УДК 622.22

д.т.н. Должиков П.Н.,
Корсаков Д.В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)

СПОСОБ ЛИКВИДАЦИИ ПРОВАЛОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО ТАМПОНИРОВАНИЯ

В статті обґрунтована необхідність застосування нового ефективного способу ліквідації проваль на земній поверхні на основі використання в тампонажно-закладочних сумішах перегорівших відвальних порід.

Ключові слова: *провалля, тампонаж, засипка, стабілізація, метод, обвалення порід.*

В статье обоснована необходимость применения нового эффективного способа ликвидации провалов земной поверхности на основе использования в тампонажно-закладочных смесях перегоревших отвальных пород.

Ключевые слова: *провал, тампонаж, засыпка, стабилизация, метод, обрушение пород.*

На территориях действующих и закрытых горнодобывающих предприятий, городов с развитой подземной инфраструктурой в разное время появлялись и продолжают появляться деформации земной поверхности в виде провалов и неравномерных оседаний земной поверхности. В одних случаях провалы образуются за счет обрушения карстовых полостей или прорыва водонасыщенных песчано-глинистых пород в закарстованные толщи, в других – при суффозионных процессах на склонах речных долин, ручьев, оврагов и над подземными водонесущими коммуникациями, и в третьих – за счет обрушения кровли подземных горных выработок и перекрытий брошенных (засыпанных) сооружений – колодцев, подвалов и пр. [1] .

Самые распространённые аварии, связанные с формированием провалов земной поверхности в строящихся, эксплуатируемых, так и в закрытых горных выработках, связаны с:

- обрушениями породы в подземные выработки;
- обрушениями породы в подземные полости от поступления воды при авариях водоснабжения или при затоплении [1].

Чаще всего обрушения породы в выработки имеют место при ликвидации горных выработок в зонах слабоустойчивых грунтов с различными технологическими нарушениями, изменении прочностных и деформационных свойств вмещающих пород во времени. К ним относят резкое изменение сложившейся гидрологической обстановки вследствие затопления подземных пустот при «мокром» способе закрытия шахт или авариях магистральных водоносных сетей.

Купол вывала может находиться в различной степени стабильности, определяющейся свойствами и характером напластования пород либо распространяться до поверхности земли, образуя воронку вывала (рисунок 1).

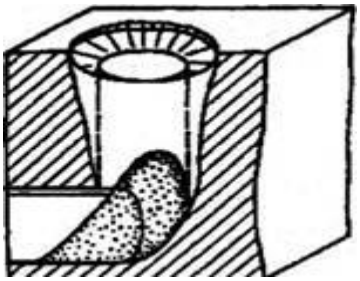


Рисунок 1 – Формирование купола вывала с образованием на поверхности воронки вывала

Наиболее опасна неустойчивость стенок вывала в мягких и слабоустойчивых породах, в которых может происходить его дальнейшее развитие, сопровождающееся обрушениями больших масс породы.

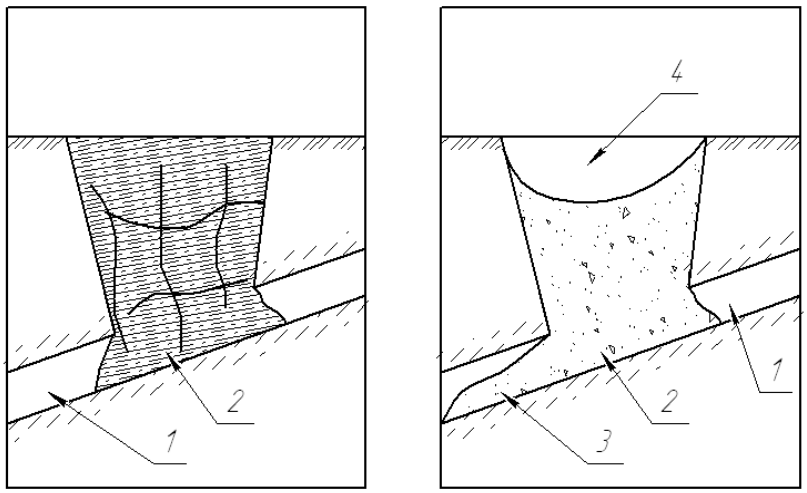
Анализ последних достижений и публикаций. Проект ликвидации горных выработок, имеющих выход на дневную поверхность, и провалов, базируется на положениях «Горного Закона Украины» и ряда нормативно-правовых документов [2]. Основные способы ликвидации провалов (рисунок 2), применяемые на территории Украины, можно разделить на несколько групп [3]:

- засыпка перегорелой породой;
- засыпка провалов перегорелой породой с тампонажем остаточных пустот;
- заполнение провала тампонажным раствором.

Эти способы разрабатывались для погашения выработок горнодобывающих предприятий и показали малую эффективность при ликвидации провалов в связи с недостаточным опытом проведения таких работ и отсутствием нормативной базы [4].

Недостатками упомянутых способов является: неравномерное проседание закладочного материала, что ведет к образованию воронок вторичного оседания и необходимости долговременного мониторинга

мест провалов; возможность ухода закладочного материала в подземные пустоты и трудностями в определении необходимых объемов закладочного материала; необходимость дозасыпки; разрывы сплошности закладочного материала; разрыв связи между закладочным материалом и цементными подушками.



а – заполнение провала тампонажным раствором;
б – заполнение провала перегорелой породой;
1 – подземная полость или горная выработка;
2 – закладочный массив;
3 – уход закладочного материала в горную выработку;
4 – образование воронки вторичного оседания.
Рисунок 2 – Способы ликвидации провалов земной поверхности

Следствием этого являются ограничения по использованию территории в хозяйственных нуждах, необходимость в устройстве сооружений, затрудняющих доступ к местам ликвидированных провалов.

Таким образом, разработка технологической схемы ликвидации провалов земной поверхности, на территориях действующих и закрытых горнодобывающих предприятий, городов с развитой подземной инфраструктурой является актуальной.

Цель работы: обоснование нового эффективного способа ликвидации провалов методом послойного тампонирования.

Сущность предлагаемого способа заключается в ликвидации провалов путем послойного формировании тампонажно-закладочного массива с заданными прочностными и деформационными показателями на основе использования перегоревших пород отвалов.

На основании проведенных исследований сформулированы технические требования к прочностным и деформационным характеристи-

кам тампонажно-закладочных материалов, используемых при ликвидации провалов:

- стабилизация и предотвращение развития провала;
- долговечность, отсутствие необходимости проведения мониторинга;
- водо- и газонепроницаемость закладочного массива;
- заданное сопротивление деформациям и прочность;
- дешевизна и доступность основных компонентов.

На основании полученных требований была разработана методика проектирования комплекса работ по ликвидации провалов в условиях неустановившегося режима движения подземных вод (рисунок 3):

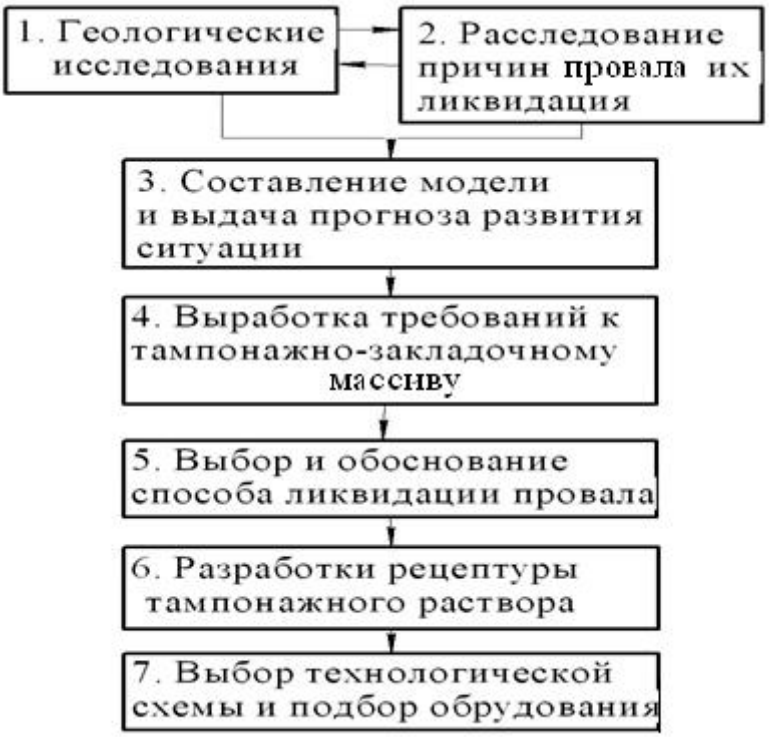


Рисунок 3 – Этапы методики проектирования комплекса работ по ликвидации провалов земной поверхности

Методика проектирования включает в себя такие этапы.

1. Сбор и обработку геологической информации о породах аварийного участка.

2. Определение возможных причин возникновения провала и прекращение их воздействия.

3. Определение основных геометрических параметров провала и разработка математической модели деформации. Прогноз развития деформации во времени.

4. Формулирование прочностных и деформационных требований к тампонажно-закладочному массиву.

5. Выбор и обоснование способа ликвидации провала.

6. Выбор или разработка рецептуры тампонажного раствора, с требуемыми технологическими параметрами.

7. Выбор и обоснование технологической схемы ликвидации провала, подбор необходимого оборудования.

В качестве материала засыпки провала рекомендовано использовать перегоревшие отвальные породы. Исследования на образцах породы, отобранных на шахтах «Центральная» (г. Антрацит), «Ворошиловская» (г. Ровеньки) и «Украина» (г. Перевальск), показали, что их усадка в увлажненном состоянии составляет 22-29 % при нагрузках до 0,5 МПа. Эти же породы решено было использовать в качестве базового сырья для тампонажно-закладочного раствора.

Исследования свойств растворов показали, что для достижения пластичной прочности 0,3 МПа в глино-породную смесь достаточно ввести 40 кг цемента марки М400. Рецептура и свойства тампонажно-закладочных смесей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства тампонажно-закладочной смеси

Кол.-во породы, кг/м^3	Кол.-во бентонита, кг/м^3	Плотность базовой суспензии, кг/м^3	Кол.-во цемента, кг/м^3	Плотность раствора, кг/м^3	Пластическая прочность через 10 суток, кПа	Динамическое напряжение сдвига, Па	Усадка, %
820-825	6	1450-1470	40	1490-1520	312-320	47-52	0

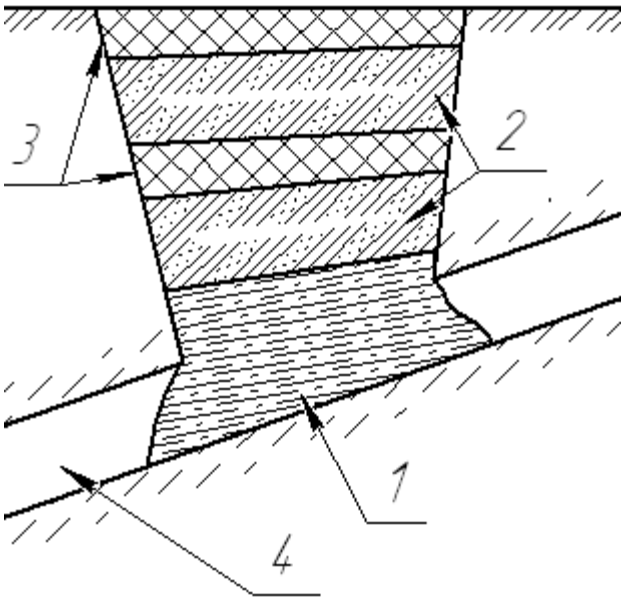
На основании этой методики и исследований свойств тампонажно-закладочных материалов был разработан способ ликвидации провалов методом послойного тампонажа.

Идея предлагаемого способа состоит в уменьшении материальных затрат на ликвидацию провалов земной поверхности путем создания композитной самонесущей конструкции на основе тампонажно-закладочных смесей с широким использованием перегоревших отвальных пород (рисунок 4).

Для предотвращения ухода тампонажного материала в подземную выработку в устье провала сооружают опорную подушку из глиноцементного раствора с повышенным содержанием цемента (до 500 кг/м^3).

После набора необходимой прочности подушки, на нее укладывают слой горелой породы, толщина которого зависит от ее прочно-

стных и компрессионных свойств. Для ускорения процесса усадки перегорелой породы при засыпке производят ее дополнительное увлажнение.



1 – опорная предохранительная цементная подушка; 2 – засыпка провала перегоревшей породой; 3 –стабилизационные слои из смеси глиноцементного раствора с добавкой перегорелой породы; 4 –подземная полость.

Рисунок 4 – Схема ликвидации провалов методом послойного тампонирования

После этого провал заливают в безнапорном режиме безусадочным глиноцементным тампонажным раствором, основе этой же породы, высотой слоя не более 0,3 высоты засыпки.

В результате, получаем ускорение процесса усадки закладочного материала под действием увлажнения и пригруза вышележащего слоя. При этом в закладочный материал проникают частицы тампонажного раствора, которые делают границу между слоями более размытой и предотвращают разрывы сплошности материала закладки при стабилизации и твердении.

Последующее чередование слоев засыпки и тампонажного раствора, регулирование свойств раствора приводит к контролируемому процессу осадки засыпочного материала, что позволяет добиваться заранее заданных деформационных и прочностных параметров массива.

Достоинством этой технологической схемы является:

– обеспечение совместной работы слоев закладки;

– использование местных строительных материалов;

– пониженный расход цемента;

– предотвращение поступления поверхностных вод в зону провала;

– равляемость прочностными и деформационными характеристиками во время производства работ;

-достижение заданной несущей способности.

Выводы. Таким образом, предложенный способ является эффективной технологией ликвидации провальных деформаций на поверхности земли, путем сочетания засыпки горелой породой и нагнетания ресурсосберегающих тампонажных растворов, обеспечивающей гарантированное заполнение пустот, что позволяет решать технические и экологические проблемы.

Библиографический список

1. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины /[Гавриленко Ю.Н., Ермаков В.Н., Кренида Ю.Ф. и д.р.]; под ред. Ю.Н. Гавриленко, В.Н. Ермаков. – Донецк, 2004. - 631с.

2.Горный закон Украины//Голос Украины. - 1999. - №225.

3.Комплексная технология ликвидации наклонных выработок: монография / [Кипко Э.Я., Должиков П.Н., Рябичев В.Д.].– Донецк: Норд-Пресс, 2005. – 220с.

4.Смородин Г.М. Ликвидация провалов в устьевой части наклонного ствола / Г.М. Смородин, Э.Я. Кипко // Проблемы горного дела и экологии горного производства: матер. междунар. науч.-практ. конф., 2008 г. : тезисы докл.- Донецк, Норд-Пресс. - 2008. - С. 75-77.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Гайко Г.И.