

УДК 556.3:622.831.6

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПРОВАЛООБРАЗОВАНИЙ НАД НАКЛОННЫМИ СТВОЛАМИ

Дрибан В. А., Феофанов А. Н., Голдин С. В.  
(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

*На підставі детального аналізу архівних матеріалів встановлено особливості провалоутворень земної поверхні над похилими стовбурами. Наведено характерні приклади.*

*On the basis the detailed analysis of archive materials are established the special features of failures of the earth's surface above the inclined stems. Characteristic examples are given.*

**Введение.** Заброшенные выработки старых шахт представляют определённую опасность для земной поверхности, что неоднократно отмечено в работах как отечественных, так и зарубежных специалистов [1–3]. Известно, что такая опасность заключается во внезапной и практически непредсказуемой на сегодняшний день активизации процесса сдвижения подработанной на малых глубинах толщи, зависшей над сохранившимися в выработках пустотами. Как следствие, земная поверхность получает разнообразные повреждения (локальные оседания, провалы, трещины и т.п.), единичного или комплексного проявления, величины деформаций в которых в несколько раз превышают предельно допустимые для сооружений, а такие из них, как провалы, действуют просто разрушительно. Очевидно, что эксплуатация существующих поверхностных объектов и проектирование новых в таких опасных зонах сопряжены с определёнными трудностями.

Установлено [4], что каждому типу старых горных выработок характерны определённые виды и формы повреждений на земной поверхности, обусловленные, прежде всего, размерами

той или иной выработки, условиями залегания и поддержания, предназначением и временем проведения. Рассмотрим с этих позиций особенности провалообразования над протяжёнными наклонными выработками (стволами, бремсбергами, уклонами, сбойками).

**Исходные данные.** В качестве исходных данных для изучения этого вопроса послужил архив повреждений земной поверхности над заброшенными выработками Донбасса, где в течение многих лет накоплена и продолжает пополняться детальная информация по 151 случаю: условия залегания, параметры, метаморфизм, факторы, причины, следствия и т.п.

Следует отметить, что на долю линейно вытянутых выработок, к которым отнесены старые штреки, уклоны, бремсберги, наклонные стволы, горизонтальные и наклонные сбойки, приходится половина всех повреждений. В то же время, почти треть из них (15 %) образовалась над старыми наклонными стволами.

Однажды проведенные, они долгое время остаются основными транспортными артериями угольного предприятия, связывающие на первых порах земную поверхность с малыми глубинами отработки, а затем и с большими. Из-за длительной эксплуатации (практически в течение всего срока существования шахты) наклонные стволы неоднократно перекрепляются. Как правило, отдельными участками, с заменой одного типа крепи на другой, с выпуском обрушенных пород, оставлением в закрепном пространстве куполообразных вывалов и пустот, нарушая тем самым элемент взаимодействия «массив – крепь». В последствии выбывший из эксплуатации и заброшенный, но неликвидированный должным образом наклонный ствол представляет серьёзную опасность для земной поверхности, оставаясь из-за существенных размеров, по сути, одной большой пустотой. Особенно та его часть, которая располагается у поверхности, в т.н. зоне возможной активизации старых выработок (0 – 160 м) [5]. Важно отметить, что активизация процесса сдвижения породной толщи может произойти и над действующими наклонными стволами, эксплуатация и поддержание которых проводится с вышперечисленными нарушениями.

Время проведения наклонных стволов, над которыми зафиксированы провалы, согласно собранным данным, самое разнообразное: от дореволюционных до современных, эксплуатация которых продолжается или прекратилась всего 10-20 лет назад. Всё это в совокупности обуславливает особенности образования провалов над наклонными стволами, как заброшенными, так и действующими.

**Виды провалообразования и их параметры.** Основной вид повреждений земной поверхности над наклонными стволами – это провалы (рис. 1). Первоначально круглой, а впоследствии, из-за обрушений стенок воронки в наносах и породах, эллипсообразной формы, вытянутой по оси выработки.



Рис. 1. Обрушение поверхности над заброшенным наклонным стволом шх. Острая № 2 ПО «Селидовуголь»

Наиболее часты провалы, развивающиеся с глубин 10–65 м. При этом размеры воронок на поверхности доходят до 20 м. Например, в 1981 г. произошло обрушение действующего наклонного ствола по пл.  $h_8$  шх. им. Газеты «Ворошиловградская прав-

да» ПО «Донбассантрацит». Обрушение произошло на участке ствола, расположенном на глубине 11–25 м (рис. 2). Часть ствола, закреплённая бетоном и расположенная ближе к устью, не обрушилась.

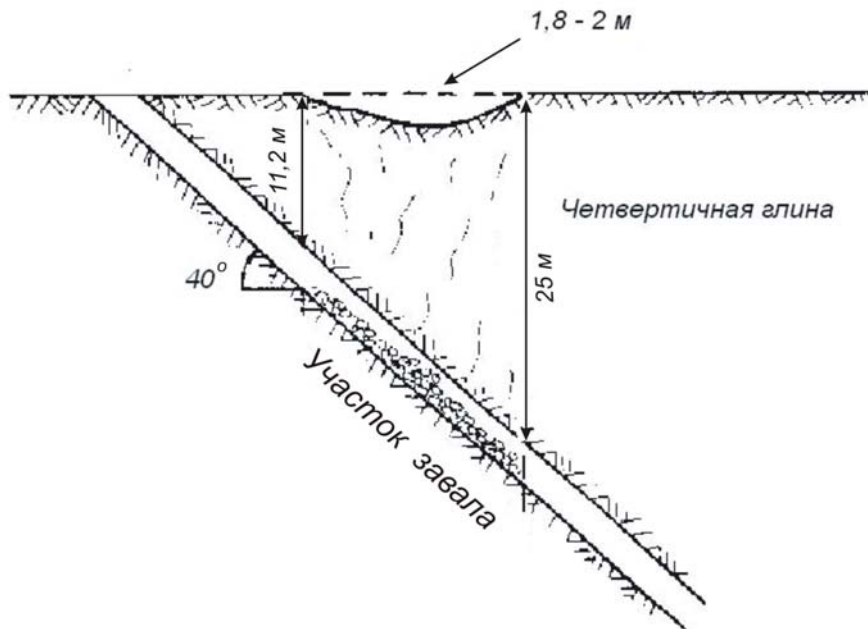


Рис. 2. Схема обрушения действующего ствола шах. им. Газеты «Ворошиловградская правда»

Глубина воронки достигла 2 м. Обрушившая часть ствола пройдена в четвертичных глинах. В плане провал имел форму эллипса с осями  $10 \times 17$  м, вытянутого вдоль оси ствола. Сразу после возникновения провала были предприняты меры по его ликвидации. Ствол был заново пройден и перекреплён, поэтому обрушенный материал не успел переместиться вниз, и размеры воронки не увеличились.

Гораздо реже провалы развиваются на устьях или в их пределах, т.к. эта часть стволов из-за крепления бетоном или кирпичной кладкой менее всего подвержена разрушению и очень долго не обрушается. Основная причина таких провалов – неудовлетворительное погашение и некачественный тампонаж устьев наклонных стволов или полное его отсутствие. При этом

размеры воронок небольшие, сопоставимые с размерами самой выработки.

Например, провал  $2 \times 3$  м на устье вспомогательного ствола шах. Ново-Мушкетовская ПО «Донецкуголь», закрытого в 1969 г. или оседание 11.04.1975 г. устья ликвидированного по пл.  $l_3$  наклонного ствола шах. им. Орджоникидзе ПО «Макиевуголь» с образованием первоначального провала  $0,9 \times 0,3$  м.

В 1979 году в г. Донецке Ростовской области образовался провал размером  $3 \times 4$  м на устье бремсберга, выполнявшего функции наклонного ствола, по пласту закрытой шахты № 54. Бремсберг находился на границе выемочного столба, отработанного в 1950 г (рис. 3). Сечение бремсберга оказалось открытым, пустота прослеживалась на очень большую глубину.



Рис. 3. Провал на устье бремсберга закрытой шах. № 54 в г. Донецке Ростовской области

Таким образом, образование провалов над наклонными стволами происходит при разрушении, как перемычек устьев, так и при обрушении кровли сохранившихся выработок или пустот (рис. 4).

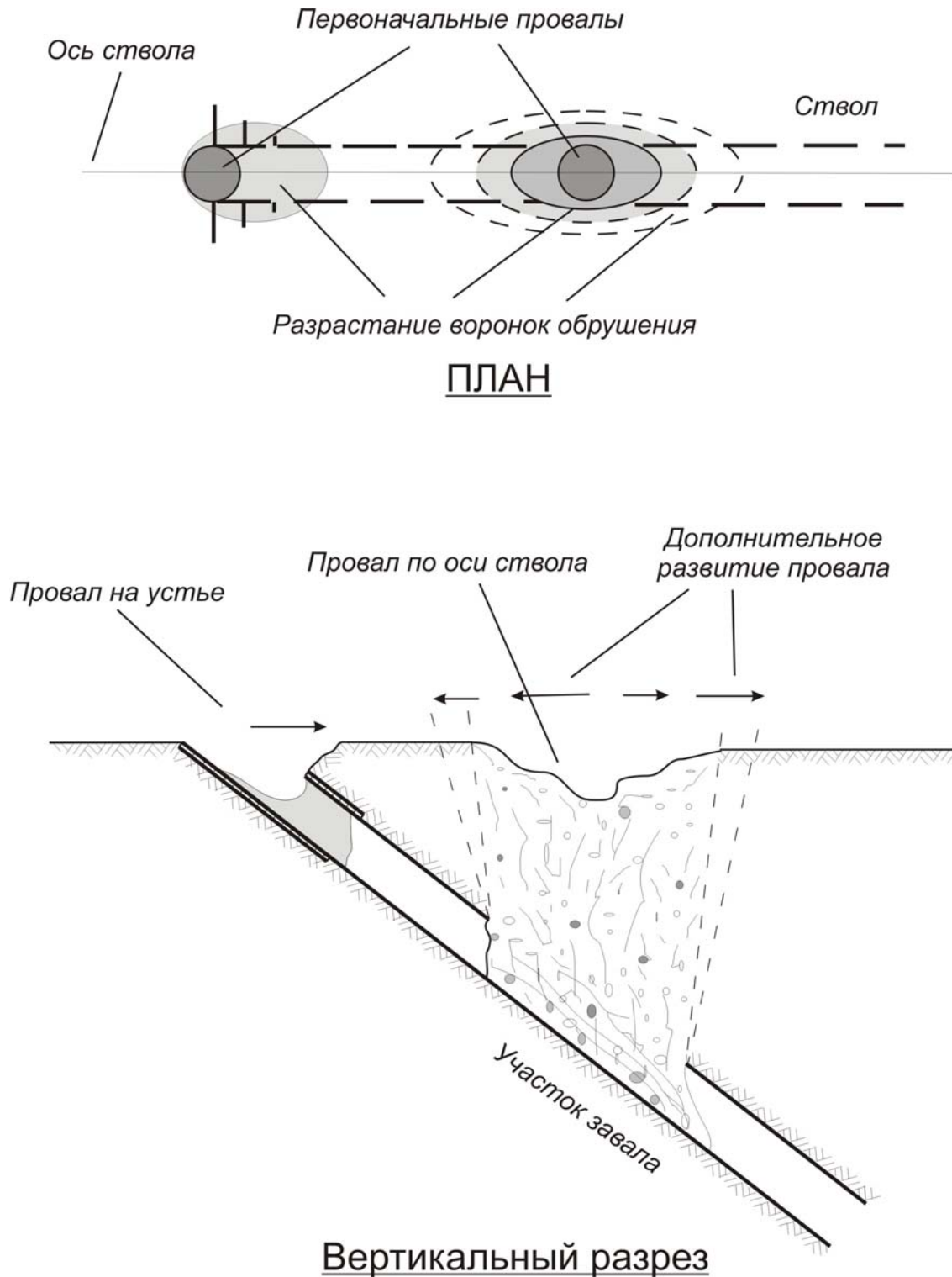


Рис. 4. Общая схема развития провалообразований над наклонными стволами

**Способствующие факторы.** К настоящему времени уже установлены и изучены в достаточной степени факторы, в той или

иной мере способствующие активизации процесса сдвижения породной толщи над старыми горными выработками [6]. Выделена группа провоцирующих и сопутствующих факторов.

В отношении наклонных стволов результаты анализа 23 случаев показали, что большая часть (43 %) повреждений спровоцирована под воздействием гидрогеологического фактора. Это, в первую очередь, изменение гидрогеологического режима приповерхностной породной толщи: сезонные колебания уровня грунтовых вод, проникновение паводковых вод, преднамеренное осушение или затопление выработок, порывы водоводов и канализационных сетей с замачиванием горного массива и т.п.

В немалой степени (35 %) оказывает провоцирующее воздействие техногенный фактор, тесным образом связанный с производственной деятельностью человека. Сюда относятся периодически проводимые работы по перекреплению горных выработок с выпуском обрушенных пород кровли, приводящие к созданию новых пустот в закрепном пространстве, нарушение регламента ликвидационных работ (некачественная засыпка ствола и тампонаж устья).

В последнее время появились основания для выделения ряда техногенных факторов в отдельную группу т.н. сейсмических провоцирующих факторов [7]. И хотя их доля в обрушении наклонных стволов невелика (9 %), последствия от такого воздействия весьма разрушительны. Это регулярные вибрации и сотрясения земной поверхности и породного массива из-за работы турбин, сваезабивных машин, ж/д и авто транспорта, буровзрывные работы, подработка приповерхностной зоны по нижележащим пластам и т.п.

Например, на участке наклонных стволов шх. "Острая № 2" ПО "Красноармейскуголь", закрытой в 1957 г. была построена крупная ремонтная мастерская с интенсивным выполнением ремонтных работ. В 1976 г. по оси стволов произошло два провала с размерами воронок обрушения  $6 \times 14$  м и глубиной 5 – 6 м, и  $2 \times 2$  м и глубиной 4 м. Обрушение поверхности произошло при пологом падении залегающей толщи с глубины 20 – 30 м.

В упомянутом выше случае в г. Донецке Ростовской обл. (см. рис. 3) провал произошёл под полом действующей прядильно-ниточной фабрики прямо в цехе. В провал рухнула колонна, подпирающая крышу. Установлено, что из-за постоянных вибраций в движение пришли породы бремсберга на глубине 50-60 м от поверхности.

Стоит подчеркнуть, что характерное для нашего времени возрастающее вовлечение в производственную деятельность т.н. «нарушенных земель» при регулярном техногенном воздействии на них всё больше увеличивает роль сейсмического фактора.

В немалой степени влиянию провоцирующих факторов на провалообразование помогают степень выветривания и прочность пород, литология, угол падения, фильтрационные свойства, наличие пльвунув, песков и всевозможных видов тектоники, отнесённые к группе т.н. сопутствующих факторов. Известно, что наиболее благоприятные условия для проникновения воды (поверхностной и из деформированных водоносных горизонтов) в подработанную толщу создаются при тектонических нарушениях или развитой сети мелкоамплитудной нарушенности. А залегающие над выработкой пески, пльвунув и глины увеличивают вероятность образования провалов больших размеров.

Например, на шх. Селидовская ПО «Селидовуголь» образовался завал на сопряжении вентиляционного штрека и бремсберга по пл.  $l_8'$ . Развивающийся с глубины 65 м свод обрушения пересёк на глубине 33 м глины, пески и пльвунув мощностью 9 м, что ускорило образование на земной поверхности провала размером  $10 \times 10$  м.

Не все образовавшиеся в горных выработках завалы вызывают обрушение поверхности. Известны случаи, когда развитие свода обрушения приостанавливалось в нескольких метрах от места их возникновения на неопределённое время, пересекая более крепкий породный слой песчаника или известняка. Такое явление приводит к значительному ослаблению толщи, создавая угрозу последующего внезапного обрушения поверхности при дополнительном воздействии, например, гидрогеологического или сейсмического фактора.



Например, в октябре 2007 г. при выполнении работ по засыпке вентиляционного наклонного ствола пласта  $m_3$  шах. Житомирская, входящей в состав Шахтёрского Управления по ликвидации шахт, в кровле выработки был обнаружен купол высотой 10 м, который находился под центром действующей автомобильной дороги. Между сводом обрушения и полотном дороги осталось всего 4,3 м. К этому времени на дороге уже образовалось повреждение асфальтного полотна в виде микромульды глубиной 0,2 м и диаметром 6 м, явившееся предвестником будущего провала. Из-за этого движение на участке было затруднено. Дальнейшая эксплуатация дороги могла бы привести к окончательному развитию провала на поверхности.

**Комплексное повреждение поверхности.** При определённых условиях активизация процесса сдвижения над наклонными стволами может привести к образованию одновременно нескольких видов повреждений: трещин, мульд и провалов (комплексное повреждение). Характерным примером является случай на шах. Кураховская ГП «Селидовуголь», где произошло следующее.

Неликвидированный вспомогательный наклонный ствол № 1 старой шах. № 42, залегающий по пласту  $l_2'$  под углом падения  $12^\circ$ , своим устьем выходит под промплощадку шах. Кураховская. Залегающие в кровле породы представлены слабыми песчаником, аргиллитом, суглинками, мелкозернистым увлажнённым песком, обладающим пльвунными свойствами, и четвертичными глинисто-песчаными отложениями (рис. 5).

Ещё при проходке ствола (1974-75 гг.) проводились мероприятия по укреплению неустойчивых боковых и обводнённых пород кровли путём забивания шпунтов из угловой стали длиной 2,5 м выше верхняков между замками (50 – 60 шпунтов на один шаг заходки, равный 1,5 м). Дополнительно, кроме затяжки, рамы крепи скреплялись между собой круглой периодической сталью диаметром 16 мм через 20 см по всему периметру крепления.

Тем не менее, 11.06.75 г ещё не до конца пройденный ствол был затоплен ливневым паводком, в результате чего часть горной массы обвалилась в ствол, а на земной поверхности образовались воронки провалов. Последствия были ликвидированы, а ствол в месте аварии перекреплён.



В процессе эксплуатации его неоднократно перекрепляли на отдельных участках. Об этом свидетельствует различный тип крепи, используемой в поддержании ствола. Так до глубины 20 м применена кирпичная кладка. В интервале 20 – 30 м – пятизвенная арочная крепь круглого сечения с набрызг-бетоном в 200 мм. На следующем интервале глубины 30 – 40 м использована металлическая арочная податливая крепь, и далее опять пошла кирпичная кладка.

Регулярное обводнение наносов паводковыми и шахтными сточными водами привело к тому, что весной-летом 2010 г. на глубине 35-40 м в месте перехода арочной крепи в кирпичную произошло очередное обрушение горной массы с образованием куполообразных вывалов в кровлю на 8 – 10 м. На земной поверхности появилось заметное оседание с размерами микромульды 25 × 50 м, по краям которой просматриваются трещины (рис. 6 – 8).

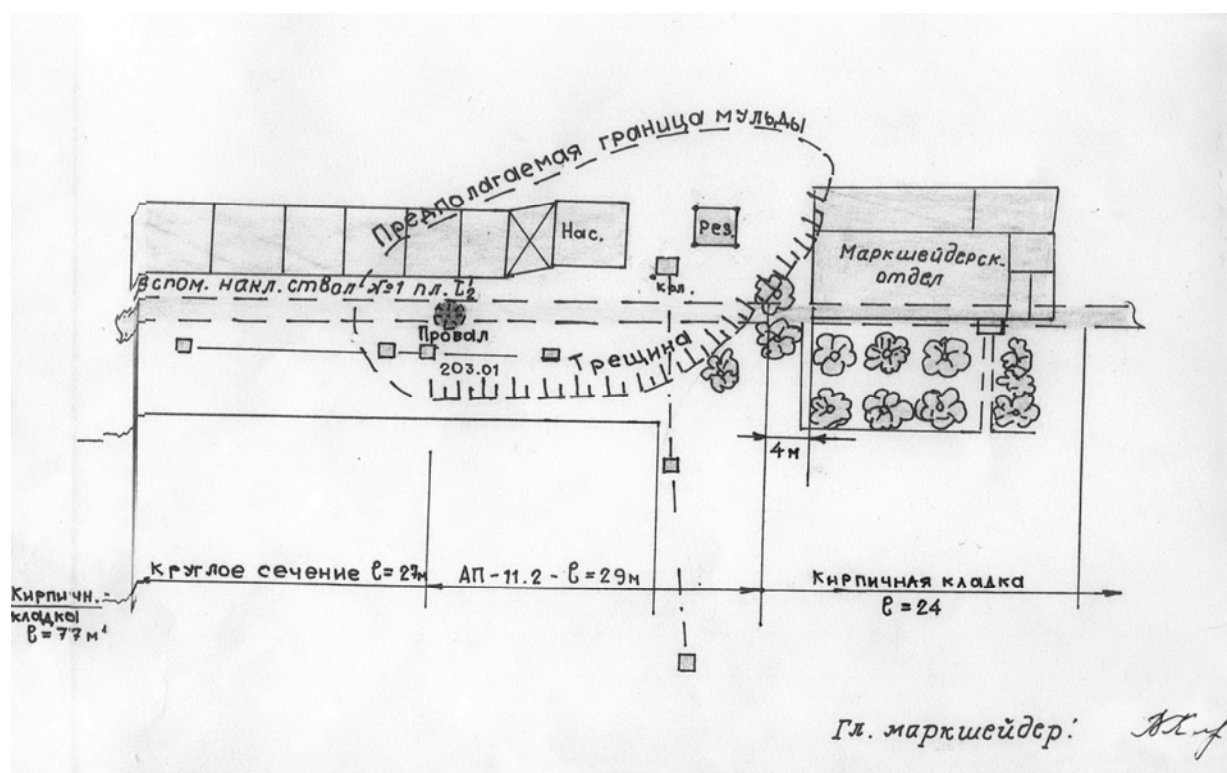


Рис. 6. План промплощадки шх. Кураховская ГП «Селидов-уголь»



Рис. 7. Место образования провала на промплощадке шахты



Рис. 8. Трещины по границе мульды оседания

В довершение ситуации к концу июня 2010 г. прямо по оси ствола образовался провал с первоначальными размерами  $3 \times 3$  м и глубиной 4 м.

Характерно, что в плане провал не совпадает с местом выноса материала в ствол. Учитывая высокую текучесть обводнённых пород, велика вероятность образования дополнительных провалов. Под угрозой такого комплексного нарушения оказались некоторые шахтные здания, склады, наземные и подземные коммуникации. Остро стал вопрос о ликвидации последствий и тампонаже ствола.

**Выводы.** Процесс провалообразования над наклонными стволами характеризуется следующими особенностями.

1. Образование провалов происходит на устьях стволов при разрушении их перемычек, а так же вдоль оси по падению при обрушении кровли выработок или сохранившихся в них пустот.

2. Размеры провала на поверхности зависят от размеров сохранившейся выработки (пустоты), мощности наносов и наличия условий для перепуска обрушенных пород по падению выработки.

3. Чем больше угол наклона ствола, тем выше вероятность образования провала на поверхности даже с больших глубин, т.к. при выносе обрушенного материала на нижележащие горизонты не срабатывает принцип «самоподбучивания» развивающегося в толще свода обрушенными породами, характерный для горизонтальных выработок.

4. Первоначальная форма провала – окружность, сопоставимая с размерами самой выработки. Впоследствии за счёт обрушения стенок воронки в наносах и коренных породах – эллипс, вытянутый вдоль оси ствола. На устьях это увеличение происходит по падению ствола. На остальных участках – как по падению, так и по восстанию.

5. Провоцирующими факторами являются гидрогеологический и техногенный. Наличие в толще слабых обводнённых пород, пльвунов, песков, повышенной трещиноватости, всевозможных видов тектонической нарушенности увеличивают вероятность провалообразований.



6. Провалы могут образовываться и над действующими наклонными стволами. Основная причина – выпуск обрушенных на крепь пород и оставление при креплении (перекреплении) пустот и куполообразных вывалов в закрепном пространстве.

7. При совместном воздействии нескольких факторов и сочетании ряда условий возможно проявление комплексного повреждения земной поверхности над наклонным стволом в виде трещин, микромульд и провалов одновременно.

### СПИСОК ССЫЛОК

1. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины / Ю. Н. Гавриленко, В. Н. Ермаков, Ю. Ф. Кренида, О. А. Улицкий, В. А. Дрибан – Донецк: Норд-Пресс – 2004. – 631 с.
2. Геомеханические основы предотвращения провалов земной поверхности при ликвидации шахт / Звягильский Е. Л., Минаев А. А., Назимко В. В. и др. – Донецк: ООО «НОРД Компьютер», 2001. – 334 с.
3. Mario G. Karfakis and Ertugrul Topuz. Post mining subsidence abatements in Wyoming abandoned coal mines // Mining Science and Technology. – 1991. – № 12. – P. 215 – 231.
4. Феофанов А. Н. Обоснование параметров учёта старых горных выработок на малой глубине для охраны поверхностных объектов: Автореф. дис... канд. техн. наук. – Донецк, 2003.
5. Гавриленко Ю. Н., Улицкий О. А., Шиптенко А. В. Об условиях образования провалов на земной поверхности над горизонтальными и наклонными выработками // Проявление горного давления: Сб. науч. тр. № 3. – Донецк. – 1999. – С. 110 – 115.
6. Дослідження стійкості структурно-неоднорідних масивів гірських порід: Звіт про НДР (пром.ж.)/ УкрНДМІ; Керівник Дрибан В. О. – 14/08; № ДР 0107U010339. – Донецьк, 2008. – 185 с.
7. Феофанов А. Н. Сейсмическая активность как провоцирующий фактор активизации процесса сдвижения // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. Випуск 5 (часть I). – Донецк, 2009. – С. 33 – 45.