

---

---

УДК [622.271+622.274]:622.026.7

**Четверик М.С.**, д-р техн. наук, профессор

**Ворон Е.А.**

**Левченко Е.С.**

(ИГТМ НАН Украины)

**Перетяцько Г.В.** (НАН Украины)

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ В ЗОНАХ  
ОБРУШЕНИЯ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ КРУТОПАДАЮЩИХ  
РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**Четверик М.С.**, д-р техн. наук, профессор

**Ворон О.А.**

**Левченко К.С.**

(ИГТМ НАН України)

**Перетяцько Г.В.** (НАН України)

**ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ВЕДЕННЯ ГІРНИЧИХ РОБІТ У ЗОНАХ  
ОБВАЛЕННЯ ПРИ ВІДКРИТІЙ РОЗРОБЦІ КРУТОПАДАЮЧИХ  
РУДНИХ РОДОВИЩ**

**Chetverik M.S.**, D.Sc. (Tech.), Professor

**Voron Ye.A.**

**Levchenko Ye.S.**

(IGTM NAS of Ukraine)

**Peretyatko G.V.** (NAS of Ukraine)

**TECHNOLOGICAL SCHEMES FOR MINING IN CAVING ZONES AT  
STRIPPING STEEP ORE DEPOSITS**

**Аннотация.** Статья направлена на обоснование технологии ведения горных работ в зонах обрушения при совместной (открытой и подземной) разработке крутопадающих рудных месторождений.

Рассмотрены направления развития горных работ на участках воронкообразования: от воронки, к воронке, с понижением горных работ вокруг воронки.

Изложена технология ведения горных работ в зонах обрушения. Приведены разработанные технологические схемы ведения горных работ в зонах воронкообразования с использованием различных типов выемочно-погрузочного и транспортного оборудования, с учетом горно-геологических и горнотехнических условий отработки и безопасного выполнения технологических процессов.

**Ключевые слова:** открытая и подземная разработка руд, воронка обрушения, нерабочий борт карьера, технология ведения горных работ, экскаватор.

**Введение.** Добычу руд в Криворожском железорудном бассейне в разное время его освоения осуществляли подземными либо открытыми рудниками. В связи с этим, дальнейшее развитие открытых горных работ и доработка карье-

ров сопровождается тем, что отдельные борта попадают в зону обрушения и воронкообразования. Выход зоны сдвижения на борт карьера в виде воронок происходит не только в зоне влияния подземной добычи, а и при совместной (открытой и подземной) разработке. Подземная разработка залежи производится способом с обрушением кровли. В результате подработанная геологическая толща подвергается процессу сдвижения. В ней возникают трещины, пустоты, воронки обрушения, которые выходят на борт карьера. Геодинамические процессы опасны в своем проявлении (неустойчивое положение откосов, уступов, комплексов оборудования и жизни людей) и создают дополнительную проблему при ведении горных работ, так как в рабочей зоне карьера первичные и вторичные воронки препятствуют движению горнотранспортного оборудования, подвиганию борта (разнос), добычи полезного ископаемого.

Производственная необходимость ведения горных работ в зонах обрушения обуславливает потребность применения современных методов освоения месторождений и обоснования технологии ведения горных работ при совместной открытой и подземной разработке крутопадающих месторождений.

**Анализ результатов исследований.** Анализ ряда работ отечественных и зарубежных исследователей и опыта горнорудных предприятий по добыче природно-богатых руд показал, что последовательность применения открытого и подземного способов разработки определяется с учетом требуемой производительности карьера и специфики месторождения [1-3].

Практический интерес представляют ряд выполненных исследований, посвященных особенностям открыто-подземной разработки по следующим направлениям: ведение совместной разработки рудных месторождений (Куликов В.В., Кузьмин Е.В., Полищук А.К.); подработка карьеров и выбор способов наблюдений за устойчивостью их поверхностей (Сазонов В.А., Коваль А.И. и др.); расчет деформаций массива горных пород под влиянием подземных разработок (Авершин С.Г., Филоненко М.А., Рыжов П.Н. и др.); определение устойчивости бортов карьера и деформаций подработанного породного массива, обеспечение безопасного ведения открытых горных работ в зонах обрушения (Щелканов В.А, Казикаев Д.М., Черный Г.И., Фисенко Г.Л. и др.) [2, 4, 5]. Наиболее полные результаты исследований по перечисленным направлениям достигнуты научными сотрудниками ВНИМИ (г. Санкт-Петербург, Россия), НИГРИ, ГВУЗ «КНУ», ГП «ГПИ «Кривбасспроект» (г. Кривой Рог, Украина) на месторождениях Кривбасса, Рудного Алтая и Северного Кавказа.

Установлено, что подработка бортов карьеров возможна при совмещении подземных и открытых горных работ в одной вертикальной плоскости, либо при ведении открытых горных работ в зоне погашенных подземных выработок. Рекомендуются при совмещении горных работ в одной вертикальной плоскости вести отработку руд подземным способом с закладкой выработанного пространства.

**Постановка задачи.** В соответствии с действующими с 1975 г. «Правилами охраны...» [5] в настоящее время строительство новых объектов, расширение действующих карьеров, частично или полностью расположенных в зонах под-

работки подземными горными работами, с целью сохранения части селитебной территории городов ведется ограничено, проводят расконсервацию временно нерабочих бортов карьера. При этом «расконсервированные» временно нерабочие борта карьера могут попадать в зону обрушения и воронкообразования поэтому возникает необходимость разработки и применения новых безопасных технологий и технологических схем ведения горных работ в зонах обрушения что является задачей данных исследований.

**Изложение материала и результаты.\*** По результатам исследований, выполненных научными сотрудниками ГП «ГПИ «Кривбасспроект», НИГРИ и ГВУЗ «КНУ» было установлено, что в настоящее время актуальным является продолжение развития горных работ в карьере №1 ПАО «ЦГОК». Среди горнорудных предприятий Кривбасса Центральный ГОК менее всего обеспечен сырьевой базой, а карьеры имеют наиболее высокий коэффициент вскрыши и сложные горнотехнические условия разработки. Существенного прироста запасов по карьере № 1 можно достичь путем расконсервации запасов железистых кварцитов объемом свыше 200 млн. т., оставленных в подработанном подземными работами восточном борту. Однако ситуация осложняется тем, что этот борт до сих пор подрабатывается подземными горными работами шахт «Октябрьская» ПАО «Криворожжелезрудком» и шахтой им. Фрунзе, происходят обрушения горных пород с выходом воронок на рабочий борт [6, 7].

Для того чтобы воронкообразование не приводило к несчастным случаям, специалистами (НИГРИ и ГП «ГПИ «Кривбасспроект») рекомендовалось проводить интенсивное понижение горных работ по восточному борту, приводя его в нерабочий. Однако возникла необходимость разносить нерабочий борт, что требует применения особой технологии ведения горных работ в зонах воронкообразования.

Авторами статьи рекомендуется следующая технология ведения горных работ в зонах обрушения. Вначале необходимо выявить параметры образовавшихся нарушений (пустоты, трещины, воронки и др.). Для этого предлагается использовать следующие методы: геофизический метод – для выполнения контроля за состоянием бортов карьера; метод радарного контроля с использованием радарных систем контроля (SSR) – GroundProbe; метод лазерного сканирования бортов карьеров; метод электрометрических наблюдений; метод регистрации естественных импульсов электромагнитного поля земли РЕИЭПЗ (ЕИЭМПЗ) и метод резонансно-акустического профилирования (РАП).

Затем определяется направление перемещения горных работ при работе в зонах обрушения, исходя из конкретных условий с учетом обеспечения безопасности и эффективности их проведения. При этом следует выделить, что в зонах обрушения горных пород развитие горных работ разрешается только после принудительного погашения пустот.

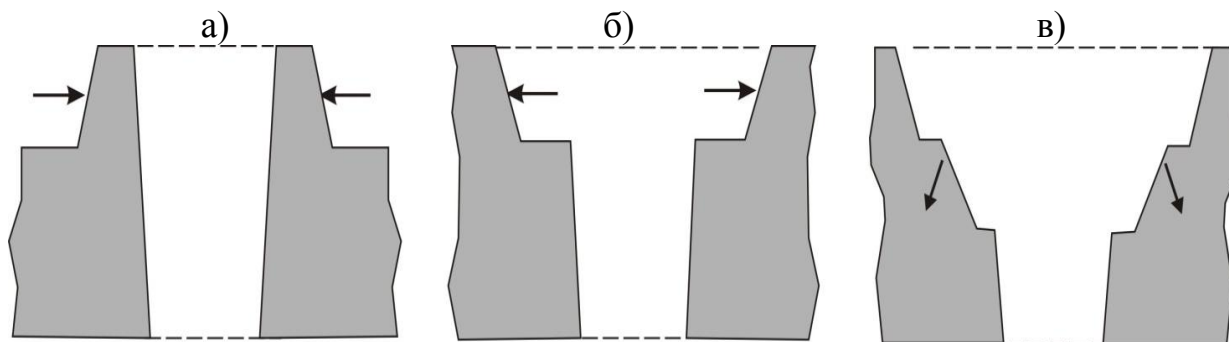
Направления перемещения горных работ с отработкой околоровоночного

---

\* В разработке технологии производства горных работ в зоне воронок обрушения принимали участие кандидаты техн. наук А.П. Семенов и О.А. Медведева).

пространства в этих зонах могут быть такими:

- к воронке (рис. 1 а);
- от воронки (рис. 1 б);
- комбинированное – вначале к воронке, а затем от нее;
- с понижением вокруг воронки (рис. 1 в).



а) к воронке; б) от воронки; в) с понижением горных работ вокруг воронки

Рис. 1 - Направления перемещения горных работ при отработке околоровночного пространства

Кроме того, могут применяться технологии горных работ, направленные на засыпку воронок обрушения.

В зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий месторождения, применяемого в отечественной и мировой практике выемочно-погрузочного и транспортного оборудования [8], с учётом обеспечения безопасного ведения работ [9] возможно применение различных технологических схем ведения горных работ в зонах обрушения (воронкообразования) (см. рис. 2-5). Выбор выемочно-погрузочного и транспортного оборудования в зависимости от параметров воронок обрушения, а также параметры предлагаемых технологических схем представлены в табл. 1 и 2.

Ведение горных работ по направлению к воронке обрушения, ранее заполненной горной массой, с размещением отвально-погрузочного оборудования и автотранспорта на нижележащем уступе по схеме, приведенной на рис. 2, осуществляется следующим образом. Экскаватор прямой механической лопаты с удлиненным оборудованием (тип подбирается в соответствии с табл. 1 для конкретных условий), производит заходку вокруг воронки. Выемка горной массы из воронки производится на максимально возможный радиус черпания. При переходе на нижележащий горизонт снова производится заходка экскаватора, при этом диаметр воронки будет меньше. Отработка по данной схеме возможна для условий неглубоких воронок обрушения (см. табл. 1). Недостатком данной технологии является то, что часть горной массы соскальзывает в центр воронки под углом естественного откоса, что является небезопасным этапом при выполнении горных работ.

Таблица 1 –Выбор выемочно-погрузочного и транспортного оборудования в зависимости от параметров воронок обрушения

Тип		Выполняемые технологические операции	Место расположения оборудования в рабочей зоне	Рекомендуемое выемочно-погрузочное и транспортное оборудование	Примечание
Геометрические параметры воронок					
диаметр воронки $d_v$ , м	абсолютная глубина воронки $H_v$ , м				
1	2	3	4	5	6
Малые					
8÷30	до 15	Ведение горных работ к воронке или от воронки	На нижележащем уступе	Экскаваторы типа ЭКГ-3,2; 4,6Б; ЭГ-4;6. Автосамосвалы типа КамАЗ 5511, БелАЗ 540А, КрАЗ 6510.	Сх.1 (рис. 2)
		Понижение горных работ вокруг воронки	На вышележащем уступе	Универсальный экскаватор типа ЭО-4112А-1. Автосамосвалы типа КрАЗ 256Б, МАЗ-503А.	Сх.2 (рис. 3)
		Ведение горных работ направленных на засыпку воронки	На рабочем участке, уступе возле зоны обрушения	Драглайны типа Э-1251Б, Э-2503В, ЭДГ-3,2.30А. Автосамосвалы типа КрАЗ 6510, МАЗ-503А, КамАЗ 5511. Бульдозер Д-694А, ДЗ-27С.	Сх.3,4 (рис.4, 5)
Средние					
30÷50	15÷30	Ведение горных работ к воронке или от воронки	На нижележащем уступе	Экскаваторы типа ЭКГ-4,6Б;5У;8. ЭГО-150. Автосамосвалы типа БелАЗ 540А, БелАЗ 548.	Сх.1 (рис.2)
		Понижение горных работ вокруг воронки	На вышележащем уступе	Экскаваторы типа ЭГО-150. Автосамосвалы типа БелАЗ 540А, БелАЗ 548.	Сх.2 (рис. 3)
		Ведение горных работ направленных на засыпку воронки	На рабочем участке в зоне обрушения	Драглайны типа Э-2503; ЭШ-5/45М; 6,5/45У; 6/60. Автосамосвалы типа БелАЗ 540А, БелАЗ3548, МАЗ 6501А. Бульдозер ДЗ-25 (Д-552С).	Сх.3 (рис.4, 5)

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6
Большие					
50÷80 и свыше	25÷45	Ведение горных работ к воронке или от воронки	На выше-лежащем уступе	Экскаваторы типа ЭКГ-5У;6,3Ус;8. ЭГО-150; 250. Автосамосвалы типа БелАЗ 540А, БелАЗ 548, МАЗ-6501А.	Сх. 1 (рис.2)
		Понижение горных работ вокруг воронки	На выше-лежащем уступе	Экскаваторы типа ЭГ-12,20; Н185;241 (фирма «Demag»). ЭГО-150;250, ЕС 460В. Автосамосвалы типа БелАЗ 540А, БелАЗ 548, МАЗ-6501А.	Сх. 2 (рис. 3)
		Ведение горных работ направленных на засыпку воронки	На рабочем уступе в зоне обрушения	Драглайн типа ЭШ-6/60;10/60;10/70А. Автосамосвалы типа БелАЗ 540А, БелАЗ 548; БелАЗ 7540А, МАЗ-6501А. Бульдозеры ДЗ-34С (Д-572С)	Сх. 3 (рис.4,5)

Таблица 2 - Параметры технологических схем

Наименование	Символ	Примечание
1	2	3
Высота уступа	$H_y$	Устанавливается в зависимости от горно-геологических условий разрабатываемого месторождения
Угол устойчивого откоса уступа, град	$\varphi$	Устанавливается проектом
Угол уступа в рабочем состоянии, град	$\alpha_y$	Устанавливается проектом
Минимальная ширина площадки рабочей зоны, м	$Ш_{pz}$	Определяется в зависимости от выбранного типа выемочно-погрузочного обор.и транспортного средства
Минимальная ширина рабочей площадки, м	$Ш_{рп}$	Определяется в зависимости от выбранного типа выемочно-погрузочного и транспортного оборудования
Ширина вскрышной заходки, м	$A$	Определяется в зависимости от высоты подрабатываемого уступа
Ширина бермы безопасности, м	$b_6$	Определяется в зависимости от выбранного типа выемочно-погрузочного и транспортного оборудования
Радиус выгрузки, м	$R_b$	Устанавливается проектом в зависимости от выбранного типа выемочно-погрузочного оборудования
Радиус черпания, м	$R_q$	Устанавливается проектом в зависимости от выбранного типа выемочно-погрузочного оборудования
Расстояние от оси движения автотранспорта до нижней/верхней бровки уступа, м	$c_2$	Устанавливается проектом в зависимости от выбранного средства

1	2	3
Расстояние от оси хода экскаватора до нижней бровки экскаваторной заходки, м: внутренней внешней	$a_1$ $a_2$	Определяется в зависимости от выбранного типа выемочно-погрузочного оборудования и транспортного средства
Ширина разгрузочной площадки автосамосвала, м	$a$	Определяется расчетом в зависимости от выбранного типа транспортного средства и горно-геологических условий разрабатываемого месторождения
Ширина площадки для разворота автосамосвала, м	$B^a$	Определяется в зависимости от выбранного типа выемочно-погрузочного оборудования и транспортного средства
Ширина площадки для разворота бульдозера, м	$B^b$	Определяется в зависимости от выбранного типа выемочно-погрузочного оборудования и транспортного средства

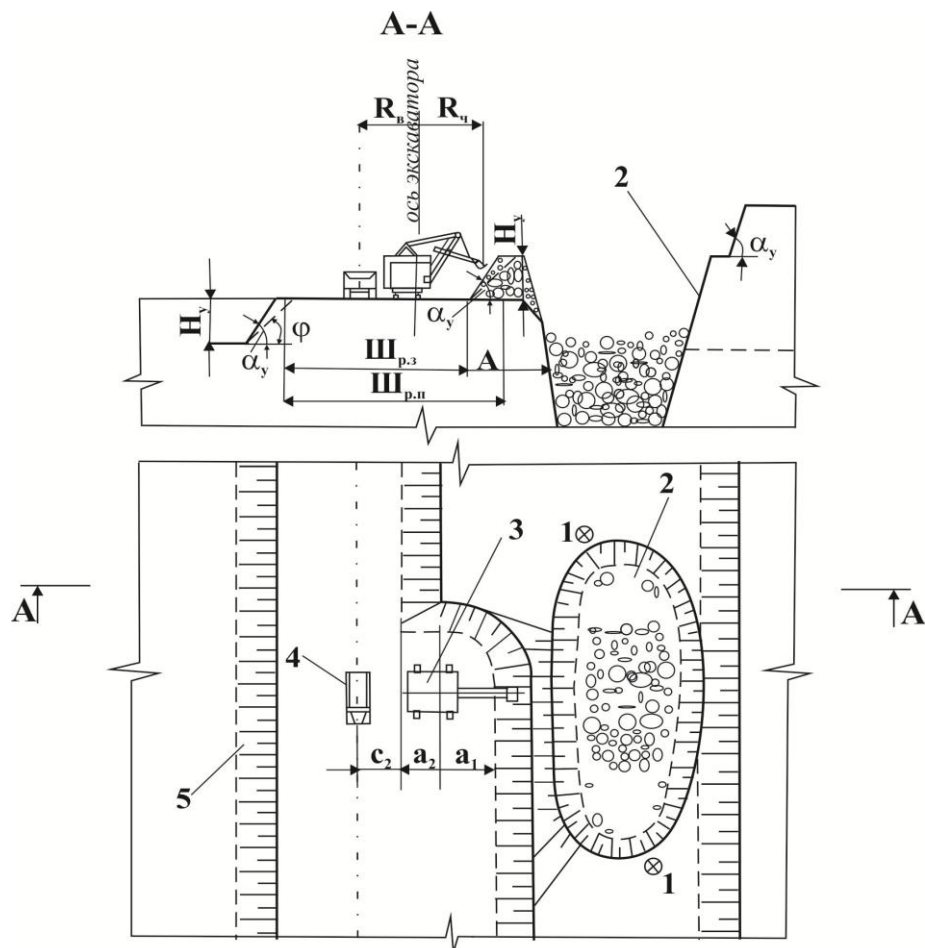


Рис. 2 - Технологическая схема ведения горных работ в зоне воронки обрушения с применением экскаватора - прямая механическая лопата и автотранспорта

1 - репер на поверхности или в горной выработке для выполнения маркшейдерско-геодезического контроля за состоянием воронок обрушения, 2 - воронка обрушения, 3 - экскаватор - прямая механическая лопата, 4 - автосамосвал, 5 - добычной или вскрышной уступ

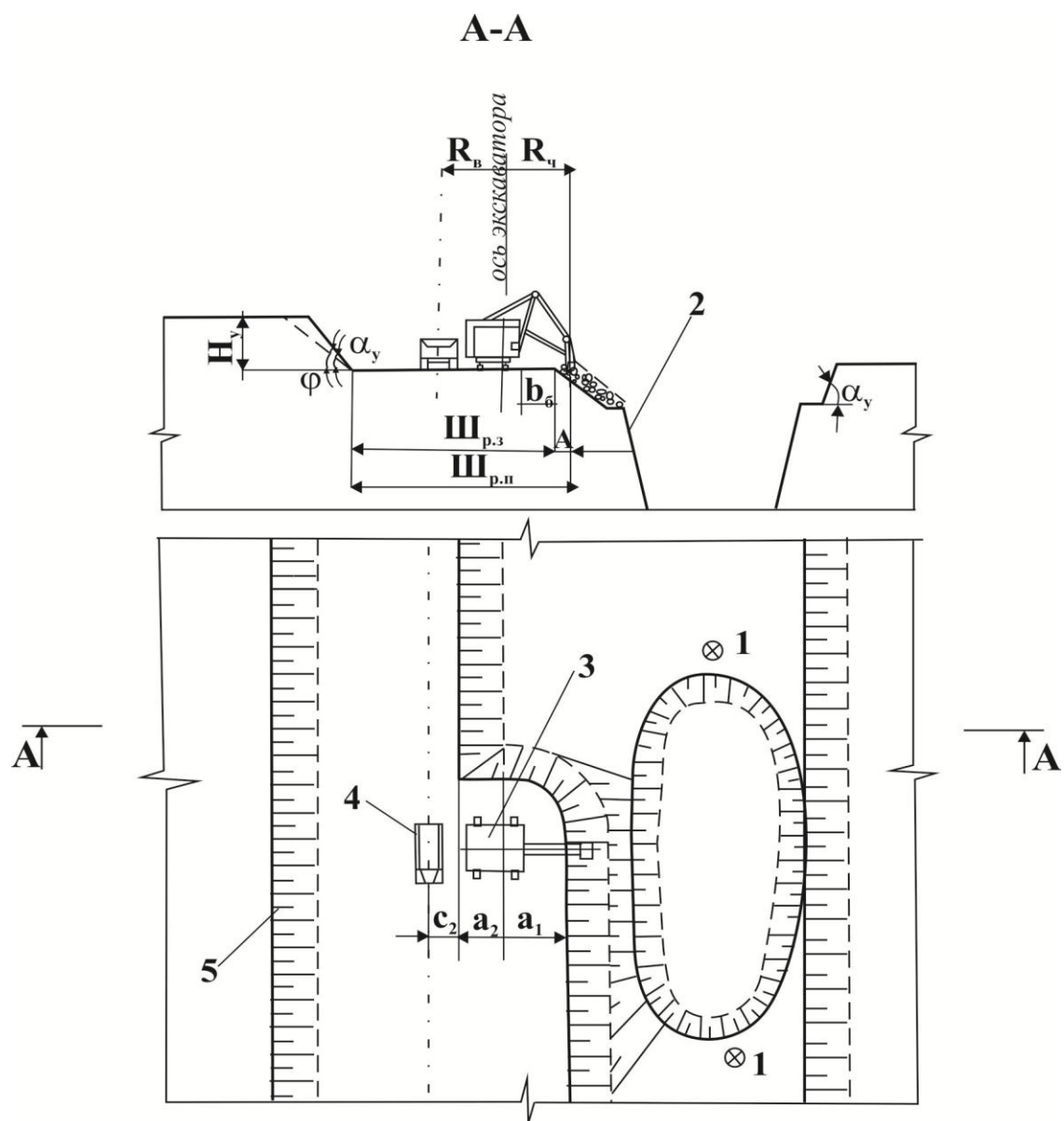


Рис. 3 - Технологическая схема ведения горных работ в зоне воронки обрушения с применением экскаватора - обратная механическая лопата и автотранспорта

1 – репер на поверхности или в горной выработке для выполнения маркшейдерско-геодезического контроля за состоянием воронок обрушения, 2 – воронка обрушения, 3 – экскаватор - обратная механическая или гидравлическая лопата, 4 – автосамосвал, 5 – добычной или вскрышной уступ

Для более безопасного выполнения технологических процессов в зоне сформированной воронки обрушения, предлагается применение экскаватора обратная механическая или гидравлическая лопата (тип подбирается в соответствии с табл. 1 для конкретных условий), с размещением карьерного оборудования на вышележащем уступе по схеме на рис. 3. В результате можно увеличить высоту обрабатываемого уступа и уменьшить количество транспортных горизонтов. При этой схеме расположения оборудования горная масса, вынимаемая из воронки, погружается верхней погрузкой непосредственно в автомобильный транспорт. Недостатком этой технологии является то, что снижается производительность экскаватора на 10-15% по сравнению с экскаваторами,



оборудованными прямой лопатой.

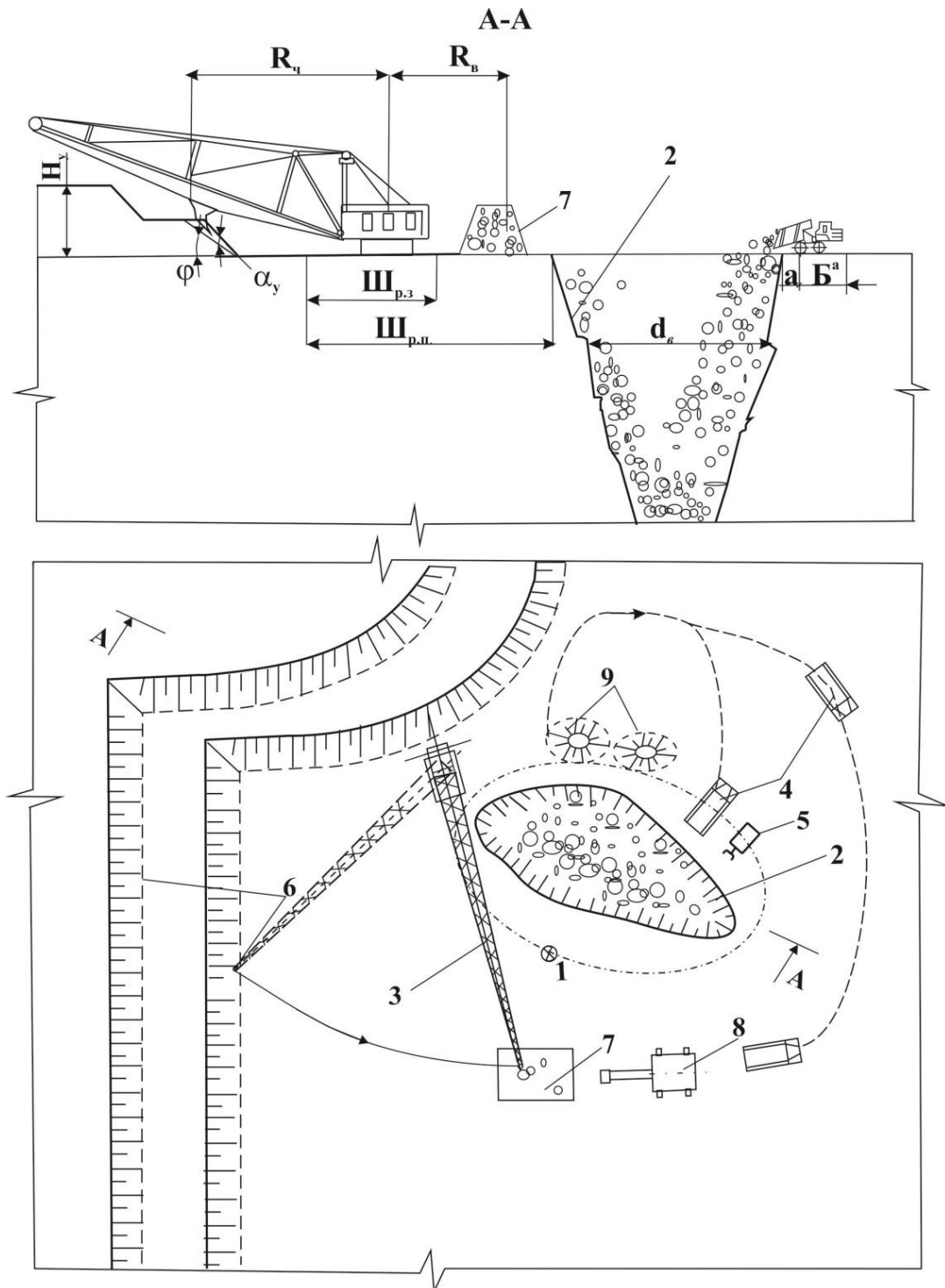


Рис. 4 - Технологическая схема ведения горных работ по засыпке воронки обрушения одновременно с выемкой полезного ископаемого или вскрыши на добычном уступе с применением драглайна и автотранспорта

1 – репер на поверхности или в горной выработке для выполнения маркшейдерско-геодезического контроля за состоянием воронок обрушения, 2 – воронка обрушения, 3 – драглайн, 4 – автосамосвал, 5 – бульдозер, 6 – добычной или вскрышной уступ, 7 – склад накопитель для размещения вскрышных пород или полезного ископаемого, 8 – дополнительный экскаватор, 9 – бурты для хранения горной массы (вскрышных пород)

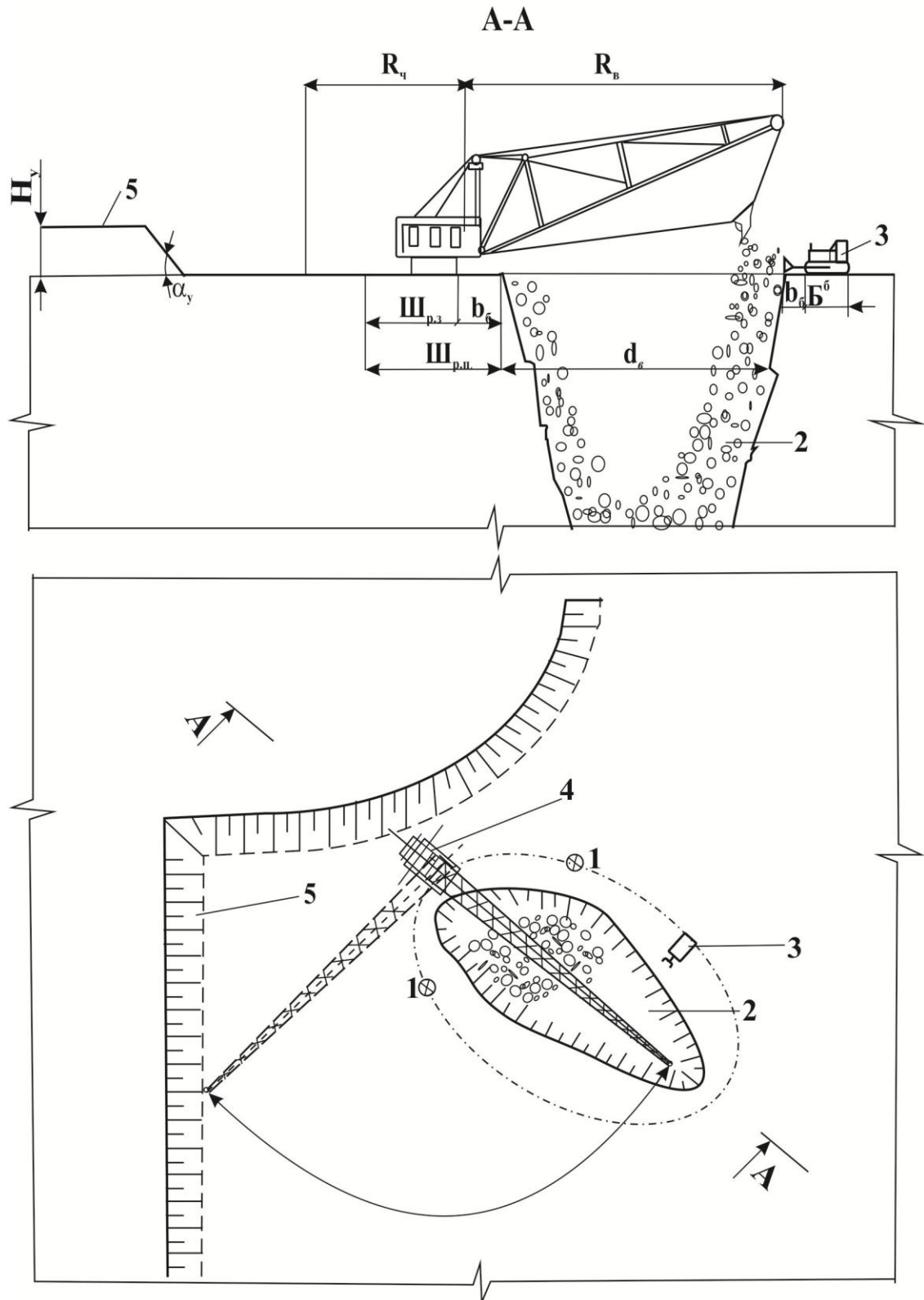


Рис. 5 – Технологическая схема ведения горных работ по засыпке воронки обрушения с применением драглайна и бульдозера

1 – репер на поверхности или в горной выработке для выполнения маркшейдерско-геодезического контроля за состоянием воронок обрушения, 2 – воронка обрушения, 3 – бульдозер, 4 – драглайн, 5 – добычной или вскрышной уступ

Для экскавации горных пород, с засыпкой воронки обрушения и одновременной выемкой вскрышных пород по схеме на рис. 4, целесообразно использовать экскаватор драглайн (тип подбирается в соответствии с табл. 1 для конкретных условий), оборудованный ковшом специальной конструкции и имеющий значительный радиус черпания, и автосамосвал грузоподъемностью не более 40 т. По данной схеме экскавация горной породы в зоне расположения воронки обрушения производится следующим образом. Драглайн, дополнительный экскаватор, автосамосвалы и бульдозер располагают на безопасном расстоянии от воронки. Драглайном осуществляются добычные или вскрышные работы с разгрузкой горной массы во временный склад накопитель. После чего горная масса выгружается дополнительным экскаватором типа ЭКГ или ЭГО, далее вскрышные породы транспортируются и выгружаются в воронку обрушения, таким образом выполняется засыпка воронки. Недостатком применяемой схемы является то, что драглайн не может самостоятельно осуществлять погрузку в транспортные средства. Для этого необходимо создание перегрузочного склада и применение дополнительного экскаватора, который бы перегружал горную массу из склада в автосамосвалы.

В производственном процессе возможно комбинирование предлагаемых технологических схем в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий ведения горных работ.

Предложенные технологические схемы позволяют решить проблемы, связанные с ведением горных работ в рабочих зонах карьера с наличием воронок обрушения, восстановить движение горнотранспортного оборудования, возобновить технологические процессы при подвигании борта (разносе) и добычи полезного ископаемого при условии соблюдения специальных мер и правил безопасности [5, 9].

**Выводы.** В бортах карьеров, подрабатываемых подземными работами, с выходом на них воронок обрушения, необходимо устанавливать параметры зон обрушения. Направление развития горных работ в зоне формирования воронок определяется в зависимости от параметров зон обрушения, имеющегося горнодобычного и транспортного оборудования, геологических особенностей месторождения и перспективных планов развития горных работ.

Особенностью разработанных технологических схем является то, что они подходят для всех характерных условий развития горных работ, а также учитывают обеспечение безопасности.

Предложенная технология ведения открытых горных работ позволяет поддерживать и наращивать производственные мощности карьера в условиях осложнения работ наличием воронок обрушения.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гавриленко, Ю. Н. Об условиях образования провалов на земной поверхности над горизонтальными и наклонными выработками / Ю.Н. Гавриленко, О.А. Улицкий, А. В. Шиптенко // Проявление горного давления: Сб. научн. тр. – Донецк, 1999. – Вып.32. - С. 110 – 115.
2. Казикаев, Д.М. Геомеханические процессы при совместной и повторной разработке руд / Д.М. Казикаев. - М.: Недра, 1981. – 288 с.

3. Murchison Goldfield, Australia [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://mining-technology.com/projects>. – Загл. с экрана.
4. Куликов, В.В. Совместная и повторная разработка рудных месторождений / В.В. Куликов. - М.: Недра, 1972. – 328 с.
5. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок в Криворожском железорудном бассейне. Л.: ВНИМИ, 1975. – 68 с.
6. Четверик, М.С. Вскрытие глубоких горизонтов карьеров при комбинированном транспорте / М.С. Четверик. – Киев: Наукова думка, 1986. – 188 с.
7. Несмашный, Е.А. Устойчивость борта Глееватского карьера, подработанного подземными горными работами, при расширении его границ. / Е.А.Несмашный, А.А.Романенко, А.В.Болотников // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2012. - №3. - С. 76-79.
8. *Мировая горная промышленность 2004 – 2005: история, достижения, перспективы*. – М.: НТЦ «Горное дело», 2005. – 376 с.
9. Правила охраны труда при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом НПАОП 0.00-1.24-10 [Электронный ресурс] /Режим доступа: <http://ohranatruda.in.ua/pages/3141>. –Загл. с экрана.

#### REFERENCES

1. Gavrilenko, Yu.N., Ulitskiy, O.A., Shiptenko, A.V. (1999), “On the conditions of formation of dips in the ground surface above the horizontal and inclined mine working”, *Proyavleniye gornogo davleniya*, no.32, pp.110 – 115.
2. Kazikayev, D.M. (1981), *Geomekhanicheskiye protsesy pri sovmestnoy i povtorno razrabotke rud* [Geomechanical processes during the joint and re-development of ores], Nedra, Moscow, Russia.
3. Murchison Goldfield, Australia (2013), Retrieved from: <http://www.mining-technology.com/projects> (Accessed 10 July 2013).
4. Kulikov, V.V. (1972), *Sovmestnaya i povtornaya razrabotka rudnykh mestorozhdeniy* [Joint and re-development of ore deposits ], Nedra, Moscow, Russia.
5. *Pravila okhrany sooruzheniy i prirodnykh obyektov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh razrabotok v Krivorozhskom zhelezorudnom baseyne* [Rules for protection of structures and natural objects from the harmful effects of underground mining in the Krivoy Rog iron ore basin], (1975), BNIMI, Leningrad, USSR.
6. Chetverik, M.S. (1986), *Vskrytiye glubokikh gorizontov karyerov pri kombinirovanom transporte* [Opening the deeper horizons of quarries at the combined transport], Naukova dumka, Kiev, USSR
7. Nesmashnyi, E.A., Romanenko, A.A. and Bolotnikov, A.V. (2012), “The stability of the Board of Gleevatka Career Worked by Underground Mining Operations while Expanding its Borders”, *The Metallurgical and mining industry*, no. 3, pp. 76-79.
8. *The global mining industry 2004 - 2005: History, Achievements, Prospects* (2005), NTTS Gornoye delo, Moscow, Russia.
9. *Pravila okhrany truda pri razraroatke mestorozhdeniy poleznikh iskopaemykh otkrytim sposobom NPAOP 0.00-1.24-10*, Retrieved from: <http://www.ohranatruda.in.ua/pages/3141> (Accessed 10 July 2013).

#### Об авторах

**Четверик Михаил Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом Геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепрпетровск, Украина, [chetverik.mihail@inbox.ru](mailto:chetverik.mihail@inbox.ru)

**Ворон Елена Анатольевна**, инженер в отделе Геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепрпетровск, Украина, [ElenaVoronIGTMNANU@meta.ua](mailto:ElenaVoronIGTMNANU@meta.ua)

**Левченко Екатерина Сергеевна**, инженер в отделе Геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепрпетровск, Украина, [kateryna\\_t\\_86@mail.ru](mailto:kateryna_t_86@mail.ru)

**Перетяцько Галина Владимировна**, главный специалист сектора физико-технических наук Научно-организационного отдела НАН Украины, Национальная академия наук Украины (НАН Украины), Киев, Украина.

#### About the authors

**Chetverik Mikhail Sergeevich**, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Head of Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the

National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, chetverik.mihail@inbox.ru

**Voron Yelena Anatolyevna**, Engineer in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, ElenaVoronIGTMNANU@meta.ua

**Levchenko Yekaterina Sergeyevna**, Master of Science, Engineer in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, kateryna\_t\_86@mail.ru

**Peretyatko Galina Vladimirovna**, Chief Specialist in Department of Physics and Technical and Mathematics Sciences of Research and Organizational Department, the National Academy of Sciences of Ukraine (NASU), Kiev, Ukraine, [Peretyatko@nas.gov.ua](mailto:Peretyatko@nas.gov.ua).

---

**Анотація.** Стаття спрямована на обґрунтування технології ведення гірничих робіт у зонах обвалення при спільній (відкритій і підземній) розробці крутопадаючих рудних родовищ. Розглянуто напрямки розвитку гірничих робіт на ділянках воронкоутворення: від воронки, до воронки, з пониженням гірничих робіт навколо воронки.

Викладено технологію ведення гірничих робіт у зонах обвалення. Наведено розроблені технологічні схеми ведення гірничих робіт у зонах воронкоутворення з використанням різних типів виїмково-вантажного і транспортного устаткування, з урахуванням гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов відпрацювання та безпечного виконання технологічних процесів.

**Ключові слова:** відкрита і підземна розробка руд, воронка обвалення, неробочий борт кар'єру, технологія ведення гірничих робіт, екскаватор.

**Abstract.** This paper presents a technology for mining in caving zones at combined (opencast and underground) mining of steep ore deposits.

Routes for mining operations in areas with cone formation are considered: from the cone, to the cone, with deepening of mining operations around the cone.

The authors present their technology for mining works in caving zones and technological schemes for mining in zones with cone formation by using different types of mining, loading and hauling equipment with taking into account geological, mining and engineering conditions and providing safety technological processes.

**Keywords:** opencast and underground mining of ores, crater of caving, a non-working board of quarry, technology of conduction of mining works, excavator.

*Стаття поступила в редакцію 09.09.2013  
Рекомендовано к публікації д.т.н., проф. В.П. Надутым*