. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. №4. С. 129–133.
2. Зайцева А.А., Зайцев Г.Д. Определение реального выработанного пространства карьеров для внутреннего отвалообразования при разработке наклонных угольных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. №2. С. 129–133.
3. Коваленко В.С., Щтейнцайг М.Р. Об эффективности использования техногенного ресурса выработанного пространства при углубочно-сплошных системах разработки угольных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 98. С. 211–216.
4. Еременко Е.В., Косолапов А.И. К вопросу управления техногенным ресурсом карьера // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. №114. С. 249–259.
5. Клишин В.И., Ордин А.А., Федорин В.В. Обоснование оптимальной стратегии и оценки предельных объемов добычи угля открытым и подземным способом в Кузбассе // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. №12(2). С. 188–185.
6. Фролов С.В. Анализ научных исследований по вопросам внутреннего отвалообразования // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. №12(2). С. 392–396.
7. Селюков А.В. Инструмент корректировки распределения объемов вскрыши по отвалам действующего разреза // Записки горного института. 2016. Т. 219. С. 387–391.
8. Selyukov A.V. Technological significance of internal dumping in open pit coal mining in the Kemerovo region // Journal of Mining Science. 2015, vol. 51, no. 5, pp. 879–887.
9. Selyukov A.V. Advanced technology based on new technological and organization principles of spatial development of front of mining operation at open pits // Taishan Academic Forum – Project on Mine Disaster Prevention and Control «Chinese coal in XXI century: mining, green and safety», 17–20 October 2014. Qindao, China, pp. 156–160.
10. Ржевский В. В. Открытые горные работы: Технология и комплексная механизация. М.: Недра, 1985. 549 с.
11. Ржевский В. В. Проектирование контуров карьеров. М.: Металлургиздат, 1957. 281 с.
12. Хохряков В.С. Проектирование карьеров: учебник для вузов. М.: Недра, 1992. 383 с.
13. Закс Л. Статистическое оценивание. М.: Статистика, 1976. 598 с.
14. Селюков А. В. Контуровое развитие карьерного поля и внешнего отвала в задачах сокращения избыточного выработанного пространства разрезов с автотранспортной технологией // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2016. №4. С. 43–45.

Поступила 28.12.16.  
Принята в печать 07.06.17.

## THE MINED-OUT SPACE OF COAL PITS: DEVELOPMENT OF CLASSIFICATION FEATURES

Aleksey V. Selyukov – Ph.D. (Eng.), Associate Professor

Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russia. E-mail: alex-sav@rambler.ru

### Abstract

Kuzbass is one of the largest developed coal basins of the Russian Federation, with most of the stripable coal contained in inclined and steeply inclined coal seams. The commonly used deepening longitudinal one-board or two-board mining system contributes to the progressing rate of surface deterioration caused by both mining operations and external dumping. The land capacity in the Kemerovo Region is 3 to 4 times higher than the indicators shown by the other basins found in the country. The environmental impact can be reduced by changing the mining sequence, i.e. by using the mined-out space for overburden. If such usage is overlooked at the mine site design stage, the open-pit fields will be limited with their own overburden dumps, which may impede their further development. These solutions are designed to help eliminate the above mentioned shortcomings of the deepening mining systems. Besides, the general technical policy of coal producers includes a consistent trend for an increased share of internal dumping. The mined-out space, which was earlier considered unavailable for overburden during either the initial or actual operating period, can be efficiently utilized by way of targeted impacts. As a coal mine gets developed, the mined-out space offers spatial figures confined between two surfaces – the natural one and the man-made one. Contrary to contemporary literature sources, which are analyzed in the publication, the author's interpretation of classification features is the first of its kind that allows for the spatial geometrical forms of sections of the mined-out space. Regularities have been identified following a statistical analysis of the technical data collected from the coal mines of the Kemerovo Region. The established regularities can help identify the spatial consistency of the geometrical forms of the mined-out space. The dependences obtained can be used for designing internal overburden dumps.

**Keywords:** Open pit, mined-out space, spatial form, indicators, regularities.

### References

1. Gavrishev S.E., Zalyadnov V.Yu., Pytalev I.A., Pavlova E.V. Determining the capacity of the mined-out space of open pits to be used for various types of hazardous waste. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining bulletin], 2014, no. 4, pp. 129–133. (In Russ.)
2. Zaytseva A.A., Zaytsev G.D. Determining the actual mined-out space of open pits for internal dumping when developing inclined coal deposits. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining bulletin], 2011, no. 2, pp. 129–133. (In Russ.)
3. Kovalenko V.S., Shcheyntsayg M.R. On efficiency of using the mined-out space in longwall coal mining. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining bulletin], 2009, no. 98, pp. 211–216. (In Russ.)
4. Eremenko E.V., Kosolapov A.I. On management of the man-made resources of an open pit. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining bulletin], 2015, no. 114, pp. 249–259. (In Russ.)
5. Klishin V.I., Ordin A.A., Fedorin V.V. Substantiation of optimum strategy and assessment of maximum coal production through open-pit and underground mining in Kuzbass. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining bulletin], 2009, no. 12(2), pp. 188–185. (In Russ.)
6. Frolov S.V. Analysis of research papers concerned with internal dumps. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining bulletin], 2009, no. 12(2), pp. 392–396. (In Russ.)
7. Selyukov A.V. Overburden placement optimization tool for an operating pit. *Zapiski gornogo instituta* [Proceedings of the mining institute], 2016, vol. 219, pp. 387–391. (In Russ.)
8. Selyukov A.V. Technological significance of internal dumping in open pit coal mining in the Kemerovo region [Journal of Mining Science]. 2015, vol. 51, no. 5, pp. 879–887.
9. Selyukov A.V. Advanced technology based on new technological and organization principles of spatial development of front of mining operation at open pits. Taishan Academic Forum – Project on Mine Disaster Prevention and Control "Chinese coal in XXI century: mining, green and safety", 17–20 October 2014. Qindao, China, pp. 156–160.
10. Rzhevskii V.V. *Otrytye gornye raboty: Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizatsiya* [Opencast mining: Technology and comprehensive mechanization]. Moscow: Nedra, 1985, 549 p. (In Russ.)
11. Rzhevskii V.V. *Proektirovaniye konturov karierov* [Pit outline design]. Moscow: Metallurgizdat, 1957, 281 p. (In Russ.)
12. Khokhryakov V.S. *Proektirovaniye karierov: uchebnik dlya vuzov* [Open pit design: Textbook for university students]. Moscow: Nedra, 1992, 383 p. (In Russ.)
13. Zaks L. *Statisticheskoe otsenivaniye* [Statistical estimation]. Moscow: Statistics, 1976, 598 p. (In Russ.)
14. Selyukov A.V. Contouring of an open pit field and an external dump with the aim of reducing excessive mined-out space at open pit mines relying on haulage trucks. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kuzbass State Technical University], 2016, no. 4, pp. 7–13. (In Russ.)

Received 28/12/16

Accepted 07/06/17

### Образец для цитирования

Селюков А.В. Выработанное пространство угольных разрезов: развитие классификационных признаков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2017. Т.15. №3. С. 12–17. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-3-12-17>

### For citation

Selyukov A.V. The mined-out space of coal pits: development of classification features. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2017, vol. 15, no. 3, pp. 12–17. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-3-12-17>