

УДК 622.834:622.27

О ПАРАМЕТРАХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НАД ЗАБРОШЕННЫМИ ГОРНЫМИ ВЫРАБОТКАМИ

Феофанов А. Н.

(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Детально розглянуто види та параметри пошкоджень земної поверхні, що є наслідком активізації процесу зрушення породного масиву над занедбаними гірничими виробками (пустотами), які збереглися на виходах вугільних пластів.

Types and parameters of surface damage which is the result of growing activity of ground movement above the abandoned mine workings (cavities) preserved at coal seam outcrops are described in detail.

Постановка вопроса. Наличие в приповерхностной толще карбона (на малых глубинах) заброшенных горных выработок обуславливает вероятность её активизации и образование повреждений земной поверхности при воздействии определённых факторов.

Исследованиями [1-3] установлено, что по характерным признакам такие повреждения можно разделить на три вида: воронкообразные провалы, локальные оседания (микромульды) и трещины. Каждому типу заброшенных горных выработок (вскрывающие, подготовительные, очистные) присущи свои повреждения на земной поверхности. В природе известны как одиночные проявления того или иного вида, так и групповые, приводящие к комплексным повреждениям.

Обезображенные таким образом участки земной поверхности относят к разряду «нарушенных земель», потерявших эксплу-

атационную привлекательность и утративших хозяйственную ценность в результате производственной деятельности человека [4]. Понятно, что в условиях высокой урбанизации наличие этих участков существенно снижает рыночную стоимость земли, а их застройка весьма затруднена. Применение дорогостоящих конструктивных мер защиты проектируемых зданий и сооружений должно опираться на достоверную информацию о возможных повреждениях, особенностях их развития и параметрах. Накопленный опыт [5] в исследовании процесса активизации породной толщи над выработками старых шахт мелкого заложения позволяет сделать ряд выводов, имеющих практическую ценность при оценке подработанных участков и локализации возможных повреждений на них.

Исходные данные. Для решения поставленного вопроса использовался «Архив повреждений земной поверхности над старыми горными выработками в Донбассе», сформированный в отделе горного давления УкрНИМИ и, в частности, автором и включающий около 200 случаев. Применительно к теме статьи отобрано 130 случаев с детальной информацией о параметрах образовавшихся повреждений, их особенностях, типах старых горных выработок, условиях залегания, степени метаморфизма углей и влияющих факторах.

Результаты исследований.

Анализ зафиксированных на сегодняшний день повреждений в Донбассе по их видам показывает следующие пределы параметров.

1. П р о в а л ы . Минимальный размер на поверхности – 0,6 м. Максимальный – 40 м.

2. Л о к а л ь н ы е о с е д а н и я (м и к р о м у л ь д ы) . Минимальный размер – 2 м. Максимальный – более 40 м. Глубина оседания в мульде от 0,28 м до 1,5 м.

3. Т р е щ и н ы . Ширина 0,5 – 1,0 м. Длина 80 – 100 м.

Известно [3], что характер повреждений поверхности (вид, величина, форма, направление дальнейшего развития) прежде всего, зависит от типа выработки, над которой происходит сдвиг породы толщ. Поэтому при анализе параметров повреждений логично придерживаться принятого подхода.

Ниже приводится анализ параметров повреждений над основными типами заброшенных горных выработок: вертикальными, протяжёнными и очистными.

Вертикальные выработки (стволы, гезенки, скважины).

Плотность таких выработок в углепромышленных районах Донбасса велика. Они приурочены, как правило, к выходам угольных пластов, и участки земной поверхности, оказавшиеся в зоне их влияния, безусловно, попадают в разряд «нарушенных земель». На опасность старых шахтных стволов для земной поверхности неоднократно делается акцент в работах отечественных и зарубежных специалистов [6-9].

Характерной особенностью повреждений земной поверхности над старыми вертикальными вскрывающими выработками является то, что образовавшаяся на устье воронка не может увеличиваться бесконечно. В последствии за счёт постепенного выполаживания наносных отложений до угла естественного откоса она «разрастается» до предельных размеров и остается «привязанной» в плане к устью вскрывающей выработки.

Связи между размерами провалов на устьях с глубиной выработки не наблюдается. Прослеживается тенденция увеличения размеров провалов с уменьшением степени метаморфизма углепородной толщи, что обусловлено изменением мощности наносов, в которых собственно и развивается воронка провала с последующим увеличением своих первоначальных размеров за счёт выполаживания стенок (рис. 1).

Если в антрацитовых районах (А, ПА, Т) размеры провалов на поверхности колеблются от 1,0 м до 12 м, то в группе средней степени метаморфизма (Ж, К, ОС) доля провалов малых размеров уменьшается, и появляются провалы с размерами от 5 до 22 м. Ожидаемое увеличение размеров в группе низкой степени метаморфизма (Д, Г) прослеживается, но несколько не вписывается в трендовую связь, наметившуюся в предыдущих двух группах. Это связано с отсутствием таких данных по причине того, что так называемых «старых выработок» на малых глубинах в районах с низкой степенью метаморфизма практически мало. Мощные наносы (до 100 и более метров) и соответственно глубокое залегание угля обусловили несколько позднюю его добычу, а, следо-

вательно, применение прогрессивных материалов крепи вертикальных выработок, пройденных значительной частью в наносных отложениях.

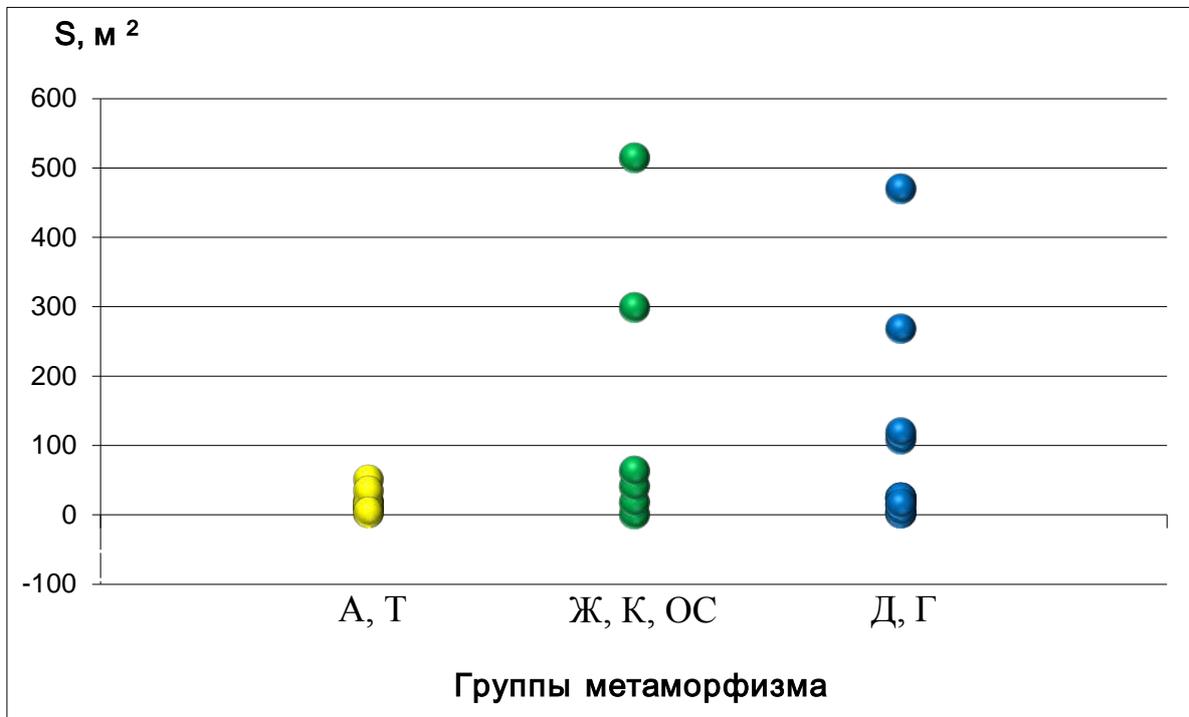


Рис. 1. Распределение площадей провалов на устьях старых вертикальных выработок при различной степени метаморфизма

Говорить о глубине провала, образовавшегося на устье вертикальной выработки, как о некой характерной величине, а тем более искать связь её с типом вертикальной выработки или степенью метаморфизма (диагенеза) некорректно по нескольким причинам. Во-первых, точное определение этого параметра не производится, а устанавливается визуально (приблизительно, «на глазок») и носит по большей части субъективный характер. Во-вторых, если такой «замер» выполнять, то возникает вопрос: а что в таком случае мы определяем. Исходя из вертикальности выработки, предполагается наличие пустоты по всей её длине, и, следовательно, обрушенный материал должен беспрепятственно переместиться до дна выработки. Однако нередки случаи, когда благодаря сохранившимся проводникам, расстрелам и иным конструктивным элементам обрушенный материал вместе с техноло-

гическим оборудованием (клетки, канаты, фрагменты копра, подъёмных машин и т.п.) временно зависают на некоторой глубине, создавая иллюзорность определённой глубины, как параметра образовавшегося провала.

Типичный пример – провал на устье действующего вертикального восточного вентиляционного ствола шахты Октябрьский рудник ГП «Донецкуголь» 09.10.2006 г. Первоначальный диаметр ствола 5 м, время проведения 1961 г., глубина ствола 1000 м. Размеры провала на поверхности 15 ÷ 18 м, зафиксированная глубина провала более 5 м (рис. 2).

Характерно, что бетонные куски и наносная глина обрушились на всю глубину ствола. Примыкающие на глубине 980 м околоствольные выработки на расстоянии до 100 м от ствола оказались заилены на 30 см. В устье провалился и застрял на глубине 5 м рудничный станок, из-за чего, собственно, и возник этот параметр провала.

При ликвидации вертикального ствола шахты № 30 ПО «Донецкуголь» (ствол был построен в 1872 г, глубина 335 м) в связи с неудовлетворительной организацией работ подаваемой в ствол породой было разрушена кирпичная крепь шейки ствола, в результате чего, образовавшейся воронкой обрушения диаметром около 30 м, было повреждено надшахтное здание (см. рис. 3). Мощность наносов около 35 м. Объём воронки составил 2260 м³. В воронку провалилось надшахтное здание вместе с пристройками и в полуразрушенном состоянии застряло на глубине около 10 м. В документах эта величина безосновательно зафиксирована, как глубина образовавшегося провала, хотя ствол был пуст на всю свою глубину.

Собственно по этим причинам ликвидация заброшенных вертикальных выработок путём засыпки должна проводиться при достаточной уверенности, что засыпочный материал заполнил выработку полностью, а не застрял на каком-нибудь горизонте, и впоследствии не станет причиной развития нового провала.



а) обрушение руд. станка



б) обрушение конструктивных элементов копра



в) завал копра в ствол

Рис. 2. Развитие провала на устье действующего вертикального восточного вентиляционного ствола шахты Октябрьский рудник ГП «Донецкуголь»

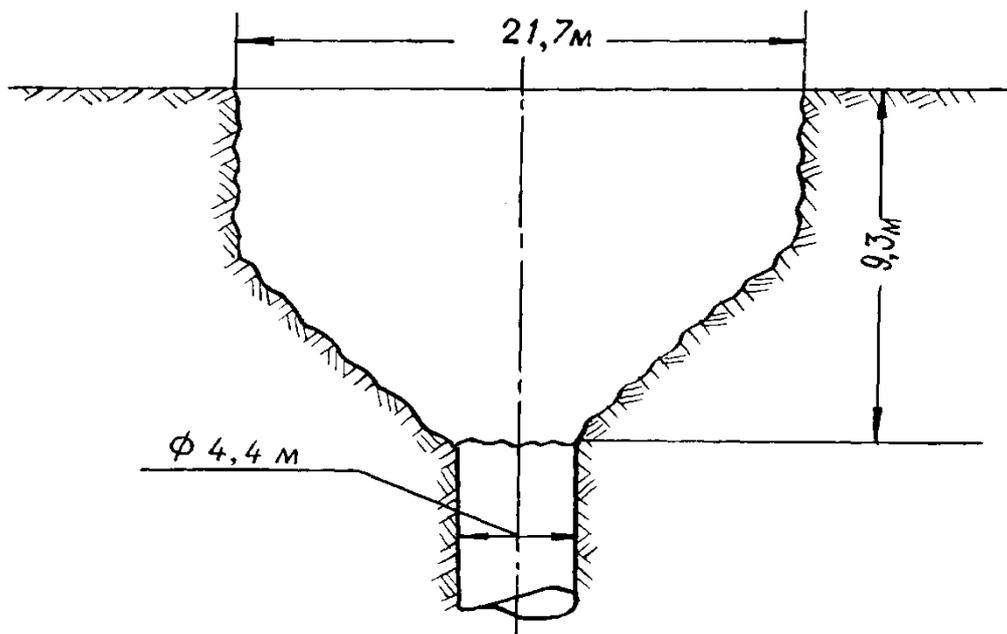
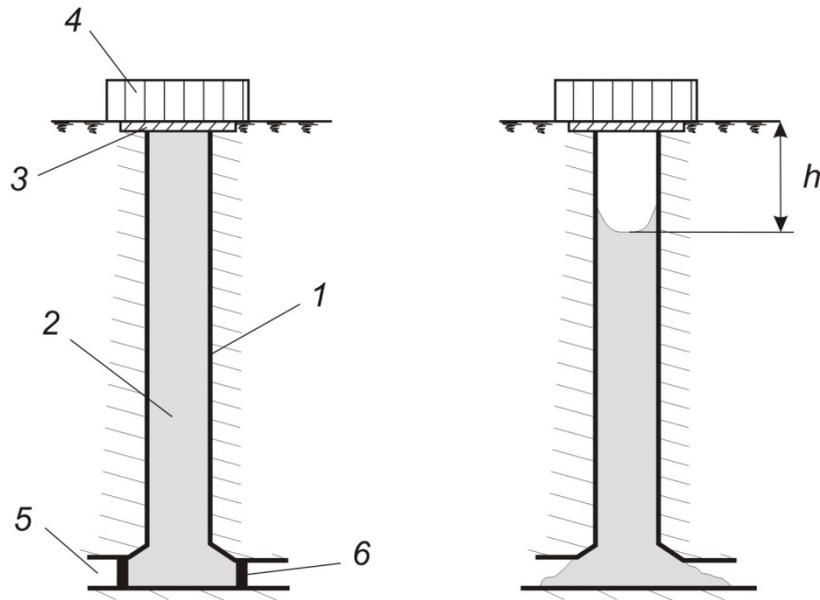


Рис. 3. Параметры воронки провала над вертикальным стволом отработанной шахты № 30 ПО «Донецкуголь»

Логично говорить о глубине провала, когда он образовался на устье ликвидированной вертикальной выработки спустя некоторое время, за счёт естественной усадки засыпчного материала или перемещения его в околоствольные выработки.

Например, при очередном обследовании ликвидированного вентиляционного ствола № 2 бывшей шахты им. Горького в 2008 г. было установлено, что засыпка просела от перекрывающей устье ж/б плиты на 8 м при диаметре ствола 4 м. Произведена досыпка в ствол дополнительного объёма породы в количестве 90 м^3 (рис. 4).

Опасность для земной поверхности могут представлять не только вертикальные вскрывающие выработки, но и вертикальные слепые выработки (слепые стволы, гезенки, скважины, вертикальные сбойки). Характерным примером может служить провал на поле шахты «Червона Зирка» ПО «Горезантрацит», образовавшийся в 1980 г. над устьем гезенка, расположенного на глубине 50 м (рис. 5). Первоначально провал представлял собой полость в виде стакана глубиной около 4 м и диаметром вверху 1 – 2 м. Гезенк имел сечение около $1,8 \text{ м}^2$, длину около 20 м и был пройден в 1922–26 гг.



1 – ствол, 2 – засыпка, 3 – плита перекрытия, 4 – ограждение, 5 – околоствольные выработки, 6 – перемычки.

Рис. 4. Образование провала глубиной h на устье ликвидированного ствола



Рис. 5. Провал поверхности над гезенком шахты «Червона Зирка» ПО «Торезантрацит»

Форма провала, а также полное совпадение в плане места провала и устья гезенка позволили предположить, что диаметр области обрушения незначительно отличается от диаметра гезенка. 50-ти метровая породная толща переместилась в 20-ти метровый гезенк, но за счёт разуплотнения обрушенного материала на земной поверхности образовался провал 4-х метровой глубины.

Таким образом, можно констатировать, что образование провалов над вертикальными выработками, имеющими выход на поверхность, происходит при разрушении полков и перемычек, что связано с неудовлетворительным погашением стволов и при потере несущей способности крепи. Размеры воронок обрушения зависят от размеров выработки в плане и мощности наносов. Для таких воронок характерно наличие вертикальных стенок в верхней части провала. Стенки провала в случаях разрушений крепи ствола не обязательно вертикальные, а могут быть воронко и чашеобразные.

Необходимо учитывать, что при воздействии провоцирующих и сопутствующих процессу провалообразования факторов [10] – в первую очередь гидрогеология и сейсмика – параметры образовавшихся на устьях вертикальных выработок провалов могут многократно превышать прогнозируемые (ожидаемые) размеры.

Например, согласно вышеприведенным данным в антрацитовых районах максимальные размеры провалов, как правило, не превышают 15 м (50 м^2). Однако, авария на шахте Западная - Капитальная в г. Новошахтинске Ростовской области является характерным примером такого отклонения [11]. 23 октября 2003 г. при воздействии сейсмического удара (детонация взрывчатки) на огромный водный пузырь (28 млн м^3), скопившийся в горных выработках из-за аварии на водоотливе, произошёл прорыв воды в месте главного скипового бетонированного ствола. 29 октября последствия такого техногенного воздействия сказались на поверхностном комплексе шахты: обрушилась часть обогатительной фабрики, прилегающей к корпусу скипового ствола, по которому из шахты поднимают уголь. Вслед за этим рухнул копер. А 31.10.2003 г. вокруг скипового ствола появились трещины. Они дошли до обогатительной фабрики, расположенной неподалеку.

В результате образовалась воронка диаметром почти 40 м. В нее рухнула часть наземных сооружений и "КамАЗ", подвозивший бетонные блоки для засыпки ствола шахты "Западная".

И такие «всплески» зафиксированы во всех горно-промышленных районах Донбасса.

Протяжённые выработки (штреки, наклонные стволы, сбойки, бремсберги и т.п.).

Стоит сразу оговориться, что для заброшенных шахт, добывавших уголь на малых глубинах примитивным «дедовским» способом, такое детальное разделение выработок по общепринятым функциональным назначениям весьма и весьма условно. Тем не менее, как показывает практика (рис. 6), около половины всех повреждений земной поверхности приходится на протяжённые (линейно-вытянутые) старые выработки.

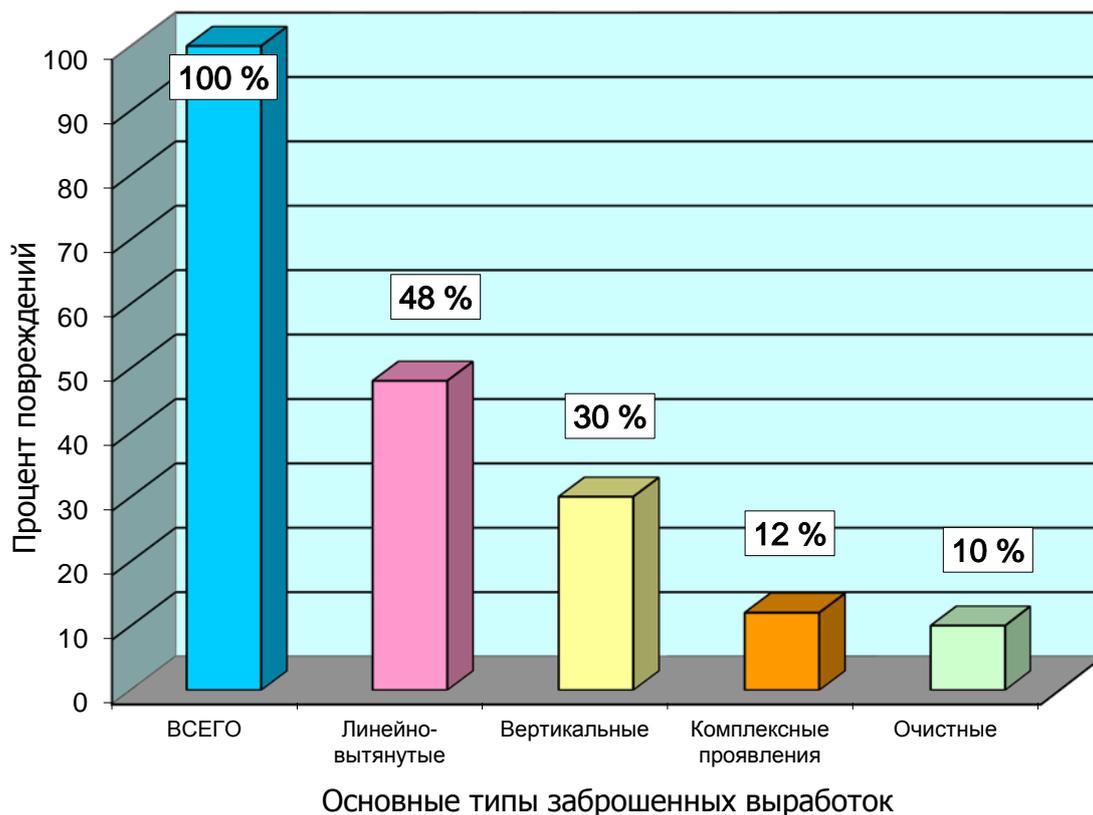


Рис. 6. Распределение повреждений земной поверхности над различными типами заброшенных горных выработок

Учитывая их большую разветвлённость и сложность обнаружения, следует признать, что они являются наиболее потенциально опасными для земной поверхности. Основная причина – сохранившиеся пустоты. Например, сечения старых подготовительных выработок достигали 6-8 м², а сохранившаяся крепь, повсеместное применение ленточных целиков для охраны выработок, небольшая глубина и, как следствие, малое горное давление явились теми факторами, что способствовали сохранению первоначальных размеров выработок на долгие десятки, а то и сотни лет. И если обрушение с глубоких горизонтов вызывает образование провалов округлых форм, то с мелких горизонтов провалы над штреками напоминают канавы, вытянутые по простиранию пласта (ш/у им. О. Кошевого).

Отличительной особенностью старой наклонной выработки (ствола) является то, что возможно образование провалов не только на устье, но и вдоль оси выработки по падению [12]. Даже если устье выработки перекреплено и хорошо затампонировано, но есть условия для перепуска обрушенных пород вглубь выработки, не исключается возможность образования таких провалов.

Особенно значительные по размерам обрушения образуются в местах пересечения двух или нескольких сохранившихся заброшенных выработок в условиях, способствующих перепуску пород в свободное пространство. Это наиболее важный и сложный вопрос идентификации фактического состояния старых выработок. Т.к. при наличии условий для перепуска обрушенных пород на нижележащие горизонты процесс разрастания образовавшейся на земной поверхности воронки может происходить долго, а глубина провала, совпадающая с глубиной залегания выработки (пустоты), не будет являться тем характерным параметром, по которому можно разрабатывать ликвидационные мероприятия, как это предлагается в работе [13].

Безусловно, размеры (площадь) провала на поверхности в первую очередь определяется как мощностью четвертичных отложений, так и прочностными свойствами породного массива, которые можно охарактеризовать степенью метаморфизма. Такая тенденция прослеживается при оценке 60-ти площадей провалов в различных углепромышленных районах Донбасса (рис. 7). Если

в антрацитовых районах площадь провала не превышает 40 м^2 ($5 \text{ м} \times 8 \text{ м}$), то при средней степени метаморфизма число больших площадных провалов увеличивается и достигает 50 м^2 , а в районах низкой степени метаморфизма (угли марок Д, Г) площади большинства провалов доходят до 100 м^2 при максимально зафиксированном в 254 м^2 ($18 \times 18 \text{ м}$).

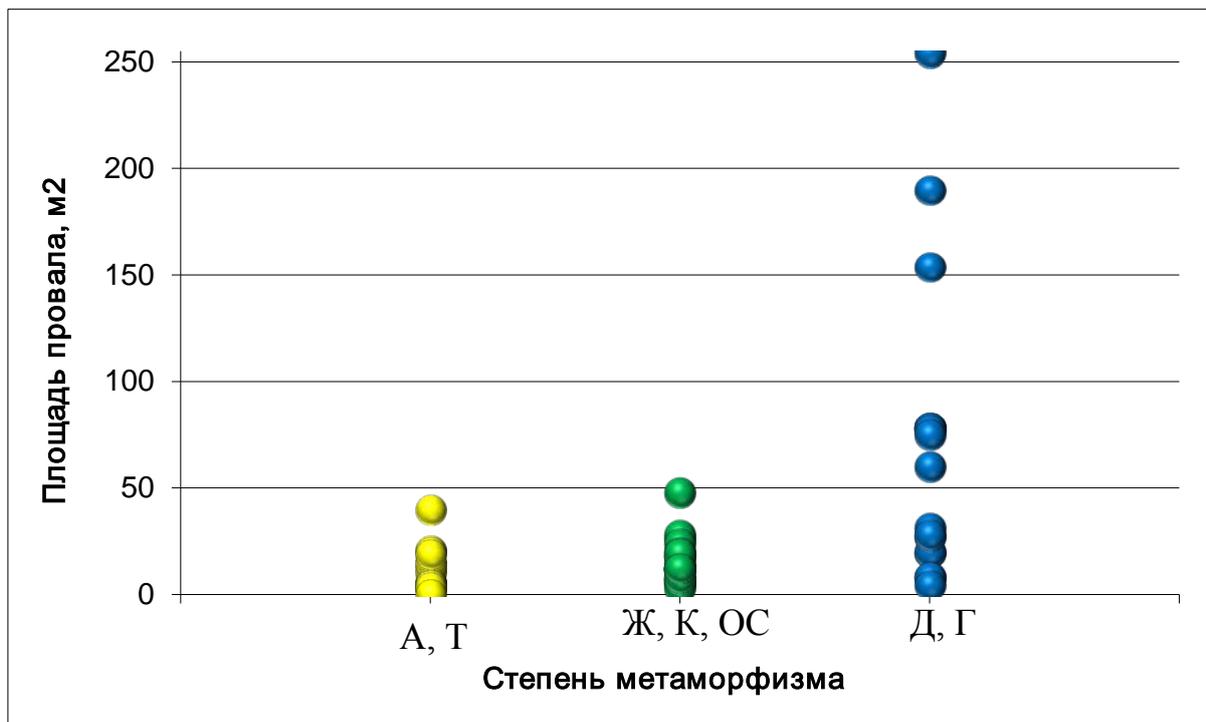


Рис. 7. Распределение площадей провалов над горизонтальными протяжёнными выработками старых шахт при различной степени метаморфизма

Отдельно нужно сказать о группе провалов, образовавшихся над протяжёнными наклонными выработками, в которой не удалось выявить связь между площадью провала и степенью метаморфизма по нескольким причинам. Во-первых, из-за неравномерности исходных данных. Во-вторых, как уже отмечалось выше, провалы над такими выработками могут образовываться не только по оси выработки, но и на устье, если такая наклонная выработка имеет выход на земную поверхность. А это отличительные процессы (подробно см. [12]). В-третьих, в районах низкой степени метаморфизма (марки углей Д), из-за больших до 100 м

наносных отложений (ГП «Павлоградуголь») вскрытие шахтных полей производилось вертикальными стволами.

Поэтому в таких случаях фиксируются лишь минимальные параметры провалов на поверхности в 3 м^2 ($2 \times 2 \text{ м}$), приуроченные в основном к устьям старых наклонных стволов, и максимальные в 195 м^2 ($15 \times 13 \text{ м}$), развивающиеся по оси наклонной выработки в форме канав (эллипсообразные).

Стоит помнить, что особая роль в формировании провала и его параметров на поверхности принадлежит сопутствующим факторам (физико-механические свойства пород, угол падения, трещиноватость, разрывная и пликативная тектоника, фильтрационные свойства, наличие песков и плывунов, и т.п.). Благодаря им, образовавшийся вначале провал площадью в несколько квадратных метров может развиваться в повреждение существенных размеров. На шахте Острая № 2 ПО «Селидовуголь» (уголь марки Г) при отработке пласта l_7 на глубине 160 м (!) штреком была встречена небольшая флексурная складка, в результате чего произошло небольшое обрушение кровли угольного пласта на высоту 2 м. Из этой зоны начала поступать вода с выносом значительного количества песка из слабосцементированного песчаника мощностью 65 м, залегающего в 15 м выше пласта. Содержание песка в воде составило 20-23 % и за время аварии в выработках скопилось около 25 тыс. м^3 песка.

Через месяц на поверхности образовалась воронка диаметром 28 м (615 м^2). При рассмотрении геологических материалов по буровым скважинам (буровых журналов) было установлено, что при перебурировании залегающего в подработанной толще 65-ти метрового песчаника было поднято всего 8-10 м керна (16 %), а остальной керн был размыв в процессе бурения. Эти данные характеризуют песчаник как крайне неустойчивый, слабосцементированный, способный к разрушению водой.

Очистные выработки (лавы, камеры, заходки, копи и т.п.).

Для этой группы выработок характерно проявление на земной поверхности всех видов повреждений, перечисленных выше. И обуславливается это, прежде всего, размерами старой очистной выработки.

Если это лава в современном представлении с большой или средней площадью обнажения выработанного пространства, то велика вероятность образования на земной поверхности мульд в общепринятом понимании. В настоящее время такие лавы с современными очистными комплексами запускаются частными шахтами с целью доработки угольных пластов у границы зоны окисления (зоны годного угля).

Например, шахта «Петровеньковская № 1» ООО «Горное предприятие «Антрацитуголь» наметила в 2012-13 гг. отработку 1-й восточной лавы сплошным способом по простиранию пласта h_4^B комбайном 1К101 с транспортированием угля по лаве при помощи скребкового конвейера СП-250.14. Способ управления кровлей – полное обрушение с использованием в качестве забойной крепи мехкомплекс 1КД-80. Длина лавы 110 м. Длина выемочного столба 1700 м. Глубина работ 40-70 м.

Параметры мульд на поверхности от таких лав, немногим отличающиеся от размеров самих лав, можно определить по [14]. При наличии в кровле крепких песчаников или мощных известняков возможно их временное зависание с последующим блочным обрушением и образованием на земной поверхности трещин и грабенообразных провалов по контуру очистной выработки (см. [11]).

С уменьшением размеров очистной выработки меняется и форма повреждения на поверхности. Велика вероятность развития микромульд (мульд малых размеров) и локальных оседаний, для которых характерна кратерообразная форма с чёткими границами и обрывистыми краями. Размеры на поверхности – от одного до нескольких десятков метров (рис. 8).

При камерной системе отработки, которая являлась типичной для угольной промышленности Донбасса конца 18-го – начала 20-го века [15], когда ширина камер, печей и просеков была не более 4 м, на земной поверхности образуются одиночные провалы округлой формы (1,5-3 м в диаметре), более характерные, как указывалось выше, для подготовительных выработок. Это и есть тот самый случай, когда очистные выработки, совпадая по своим параметрам с шириной протяжённых, при обрушении могут привести к образованию именно провалов. Впоследствии за счёт об-

рушения стенок воронки и наносов диаметр таких провалов может доходить до 6 м.

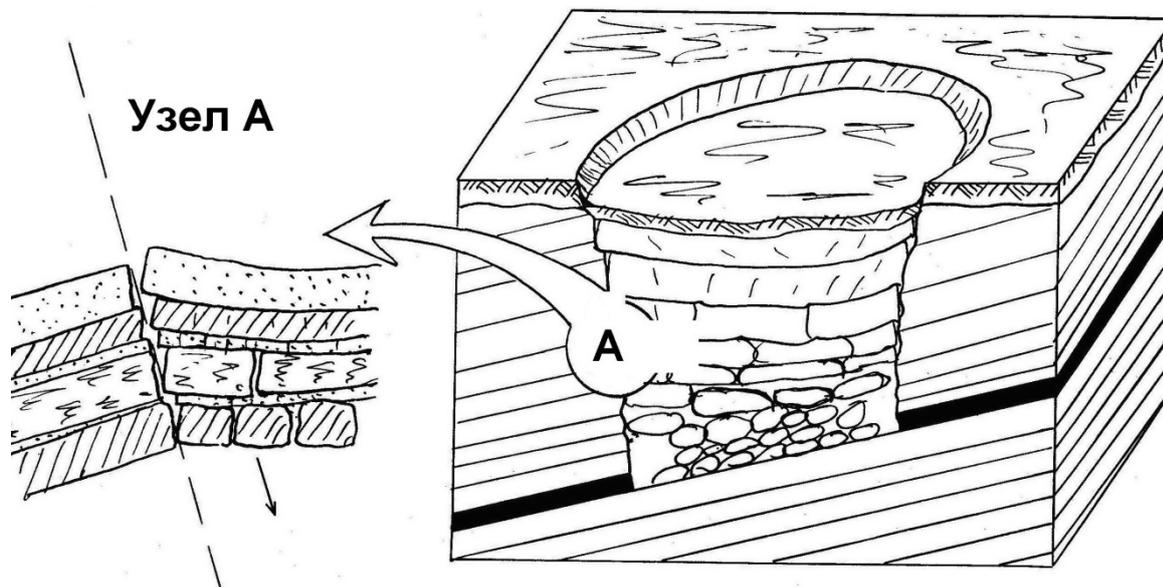


Рис. 8. Развитие микромудры над старой очистной выработкой

В настоящее время камерным способом – примитивным, но малозатратным – осуществляется выемка угля т.н. копанками в пределах между выходом пласта под наносы и границей годного угля. Т.е фактически отрабатывается уголь высокой зольности, оставленный в советское время в зоне выветривания.

Глубина проседания мудры (максимальное оседание) η_{\max} для очистных выработок не коррелирует с их размерами и может колебаться, как уже было сказано выше, в пределах от 30 см до 1,5 м. Анализ имеющихся данных показывает, что оседания грунта свыше метра произошли над старыми очистными выработками (камерами), сопряжёнными с протяжёнными выработками. Например, локальное оседание в виде стакана размером 3×5 м и глубиной 1,5 м, более тяготеющее к провалу, произошло на шахте № 173 ПО «Краснодонуголь» над сопряжением старой лавы и западной сбойки.

Это глубокое проседание, скорее всего, образовалось благодаря перемещению обрушенного материала по почве камеры в примыкающее пространство сбойки. В любом случае оседания

грунта над старими очистними вироботками, сохранившимися на малых глубинах, даже если это не провал, а мульда, представляют опасность для поверхностных сооружений, попадающих в зону их влияния. Даже при зафиксированном минимальном оседании в 28 см (наблюдательная станция № 172 шахты № 6 Капитальная ПО «Донецкуголь») измеренные максимальные деформации в мульде составили 4,0 мм/м.

При крутопадающем залегании пластов образование повреждений в виде мульд, микромульд или локальных оседаний не происходит в силу специфики горнопромышленных условий и самого механизма активизации процесса сдвижения в таких условиях [16]. Для этих районов характерно развитие провалов, «привязанных» в плане к линии выхода пласта под наносы. Параметры провалов, определяются мощностью наносов, а также размерами разрушившихся и сползающих по почве пласта барьерных целиков, что является основной причиной провалообразования на крутом падении. Если это был небольшой одиночный целик, то провал на поверхности приблизительно округлой формы (рис. 9 а). Размеры его в пределах 1,5-6 м. Если в движение пришёл большой целик или несколько соседних, то провал на поверхности приобретает форму канавы, вытянутой по линии пласта на 10-15 м (рис. 9 б).

Выводы.

1. Форма и параметры повреждений земной поверхности над заброшенными старыми вироботками определяются типом вироботки, её размерами, условиями залегания, мощностью наносов.

2. Провалы круглой и эллипсообразной формы образуются на устьях вертикальных вскрывающих (стволы, скважины) и слепых вироботок (гезенки), над локальными пустотами, протяженными горизонтальными и наклонными вироботками, над малыми очистными вироботками (камерами), совместимыми по размерам с шириной протяжённой вироботки.



а) $4,5 \times 4,0$ м

Линия пласта
под наносами



б) $3,5 \times 10$ м

Рис. 9. Провалы на горном отводе ш. № 4 «Александровская». Выход пласта h_{10} «Бабаковский» 2009 г.

3. Мульды и микромульды (локальные оседания) поверхности являются следствием процесса сдвижения породной толщи над очистными выработками (лавами, камерами) больших и средних размеров.

4. Трещины и грабенообразные провалы характерны для антрацитовых районов и образуются в местах разломов зависших крепких песчаников и мощных известняков кровли старых очистных выработок при их обрушении.

5. Существенной связи между размерами провала на устье вертикальной выработки со степенью метаморфизма не наблюдается. В первую очередь это зависит от диаметра самой выработки, мощности наносов и прочности материала крепи устья.

6. Над горизонтальными протяжёнными выработками с увеличением степени метаморфизма параметры повреждений на поверхности уменьшаются. Данной закономерности не подчиняются протяжённые наклонные выработки и стволы.

7. Такой параметр, как глубина провала носит декларативный характер и не может быть использован для определения количества засыпочногo (тампонажного) материала при его ликвидации. Наличие условий для перепуска обрушенного на почву выработки (пустоты) материала на нижележащие горизонты способствует увеличению параметров провала на поверхности и осложняет его окончательную ликвидацию.

8. Локальные проседания почвы при образовании мульд (микромульд) невелики и не опасны для людей и животных, но поверхностные сооружения в зоне их влияния могут испытывать существенные деформации вплоть до разрушений.

9. При крутом и круто-наклонном залегании угольных пластов основной вид повреждений земной поверхности – провалы, приуроченные к линии выхода пласта под наносы. Их размеры определяются в первую очередь размерами обрушенного по падению целика и мощностью наносов.

10. При прогнозе формы и параметра возможного повреждения земной поверхности над старыми горными выработками (пустотами) кроме горнотехнических и горно-геологических условий залегания породной толщи необходимо учитывать воздействие провоцирующих и сопутствующих факторов.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Медянцев С. А. Оценка влияния на земную поверхность старых горных выработок угольных шахт // Уголь Украины. — 1981. — № 12. — С. 15—16.
2. Медянцев С. А. Сдвигение земной поверхности над выработками старых шахт в Донбассе // Уголь Украины. — 1983. — № 7. — С. 20—22.
3. Феофанов А. Н. Обоснование параметров учёта старых горных выработок на малой глубине для охраны поверхностных объектов : Автореф. дис... канд. техн. наук. — Донецк, 2003.
4. Уоллворк К. Нарушенные земли: пер. с англ. — М. : Прогресс, 1979. — 325 с.
5. Дослідження стійкості структурно-неоднородних масивів гірських порід : звіт про НДР (проміж.) [текст] / УкрНДМІ; кер. В. О. Дрибан. — 14/08, ДР0107U010339. — Донецьк, 2008. — 185 с.
6. 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.
7. Геомеханические основы предотвращения провалов земной поверхности при ликвидации шахт / Звягильский Е. Л., Минаев А. А., Назимко В. В., Александров С. Н., Пенг С. С. — Донецк : ООО «НОРД Компьютер», 2001. — 334 с.
8. Littlejohn G.S. Surface stability in areas underlying by old coal workings // Ground Eng. — March 1979. — № 2. — P. 22—30.
9. Mario G. Karfakis and Ertugrul Topuz. Post mining subsidence abatements in Wyoming abandoned coal mines // Mining Science and Technology. — 1991. — № 12. — P. 215—231.
10. Феофанов А. Н. Переоценка влияния факторов на процесс активизации провалообразований // Наукові праці УкрНДМІ НАН України : зб. наук. пр. Донецьк, 2009. — № 5. — С. 18—32.
11. Феофанов А. Н. Сейсмическая активность как провоцирующий фактор активизации процесса сдвигения // Наукові праці УкрНДМІ НАН України : зб. наук. пр. Донецьк, 2009. — № 5. — С. 33—45.

12. Дрибан В. А., Феофанов А. Н., Голдин С. В. Особенности развития провалообразований над наклонными стволами // Наукові праці УкрНДМІ НАН України : зб. наук. пр. Донецьк, 2010. — № 7 — С. 14—27.
13. Должиков П. Н., Корсаков Д. В. Исследования процесса ликвидации провала земной поверхности над горной выработкой // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета № 34. — Алчевск, 2011. — С. 14—20.
14. Гавриленко Ю. Н., Ермаков В. Н., Феофанов А. Н. Максимальные деформации земной поверхности над очистными выработками на малых глубинах // Проблеми гірського тиску : Зб. наук. пр. № 7. — Донецьк, 2001. — С. 137—150.
15. История технического развития угольной промышленности Донбасса / АН УССР. — К. : Наукова думка, 1969. — 650 с.
16. Питаленко Е. И., Ермаков В. Н., Феофанов А. Н. Особенности развития повреждений земной поверхности при крутом залегании пластов // Наукові праці УкрНДМІ НАН України : зб. наук. пр. Донецьк, 2007. — № 1. — С. 146—157.