

## Технология селективной разработки высоких уступов вскрышных пород с использованием буровзрывных работ на примере банического месторождения

В статье приводится совершенствование технологии вскрышных работ на Баническом месторождении кварцитов с применением буровзрывного способа понижения высоты вскрышного уступа, а также возможностью селективной отработки и складирования пород во внутренний отвал. Ил. 5. Табл. 3. Библиогр.: 6 назв.

**Ключевые слова:** взрыв, горная порода, заряд, уступ, вскрыша

*Technological advancement of stripping works at Banicheskoe deposit of quartz rock with application of drill and fire system of reduction of open-pit bench height and also the possibility of selective development and storage of rock in the inside dump is given.*

**Keywords:** explosion, rock, charge, pit bank, capping

### Введение

Баническое месторождение кварцитовидных песчаников расположено в Глуховском районе Сумской области у северо-восточной окраины с. Баничи. Разработка кварцитовидных песчаников ведется с целью выпуска товарного фракционированного щебня для производства кристаллического кремния. Попутной продукцией является бутовый камень и строительный песок.

Баническое месторождение представляет собой комплекс осадочных пород мелового, палеогенового, неогенового возрастов и современных отложений четвертичного возраста [1, 2, 3].

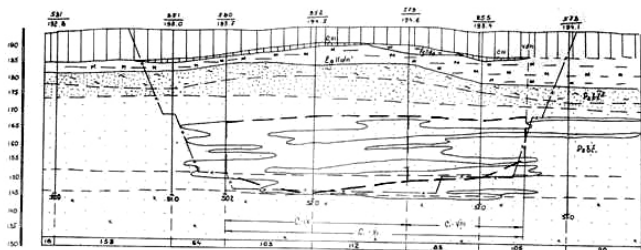


Рис. 1. Геологический разрез по линии XXIII-XXIII

Вскрышные породы представлены верхнечетвертичными суглинками и ожелезненными песками верхнего горизонта бучакской свиты. Суммарная вскрыша, представленная покрывающими отложениями, а также песками и рыхлыми песчаниками между залежами продуктивного горизонта в направлении ведения горных работ, составляет в среднем на северо-восточном участке 29,3 м.

Кварцитовидные песчаники залегают в песках горизонта в виде выдержанных по мощности линзующихся пластообразных и линзовидных залежей. Залегания кварцитовидных песчаников имеют очень сложное строение, представлено оно различными формами и размерами, от мелких эллипсоидных тел и маломощных выгнутых линз до крупных мощных пластообразных линзующихся залежей. Суммарная мощность верхней линзующейся залежи

в контурах подсчета запасов составляет на северо-восточном участке от 1,4-4,0 м до 12-16 м. Отметки кровли продуктивного горизонта колеблются в пределах 160-173 м, а подошвы – 140-146 м. Мощность продуктивного горизонта изменяется от 21,5 до 29,0 м.

Разработка вскрышных пород осуществляется экскаватором ЭО-5125 с ковшом емкостью 2 м<sup>3</sup>, с погрузкой в автосамосвалы БелАЗ-540, транспортирующих породу на внутренние отвалы. Дальность перевозки породы во внутренние отвалы составляет до 1,25 км. Отсыпка отвала производится одним ярусом, средняя высота которого составляет 22 м. Для снятия и складирования чернозема применяется бульдозер и драглайн ЭО-5111Б с емкостью ковша 0,63 м<sup>3</sup>.

На добычных работах применяется экскаватор ЭО-6123, с ковшом 2,5 м<sup>3</sup>, осуществляющий погрузку кварцитовидных песчаников автосамосвалы БелАЗ-540, расстояние транспортирования – 2 км. Высота уступов выбрана из условия залегания линзовидных залежей песчаника, рабочими параметрами горного оборудования и составляет: 1-ый добычной уступ – 13,25 м, 2-ой добычной уступ – 12,63 м. Рабочий угол откоса уступа составляет 80°, нерабочего – 60°.

Подготовка к выемке кварцитовидного песчаника производится с помощью буровзрывных работ, методом скважинных зарядов. Бурение скважин осуществляется станком СБШ-250 мм, диаметр скважин 250 мм.

Добыча кварцитовидных песчаников и вскрышных пород осуществляется без селективной отработки.

### Цель работы

Совершенствование технологии вскрышных работ на Баническом месторождении кварцитов с использованием буровзрывного способа понижения высоты вскрышного уступа, а также возможностью селективной отработки и складирования пород во внутренний отвал.

**Изложение основного материала исследований**

Для отработки вскрышных пород могут применяться различные схемы. При разработке данного месторождения ставились ограничения, одно из которых – использование существующего оборудования и минимальные затраты на вскрышные работы. Для решения этой задачи рассматривалось несколько технологических схем производства вскрышных и отвальных работ на карьере.

Приняты комплексы оборудования, используемые в настоящее время на предприятии. С учетом экологических аспектов рассматриваются только схемы с размещением отвалов в выработанном пространстве карьера.

**Схема I.** Плодородный слой вскрышных пород снимается экскаватором-драглайном ЭО-5111. Чернозем и плодородные суглинки укладываются в склад-бурт бестранспортным способом – при плохих погодных условиях. В условиях, приемлемых для работы автотранспорта указанные породы загружаются в автосамосвалы КрАЗ-256Е или БелАЗ-540А доставляются на участок рекультивации внутреннего отвала и отвала гидровскрыши. Среднее расстояние перемещения пород около 1 км на внутренний отвал и 2 км – на отвал гидровскрыши.

Основная толща вскрышных пород (глины, суглинки, пески) мощностью 21-24 м разделяется на два уступа высотой по 11-11,5 м. Верхний уступ обрабатывается экскаватором ЭКГ-5А на автосамосвалы БелАЗ-540А. Вскрышные породы доставляются по транспортным бермам вдоль восточного и северо-восточного бортов на верхнюю площадку отвала, где складироваться в ярус. Под откос породы стаскиваются бульдозером ДЭТ-250 или ДЗ-1711.

Объем выемки вскрыши на верхнем уступе 8,670 тыс. м<sup>3</sup>/месяц, расстояние перемещения их к отвалу – 0,885 км. Нижний вскрышной уступ разрабатывается экскаватором ЭКГ-5А. Породы в объеме 12,388 тыс. м<sup>3</sup> автосамосвалами БелАЗ-540А транспортируются с площадки данного горизонта, и доставляются в отвал. Здесь складирование пород осуществляется аналогично, как и с вышележащего уступа. Среднее расстояние перемещения пород вскрыши с нижнего уступа 0,74 км.

**Схема II.** В верхней части вскрышной уступ понижается до высоты 12 м экскаватором ЭО-511 с подвалкой пород к забою мехлопаты ЭКГ-5А на площадку горизонта 167.0÷170.0. Плодородный слой объемом до 3,72 тыс. м<sup>3</sup>/месяц складировается в буртах или же доставляется на участок рекультивации соответственно схеме I. Драглайн ЭО-5111 разрабатывает вскрышу верхним и нижним черпанием. Высота подступа верхнего черпания – 4,8 м. На нее породы в объеме 5,1 тыс. м<sup>3</sup>/месяц грузятся в автотранспорт и по верхней дороге вдоль северо-восточного борта,

а также съезду доставляется в отвал. Среднее расстояние перемещения 0,99-1 км.

Подступ нижнего черпания высотой до 8 м разрабатывается с переэкскавацией породы под откос уступа мехлопаты ЭКГ-5А. Сюда необходимо перевалить около 9,3 тыс. м<sup>3</sup>/месяц вскрышных пород. Экскаватор ЭКГ-5А обрабатывает подваленные породы совместно с вынимаемыми из своей заходки и грузит их в автосамосвалы БелАЗ-540А. Объем выемки пород вскрыши ЭКГ-5А – 6,64 тыс. м<sup>3</sup>, загружаемых в автосамосвалы вместе с ранее переэкскавируемыми породами – 16 тыс. м<sup>3</sup>/месяц. Дальность перевозки вскрыши в отвал – 0,74 км.

**Схема III.** Плодородный слой обрабатывается драглайном ЭО-5111 аналогично предыдущим схемам. Вскрышная толща мягких пород разделяется на два уступа: верхний высотой 12 м; нижний – до 11,5 м. Оба уступа разрабатываются экскаватором ЭКГ-5А поочередно. В первую очередь обрабатывается одной заходкой шириной 15 м верхний горизонт. Породы в объеме 9,7 тыс. м<sup>3</sup>/месяц экскаватором подваливаются к откосу нижнего уступа. Для размещения пород на площадке данного горизонта необходимо иметь полосу шириной до 23 м. Второй очереди обрабатывается вскрыша на нижнем горизонте. За один проход ЭКГ-5А убираются подваленные породы. Затем вторым проходом обрабатывается 11,355 тыс. м<sup>3</sup>/месяц вскрыши в целике заходки шириной 15 м. Автосамосвалами БелАЗ-540А все породы (21,055 тыс. м<sup>3</sup>/месяц) по транспортной площадке гор. +167.0÷170.0 м доставляются в отвал. Расстояние доставки 0,74 км.

**Схема IV.** От предыдущей схемы III отличается тем, что подваленные на нижний вскрышной уступ породы в объеме 9,7 тыс. м<sup>3</sup>/месяц за первый проход ЭКГ-5А переэкскавируются под откос добычных горизонтов на дне карьера. При их складировании на дне занимает площадку шириной до 22 м, а добычные уступы подваливаются на высоту до 15 м. Последующими 1-2 проходками на нижнем уступе экскавируются вскрышные породы целика заходкой 15 м. Эти породы в объеме 11,255 тыс. м<sup>3</sup>/месяц автотранспортом вывозятся в отвал по дороге, вдоль северо-восточного борта на верхнюю площадку отвала. Расстояние перемещения вскрыши 0,74 км. Отвал будет формироваться двумя ярусами. Нижний предотвал, формируется путем переэкскавации подваленных под откос добычного уступа вскрышных пород. Переэкскавацию этих пород осуществляют добычные экскаваторы ЭО-6123А. За два прохода экскаватора переваливается на дне карьера в западном направлении 9,7 тыс. м<sup>3</sup>/месяц пород. При этом вдоль откоса добычных уступов свободный от пород вскрыши остается площадка шириной около 20 м. Суммарный объем переэкскавации породы непосредственно в отвал добычными экскаваторами составит 7,5 тыс. м<sup>3</sup>/месяц.

## ГОРНОРУДНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Около 8 тыс. м<sup>3</sup>/месяц экскаваторы ЭО-6123А обрабатывают в автосамосвалы БелАЗ-540А, которые перемещают вскрышу в предотвал на расстояние 50-100 м в среднем 0,08 км).

**Схема V.** После обработки плодородного слоя экскаватором ЭО-5111, аналогично предыдущим схемам, верхняя часть толщи вскрышных пород высотой до 17 м буровзрывным способом переваливается на рабочую площадку, расположенную на кровле залежи полезного ископаемого. Всего за взрыв будет сброшено около 10 тыс. м<sup>3</sup>. Сброшенные породы экскаватором грузятся в автотранспорт (рис. 2), который перемещает их на расстояние 0,8 км в отвал. Другая часть толщи вскрышных пород (пески – уступ высотой 7-8 м) также обрабатывается экскаватором и грузится в автосамосвалы и доставляется на верхнюю площадку отвала. Объем 11,3 тыс. м<sup>3</sup>/месяц, расстояние перемещения 0,74 км.

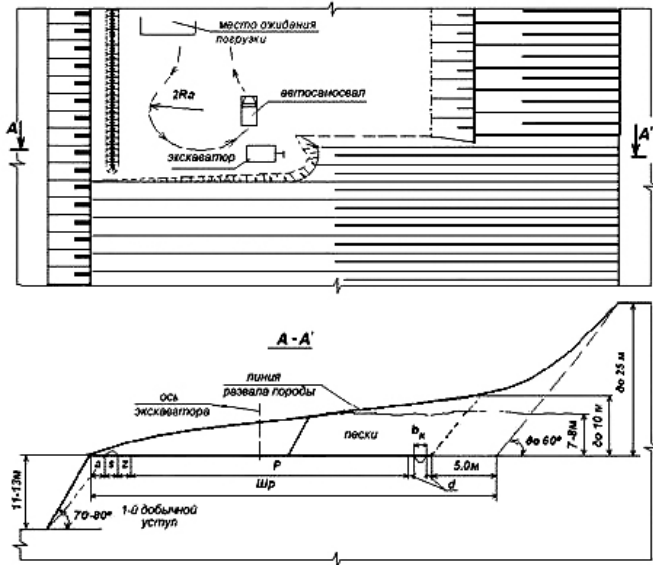


Рис. 2. Селективная обработка вскрышных пород экскаватором

**Схема VI.** Плодородный слой обрабатывается экскаватором ЭО-5111 аналогично предыдущим схемам. Толща вскрышных покрывающих пород разделяется на два уступа высотой 15 м и 9-10 м. Верхний вскрышной уступ высотой 15 м обрабатывается средствами гидромеханизации. Предполагается использовать для размыва 15,2 тыс. м<sup>3</sup>/месяц (в разрыхленном состоянии 18,83)

Таблица 2. Характеристика эмульсионных взрывчатых веществ

Наименование ВВ	Документ соответствия	Плотность заряжения, г/см <sup>3</sup>	Поправочный коэффициент, Кп	Удельная энергия взрыва	
				ккал/кг	кДж/кг
Анемикс Р-70; Р-80	ТУ У 24.6-31385850-001:2002	1,2-1,35	1,34; 1,38	743; 770	3117; 3231
Украинит-ПП-2Б	ТУ У 24.6-00190934-005:2006	1,15-1,41	1,05-1,47	702-979	2940-4100
ЭРА-1, ЭРА-А, ЭРА-А1, ЭРА-АМ	ТУ У 24.6-14310112-027:2007	1,05-1,2	1,25	835-1074	3500-4500

двух гидромониторов ГМД-250 и водяных насосов Д2000-400, а на перемещении пульпы – двух грунтовых насосов ГРТ-1250/71. Пульпу вскрышных пород наиболее целесообразно транспортировать в выработанное пространство карьера. Первоначально ее можно складировать в емкости под отстойниками, что располагается в центральной части карьера. Сюда может быть размещено около 255 тыс. м<sup>3</sup> пород в самой выемке и 265-270 тыс. м<sup>3</sup> – поверху нее в гидроотвале. Расстояние транспортирования пульпы около 1 км. Далее гидроотвал целесообразно расположить на дне выработанного пространства между отсыпанными замкнутыми участками внутреннего отвала. Недомыв высотой до 1,6 м и нижний вскрышной уступ обрабатывается экскаватором ЭКГ-5А. Вскрыша в объеме около 5,86 тыс. м<sup>3</sup>/месяц перемещается автосамосвалами БелАЗ-540А в отвал. Расстояние доставки 0,5-0,7 км.

Рассматривая предложенные схемы производился расчет удельных затрат на производство вскрышных и отвальных работ в карьере (табл. 1).

Таблица 1. Удельные затраты на вскрышные и отвальные работы

Удельные затраты, грн/м <sup>3</sup>	Технологические схемы					
	I	II	III	IV	V	VI
	1,68	1,73	2,05	1,92	0,77	2,91

Наименьшие удельные затраты присущи технологической схеме V. Более детально рассмотрим эту технологическую схему.

Для бурения скважин в карьере используется следующее буровое оборудование: по вскрышным породам установки разведочного бурения БГМ-1, УРБ-2А2 (шнековое бурение), а по кварцевидным песчаникам – станок шарошечного бурения СБШ-250МНА-32 или СБШ-160/200-40Д.

Для производства взрывных работ на карьере используются взрывчатые вещества и средства взрывания, внесенные в «Перечень взрывчатых материалов промышленного назначения, допущенных к постоянному производству и применению» [5, 6, 7].

Кроме приведенных ЭВВ, при производстве взрывных работ на карьере могут использоваться и другие ВВ.

Обрушение семнадцатиметровой толщи верхней части вскрышного уступа производится на кровлю полезного ископаемого (рис. 3, 4).



а)



б)



в)

Рис. 3. Результаты экспериментального взрыва на Баническом месторождении кварцитов: а – положение уступа до экспериментального взрыва; б – проведение взрывных работ; в – положение уступа после экспериментального взрыва

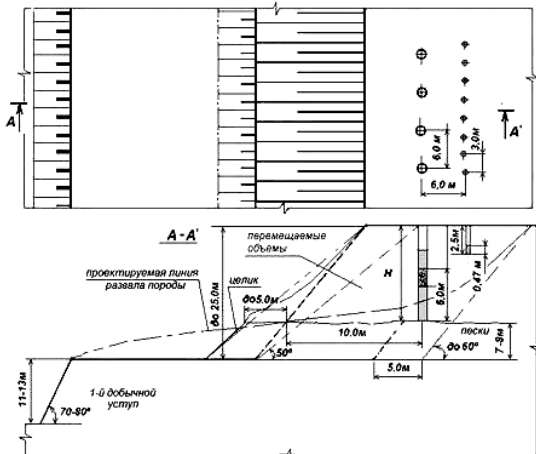


Рис. 4. Положение уступа перед проведением взрывных работ

Перемещение горных пород основано на нарушении устойчивости толщи пород вскрыши, путем ее подработки взрывом скважинными зарядами на выброс. Учитывая параметры применяемого экскаватора (максимальная высота черпания до 10 м) для обеспечения безопасного ведения выемочно-погрузочных работ по вскрыше, высота забоя не должна превышать 10 м [4]. В местах, где высота забоя превышает максимальную высоту черпания экскаватора на 2-3 м производится срезка вскрыши бульдозером. Отработка вскрыши производится поперечными заходками, с оставлением предохранительного целика по песку (около 5 м) и части разрыхленной породы на нем, для обеспечения устойчивости борта карьера по вскрыше (рис. 2).

Для предотвращения отрицательного влияния горных пород в тыл забоя производится оконтуривание блока путем создания вертикального обнажения в тыльной части уступа на глубину равную критической временной устойчивой высоте вертикального обнажения  $H_{90}$  (см. рис. 4).

Глубина критической временно устойчивой высоты вертикального обнажения  $H_{90}$  определяется по формуле:

$$H_{90} = 2 \times c \times (\text{ctg}(45 - \rho/2)) / \gamma = 2 \times 1,72 \times (\text{ctg}(45^\circ - 21^\circ 40' / 2)) / 1,79 = 2,85 \text{ м},$$

где  $c$  – сцепление, т/м<sup>2</sup>;  $\rho$  – угол внутреннего трения, градус;  $\gamma$  – плотность породы в целике, т/м<sup>3</sup>.

С учетом технологии бурения и взрывания принимается  $H_{90} = 2,5$  м, следовательно, глубина контурных скважин –  $L = 2,5$  м.

Глубина подработки уступа на отметке  $H_{II}$  = 17 м определяется, исходя из минимального размера бермы безопасности, высоты обрушаемой толщи и угла наклона уступа по формуле:

$$W = H_{II} \times \text{ctg} \alpha + C = 17 \times \text{ctg} 75^\circ + 5 = 9,6 \text{ м}.$$

Учитывая результаты экспериментальных взрывов (см. рис. 3), выполненных на вскрышном горизонте в северо-восточной части карьера, принимается  $W = 10$  м.

При угле откоса части вскрышного уступа до 60 градусов и сопротивлении по подошве  $W = 10$  м на отметке 17 м расстояние от верхней бровки уступа до оси скважины, в которой будет располагаться заряд выброса, составит около 5 м (берма безопасности).

При сопротивлении по подошве  $W = 10$  м и в целях сосредоточения массы заряда в нижней части обрушаемой толщи производится бурение скважин большого диаметра ( $d = 300$  мм) и длиной  $L_0 = 17$  м.

Расстояние от верхней бровки уступа до оси контурных скважин равняется глубине подработки ( $W = 10$  м), а расстояние между контурными скважинами ( $d = 150$  мм), по результатам

экспериментального взрыва, принимается равным 3,0 м.

На основании технико-экономических показателей экспериментального взрыва установлен оптимальный удельный расход ВВ, равный 0,16 кг/м<sup>3</sup>.

В качестве взрывчатого вещества применяется промышленное ВВ, а также ВВ местного приготовления.

Для обеспечения качественного выполнения взрывных работ используются схемы короткозамедленного инициирования.

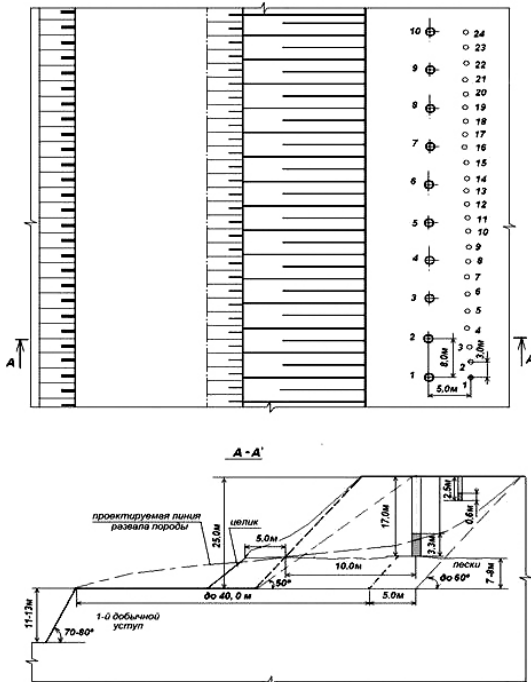
Для инициирования зарядов применяются системы неэлектрического инициирования (НСИ «Импульс» и «Прима-ЭРА» или их аналоги). В качестве промежуточного детонатора используются шашки тротиловые Т-400Г, ЗТП-800 и патронированные ВВ.

Параметры расчета типовой серии основных и контурных скважинных зарядов и их расположения приведены в табл. 3, а схема их расположения на рис. 5.

**Таблица 3. Параметры зарядов основных и контурных скважин**

№ основных скважин	Диаметр скважин, мм	Высота обрушаемой толщи, м	Глубина скважины, м	ЛСПП, м	Расстояние между скважинами в ряду, м	Длина заряда, м	Длина забойки, м	Масса заряда в скважине, кг	Общая масса заряда, кг
основные скважины									
1-16*	300	17	17	10,0	8,0	3,3	13,7	210	3360
1-16**	300	17	17	10,0	8,0	3,4	13,6	288,2	4611
контурные скважины									
17-57*	150	-	2,5	5,0	3,0	0,8	1,7	13,1	563,3
17-57**	150	-	2,5	5,0	3,0	0,8	1,7	16,9	726,7

Примечание. \* – Гранулита-НМПМ, \*\* – ЭВВ. Число контурных скважин для полного оконтуривания основных достигает 43 ед.



**Рис. 5. Схема расположения и параметры скважинных зарядов при обрушении вскрышного уступа**

Конструкция скважинного заряда принимается с учетом высоты уступа, обводненности массива и свойств пород. При выполнении работ по понижению высоты уступа для основных скважин принимается сплошная или рассредоточенная конструкция скважинного заряда, а для контурных – только сплошная конструкция скважинного заряда (см. рис. 4, 5).

Для инициирования скважинных зарядов используются промежуточные боевики из одной или двух шашек Т-400Г, и детонатора НСИ, волноводы которого выводятся на поверхность для последующего монтажа во взрывную сеть.

В качестве промежуточного боевика также могут использоваться патронированные ВВ или ЭВВ. При использовании одного промежуточного детонатора, он располагается выше дна скважины на высоте 1-1,5 м, а при применении двух – верхний располагается на 1-3 м ниже верхнего уровня ВВ в скважине.

Учитывая результаты взрывов по обрушению вскрышных пород (рис. 4), схема взрывания скважин производится в такой последовательности: первыми мгновенно взрываются контурные скважины, затем с интервалом замедления 50 мс мгновенно взрываются основные скважины.

Такая последовательность взрывания предотвращает образование в тыльной части массива нарушения сплошности пород.

**Выводы**

В результате технико-экономических расчетов при сравнении технологических схем ведения вскрышных работ (см. табл. 1) технологическая схема V имеет наименьшие удельные затраты 0,77 грн./м<sup>3</sup>, так как предусматривается обрушение верхней части плодородного слоя взрывом на кровлю добычного уступа (рис. 2-5). После чего производится разработка одноковшовым экскаватором с погрузкой в автосамосвалы.

Всего за взрыв будет сброшено около 10 тыс. м<sup>3</sup> горных пород. Сброшенные породы экскаватором грузятся в автотранспорт, который перемещает их на расстояние 0,8 км в отвал. Другая часть толщи вскрышных пород (пески – уступ высотой 7-8 м) также обрабатывается экскаватором и грузится в автосамосвалы и доставляется на верхнюю площадку отвала. Объем 11,3 тыс. м<sup>3</sup>/месяц, расстояние перемещения 0,74 км.

Указанную схему целесообразно применить на Глуховском карьере кварцитов, что позволит уменьшить затраты на перемещение вскрышных пород в отвал с возможностью селективного складирования песков и глин, а также использовать имеющееся на карьере горное оборудование.

### Библиографический список

1. Геологический отчет о разведке Банического месторождения кварцитов. Пояснительная записка, 1984.

2. Технический аудит с разработкой технических и технологических решений для повышения эффективности работы ДП ОАО «ЗалК» «Глуховской карьер кварцитов». Пояснительная записка. 110029 – ТЭО. ИПП, Государственный ВУЗ «НГУ», 2011 г.

3. Дополнение к Проекту добычи кварцито-видных песчанников на ДП ОАО «ЗалК» «Глуховской карьер кварцитов»: Технологические решения по горным работам на Северо-Восточном участке карьера; производство вскрышных работ и отвалообразование с корректировкой углов откоса бортов и отвалов» Технический проект, тема 070510, НГУ, Днепропетровск, 2003 г.

4. НПАОП 0.00-1.24-10 Правила охраны труда при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. – Х.: Форт, 2010. –104 с.

5. НПАОП 0.00-1.66-13 Правила безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення. – Х.: Форт, 2013. – 186 с.

6. НПАОП 0.00-1.67-13 Технічні правила ведення вибухових робіт на денній поверхні. – Х.: Лідер, 2013. – 120 с.

Поступила 09.07.2014



УДК 622.002.68:504.05

Производство



Бубнова Е. А. /к. т. н./

Институт геотехнической механики  
им. Н. С. Полякова НАН Украины

## Формирование техногенных залежей полезных ископаемых в шламохранилищах с перспективой их разработки

*Изучены особенности формирования техногенных массивов и природно-техногенные процессы, протекающие в них. Приведены материалы практических изысканий, подтверждающие предложенную теорию. Ил. 1. Библиогр.: 5 назв.*

**Ключевые слова:** природные и техногенные процессы, залежь, полезный компонент, шламохранилище

*Peculiarities of formation of technogenic arrays and natural and industrial processes occurring in them are studied. Practical materials of research confirming the proposed theory are given.*

**Keywords:** natural and technological processes, mineral deposit, useful component, sludge warehouse

### Введение

В результате длительного (более 100 лет) периода добычи полезных ископаемых из недр Украины

и их последующего обогащения и переработки на поверхности образовалось значительное количество отходов, являющихся, по сути, техногенными массивами.