

УДК 622.271

**Анисимов О.А.**, канд. техн. наук, ст.науч.сотр.  
(Государственный ВУЗ «НГУ»)

**СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ ПО ДЛИНЕ  
ЭКСКАВАТОРНЫХ БЛОКОВ ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ ВСКРЫШНЫХ  
ПОРОД**

**Анісімов О.О.**, канд.техн.наук, ст.наук.співр.  
(Державний ВНЗ «НГУ»)

**СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ГЛИБОКИХ КАР'ЄРІВ ПО ДОВЖИНІ  
ЕКСКАВАТОРНИХ БЛОКІВ ПРИ ВИЙМАННІ РОЗКРИВНИХ ПОРІД**

**Anisimov O.A.**, Ph.D. (Tech.), Senior Researcher  
(State HEI "National Mining University")

**SYSTEMATIZATION OF DEEP OPENCASTS BY LENGTH OF PANELS  
EXCAVATED AT OVERBURDEN EXTRACTION**

**Аннотация.** Выемка вскрышных пород в глубоких карьерах имеет наибольшую долю при добыче полезного ископаемого. Карьерное поле делится на участки и выемка вскрышных пород на этих участках осуществляется экскаваторными блоками. В процессе проектирования возникают вопросы, связанные с длиной экскаваторного блока. Произведен анализ работ по классификации систем разработки и систематизации карьерных полей. Выполнен статистический анализ глубоких карьеров. Произведена систематизация карьеров по длине экскаваторных блоков с учетом параметров карьерного поля и угла падения залежи полезного ископаемого. В результате выделены 5 типов карьеров и получена зависимость для определения длины вскрышного экскаваторного блока. Полученные показатели позволяют определить длину экскаваторного блока при отработке вскрышных пород.

**Ключевые слова:** систематизация, глубокий карьер, длина экскаваторного блока.

**Введение.** Открытый способ добычи полезных ископаемых до сегодняшнего дня является доминирующим среди известных способов разработки. При этом способе разработки основную часть в объеме выполняемых работ занимает выемка вскрышных пород. При этом карьерное поле делится на несколько участков, и выемка вскрышных пород осуществляется экскаваторными блоками. В процессе проектирования карьеров возникают вопросы, связанные с длиной экскаваторного блока, как одного из параметров систем разработки.

**Анализ исследований и публикаций.** Системы разработки связаны с основными параметрами карьера и требуют понимания их сущности, они позволяют моделировать карьерное пространство.

Учения о системе разработки и систематизации являются одними из основных разделов теории горных работ. Систематизация (от греч. systema - целое, состоящее из частей) - мыслительная деятельность, в процессе которой изучаемые объекты организуются в определённую систему на основе выбранного принципа [1]. Большой вклад в создание и развитие теории открытых разработок, в том числе и их систем, внесли такие ученые как Шешко Е.Ф., Мельни-

ков Н.В., Ржевский В.В. и другие.

Профессор Е. Ф. Шешко понимает под системой разработки «способ осуществления определенного комплекса вскрышных, добычных и других горных работ». В основу его классификации положен способ перемещения пустых пород как основного процесса вскрышных работ. В качестве основного классификационного признака разделения систем разработки на группы Е. Ф. Шешко рассматривает направление перемещения породы относительно фронта горных работ, а уже вторым признаком полагает способ механизации перемещения вскрышной породы – экскаваторами, специальными отвалообразователями или транспортными средствами.

Академик В. В. Ржевский предложил для определения системы открытой разработки месторождения использовать понятие «порядок и последовательность выполнения открытых горных работ в пределах карьерного поля или его участка», а в качестве основных классификационных признаков рассматривать направления подвигания фронта горных работ в профиле и плане.

Ранее академик Н. В. Мельников дал иную трактовку термина «система разработки» как способа перемещения пустых пород в отвалы и типа применяемого горнотранспортного оборудования и разработал известную классификацию систем.

Таким образом, в основу классификаций систем открытой разработки Е. Ф. Шешко, Н. В. Мельникова и В. В. Ржевского положены соответственно направление перемещения вскрышных пород, способ механизации вскрышных работ, порядок ведения горных работ [2-5].

Актуальной проблемой, непосредственно относящейся к системам разработки, является обоснование рациональных размеров рабочей зоны карьера, в первую очередь числа рабочих уступов, объемов готовых к выемке запасов горной массы. Важную теоретическую и практическую роль играет моделирование систем разработки, что достигается, в том числе, на основе систематизации карьеров по необходимым критериям.

Систематизация карьеров (месторождений) позволяет по определенным критериям группировать горные выработки (месторождения), технико-экономические показатели работы горного предприятия, последовательность разработки и осуществлять прогноз дальнейшего развития горных работ на подобных месторождениях.

В работе [6] проф. Дриженко А.Ю. проведена систематизация карьерных полей, что позволило выделить типы карьеров, которые формируются в плане и по глубине. Анализ проектных показателей, выполненный в работе [1] и опыт эксплуатации карьеров разрабатывающих месторождения на глубине 200 м и более, позволил определять мощность по горной массе, которая находится в тесной корреляционной зависимости с предельными контурами карьерного поля. В зависимости от длины по поверхности выделены карьеры малой (0,3-1,9 км), средней (2-4,2 км) и большой (4,6-11 км) протяженности. На основе обследованных карьеров А.Ю. Дриженко выделены типовые карьеры, которые позволяют определить технико-экономические показатели, параметры вскры-

тия и разработки крутозалегающих месторождений на больших глубинах.

Систематизация железорудных месторождений проведена Слободянюком В.К. [7], где выделены типы и параметры структурных типов для повышения эффективности оценочных и предпроектных работ по освоению месторождений.

Для определения главных параметров базовых карьеров Симоненко В.И. установил взаимосвязь между извлекаемой горной массой и параметрами карьерных полей для карьеров, ведущих добычу нерудных полезных ископаемых [8, 9]. Обработка основных параметров обследуемых карьеров выполнена на ПЭВМ методами математической статистики. С помощью метода наименьших квадратов установлены корреляционные зависимости между производительностью (тыс. м<sup>3</sup>/год) соответственно по горной массе, общей вскрыше, скальной вскрыше и размерами карьерного поля (длиной, шириной, предельной глубиной карьера). Также вопросам производительности горнотранспортных комплексов и технологиям выемки вскрышных пород посвящена работа [10].

**Изложение основного материала.** Для того чтобы определиться с технологией выемки вскрышных пород на глубоких карьерах предлагается выделить типы карьеров по длине блока экскаватора, работающего на вскрышных породах, для чего произведена статистическая обработка параметров базовых карьеров. В качестве базовых карьеров были выбраны железорудные глубокие карьеры Украины и России (табл. 1).

Основными показателями при систематизации карьеров были выбраны:

- общая протяженность вскрышного фронта по карьере;
- количество вскрышных экскаваторов в карьере;
- основные параметры карьера (длина, ширина по поверхности и по дну карьера, проектная глубина);
- угол падения железорудного тела;
- годовые объемы выемки вскрышных пород.

На основании анализа вышеприведенных параметров были получены данные о средней длине экскаваторного блока на вскрышном уступе. Это позволило выделить карьеры в группы с длиной вскрышного экскаваторного блока 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 м (табл. 1). Такая систематизация необходима для выделения участков вскрышных уступов при отработке глубоких карьеров.

Выполняя регрессионный анализ, в программном продукте Word Exel, были получены данные анализа и коэффициенты корреляции для определения длины вскрышного экскаваторного блока от показателей длины, ширины, глубины карьера и угла падения рудного тела (табл. 2). Линейный регрессионный анализ заключается в подборе графика для набора наблюдений с помощью метода наименьших квадратов. Регрессия используется для анализа воздействия на отдельную зависимую переменную значений одной или более независимых переменных.

На основании коэффициентов корреляции длина вскрышного экскаваторного блока составляет

$$L_0 = -5005,56 - 0,05 \cdot L_k - 0,19 \cdot B_k + 0,24 \cdot H_k + 109,8 \cdot \lambda, \text{ м}$$

где  $L_k$  – проектная длина карьера по поверхности, м;  $B_k$  – проектная ширина карьера по поверхности, м;  $H_k$  – проектная глубина карьера, м;  $\lambda$  – угол падения рудного тела, град.

Таблица 1 – Систематизация карьеров по длине экскаваторных вскрышных блоков

Тип карьера	Длина вскрышного блока экскаватора, м	Кол-во вскрышных экскаваторов, ед.	Ср. годовые объемы вскрыши, тыс.м <sup>3</sup>	Ср. длина вскрышного фронта, м	Карьеры	Средняя длина карьера по поверхности, м	Средняя ширина карьера по поверхности, м	Средняя глубина карьера, м	Средний угол падения залежи, град.
1 тип	1000	8	10434	8207	Тейский карьер, Ирбинский карьер	1150	800	280	56
2 тип	1500	27	32074	31488	ЦГОК, ПГОК, ЮГОК	4485	2780	522	65
3 тип	2000	22	36848	27815	СевГОК, Оленегорский ГОК, Костомушский карьер, Качканарский карьер	3540	1580	535	67
4 тип	2500	18	49213	34616	ИнГОК, Коршуновский ГОК, Стойленский ГОК	3000	1983	540	72
5 тип	3000	18	52059	42042	Лебединский ГОК, Ковдровский ГОК	4650	2300	475	78

Таблица 2 – Показатели регрессионного анализа

	Коэфф.	t-статистика	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
У-пересечение	-5005,56	65535	-5005,56	-5005,56	-5005,56	-5005,56
Переменная X 1	-0,05001	65535	-0,05001	-0,05001	-0,05001	-0,05001
Переменная X 2	-0,19168	65535	-0,19168	-0,19168	-0,19168	-0,19168
Переменная X 3	0,239709	65535	0,239709	0,239709	0,239709	0,239709
Переменная X 4	109,8087	65535	109,8087	109,8087	109,8087	109,8087

**Выводы и направления дальнейших исследований.** В дальнейшем все типы базовых рудных карьеров предлагается принять в качестве основных объектов исследований. Используя базовые рудные карьеры как объекты исследований, для них будут разрабатываться технологические схемы горных работ, обосновываться эффективные комплексы оборудования и параметры системы разработки. Новые технологические схемы должны обеспечивать показатели добычи рудного сырья и последовательности выемки вскрышных пород на базовых рудных карьерах с высокой экономичностью. Для оценки эффективности следует, используя соответствующие критерии, обосновать технологию поэтапной разработки рудных месторождений с внутрикарьерным складированием вскрышных пород и отходов производства, что является направлением дальнейших исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Систематизация - Википедия - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki>. - Загл. с экрана.
2. Дриженко, А.Ю. Карьерные технологические горнотранспортные системы: монография / А.Ю. Дриженко. - Д.: ДВНЗ «НГУ», 2011.-542 с.
3. Дриженко, А.Ю. Відкриті гірничі роботи: терміни та їх визначення: навч. посіб. / А.Ю. Дриженко, О.О. Шустов. - Д.: НГУ, 2010. - 167 с.
4. Дриженко, А.Ю. Відкриті гірничі роботи: підручник / А.Ю. Дриженко.-Д.: ДВНЗ «НГУ», 2014.-590 с.
5. Бизов, В.Ф. Відкриті гірничі роботи (рос.мов.) / В.Ф. Бизов, А.Ю. Дриженко. - Кр.Ріг: Мінерал, 2011.-357 с.
6. Вскрытие глубоких горизонтов карьеров / А.Ю. Дриженко, В.П. Мартыненко, В.И. Симоненко [и др.]; под ред. проф., д-ра техн. наук А.Ю.Дриженко. - М.: Недра, 1994. - 288 с.
7. Слободянюк, В.К. Перспективы дальнейшего развития открытой разработки железорудных месторождений Украины / В.К. Слободянюк // Горный информационно-аналитический бюллетень. - Москва. - 2011. - №5. - С. 70-81.
8. Симоненко, В.И. Технологические основы разработки нерудных месторождений с внутрикарьерным складированием отходов горного производства: дис... д-ра техн. наук: 05.15.03 / Симоненко В.И. - Днепропетровск: НГУ, 2004. - 467 с.
9. Dryzhenko, A.Yu. Alternative technologies of opencast mining with minimum ecological disturbance / A.Yu.Dryzhenko, V.I.Symonenko, A.A.Bondarenko, O.A.Anisimov // Scientific Reports on Resource Issues 2013 Val.1 Part II. Supported by the IUR Partner Universities. TU Bergakademie Freiberg The University of Resources, Germany. -2013.- P.52-57.
10. Медведева, О.А. Параметры глубоких железорудных карьеров при их доработке: монография / О.А. Медведева. - К.: Наукова думка, 2013. - 127 с.

#### REFERENCES

1. Vikipediya (2014), *Sistematizatsiya* [Online], Retrieved from: <http://ru.wikipedia.org/wiki> (Accessed 1 July 2014).
2. Drizhenko, A.Yu. (2011), *Karernye tekhnologicheskie gornotransportnye sistemy* [Opencast technology of mining and transportation system], DVNZ NGU, Dnepropetrovsk, Ukraine.
3. Drizhenko, A.Yu. (2010), *Vidkryti girnychi roboty: termini ta yikh vyznachennya* [Opencast mining: terms and their definitions], NGU, Dnepropetrovsk, Ukraine.
4. Drizhenko, A.Yu. (2014) *Vidkryti girnychi roboty* [Opencast mining], NGU, Dnepropetrovsk, Ukraine.
5. Bizov, V.F. and Drizhenko, A.Yu. (2011), *Vidkryti girnychi roboty* [Opencast mining], Mineral, Kryvyi.Rig, Ukraine.
6. Drizhenko, A.Yu., Martynenko, V.P., Simonenko, V.I. and other (1994), *Vskrytie glubokikh gorizontov karerov* [Opening of the deep horizons of quarries], Nedra, Moscow, USSR.

7. Slobodyanyuk, V.K. (2011), "Outlook for development of opencast mining of iron ore deposits in Ukraine", *Gornyyi informatsionno-analiticheskiy byulleten* [Mining informational and analytical bulletin], no.5, pp. 70-81.
8. Simonenko, V.I. (2004), "Technological basis for the development of non-metallic deposits inside of opencast warehousing mining waste products", D.Sc. Thesis, Opencast mining, SHEI "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine.
9. Dryzhenko, A.Yu., Symonenko, V.I., Bondarenko, A.A. and Anisimov, O.A. (2013), "Alternative technologies of opencast mining with minimum ecological disturbance", Scientific Reports on Resource Issues, Freiberg, Germany, 4-5 October, pp.52-57.
10. Medvedeva, O.A. (2013), *Parametry glubokikh zhelezorudnykh karerov pri ikh dorabotke* [Parameters of iron deep pits in their finalization], Naukova dumka, Kiev, Ukraine.

---

### Об авторе

**Анисимов Олег Александрович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры Открытых горных работ, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет (ГБУЗ «НГУ»», Днепропетровск, Украина, [ipgpnmu@mail.ru](mailto:ipgpnmu@mail.ru).

### About the author

**Anisimov Oleg Aleksandrovitch**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher, Associate Professor of open-pit mining, State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnepropetrovsk, Ukraine, [ipgpnmu@mail.ru](mailto:ipgpnmu@mail.ru).

---

**Анотація.** Виймка розкривних порід у глибоких кар'єрах має найбільшу частку при видобутку корисної копалини. Кар'єрне поле ділиться на ділянки і виймка розкривних порід на цих ділянках здійснюється екскаваторних блоками. У процесі проектування виникають питання пов'язані з довжиною екскаваторного блоку. Зроблено аналіз робіт по класифікації систем розробки і систематизації кар'єрних полів. Виконано статистичний аналіз глибоких кар'єрів. Проведена систематизація кар'єрів по довжині екскаваторних блоків з урахуванням параметрів кар'єрного поля і кута падіння покладу корисної копалини. В результаті виділено 5 типів кар'єрів і отримано залежність для визначення довжини розкривного екскаваторного блоку. Отримані показники дозволяють визначити довжину екскаваторного блоку при відпрацюванні розкривних порід.

**Ключові слова:** систематизація, глибокий кар'єр, довжина екскаваторного блоку.

**Abstract.** Share of operations related to the overburden excavation is the largest in the scope of mining works in deep opencasts. Normally, an opencast field is divided into areas where overburden is excavated by panels. While designing the mining processes, problems are arose associated with the length of panel excavated. The works on the classification of systems development and systematization of quarry fields are analyzed. Deep opencasts have been analyzed statistically, and the excavated panels have been systemized by their length with taking into account parameters of the opencast field and angle of mineral deposit dip. As a result, allocated 5 types of quarries and the dependence to determine the length of excavated panels. The findings allows determining length of the panels for overburden excavation.

**Keywords:** systematization, deep opencast, length of excavated panels.

*Статья поступила в редакцию 10.07.2014*

*Рекомендовано к печати д-ром техн. наук М.С. Четвериком*