

УДК 622.838

СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КАК ПРОВОЦИРУЮЩИЙ ФАКТОР АКТИВИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ

Феофанов А. Н.

(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

На підставі детального аналізу наявних випадків пошкоджень земної поверхні виділено й обґрунтовано випадки природного і техногенного сейсмічного впливу на породний масив. Встановлено тісний взаємозв'язок між проявами сейсмічного фактора й іншими, в першу чергу гідрогеологічним фактором, із посиленням активізації процесу зрушення породного масиву над старими гірничими виробками. Зазначено причини виникнення сучасних техногенних сейсмічних проявів.

Based on the detailed analysis of existent cases of surface damage cases of natural and technogenic seismic impact on rock mass are identified and substantiated. A close correlation of manifestations of seismic and other factors, first of all of hydro-geologic factor, with the increase in activation of rock mass movement above abandoned workings, is determined. Reasons for occurrence of present technogenic seismic events are shown.

В работах отечественных специалистов [1-3] отмечалось, что одним из провоцирующих факторов, влияющих на процессы активизации сдвижения породной толщи над заброшенными (старыми) горными выработками является регулярное сейсмическое воздействие на породный массив. Оно может проявляться в виде вибрационных воздействий турбин и механизмов, расположенных как на земной поверхности, так и в горных выработках, проведения взрывных работ и естественной сейсмической активности, характерной для данного горнопромышленного района.

Очевидно, что такие сейсмические воздействия приводят к обрушению расслоившихся выветренных пород кровли выработок (пустот), сохранившихся на малых глубинах в приповерхностной зоне карбона с последующим их обрушением и повреждением земной поверхности.

Влияющая роль этого провоцирующего фактора остаётся малоизученной по ряду причин. Во-первых, наш край сейсмической службой Украины официально считается не сейсмически активной зоной. Поэтому отсутствуют датчики, которые могли бы фиксировать частоту и интенсивность сейсмического проявления. Во-вторых, вибрационные воздействия от турбин, механизмов и сотрясательные в виде буровзрывных работ, проводимых в массиве, не оказывали существенного воздействия на приповерхностную зону, т.к. интенсивная добыча угля до конца 80-х – начала 90-х годов прошлого столетия проводилась на больших глубинах. На поверхности старались избегать застройки участков, подработанных старыми горными выработками, осваивая новые, не попадающие в зону возможной активизации.

В наше время, пытаясь уменьшить затраты и увеличить прибыльность, угледобытчики всё чаще обращаются к малым глубинам и к разработке принимаются барьерные и охранные целики, оставленные предыдущими поколениями. Увеличивающаяся рыночная стоимость земли вынуждает прибегать к застройке т.н. «нарушенных» земель [4] или потенциально опасных, с точки зрения возможного воздействия на них в будущем старых горных выработок. Таким образом, всё более очевидна актуальность детального изучения влияния на подработанный горный массив сейсмического фактора.

В настоящее время на основании предварительных исследований имеющихся данных можно утверждать, что по природе происхождения и интенсивности воздействия сейсмический фактор можно разделить на **естественное и техногенное сейсмическое воздействие**.

Естественное сейсмическое воздействие проявляется в виде регулярных подземных толчков, спровоцированных подземными землетрясениями в сейсмически активных районах, как Украины, так и других стран. Ежегодно в мире сейсмологи регист-

рируют примерно 500 тысяч землетрясений различной силы. Из них около 100 тысяч ощущаются людьми и около 1000 причиняют ущерб. На Украине последний раз фиксировали толчки 7 мая 2008 года. Эпицентр находился под дном Черного моря, недалеко от дельты Дуная, на глубине 40 километров. Обошлось без жертв и разрушений. Значительная территория нашей страны расположена вблизи Средиземно-Альпийско-Трансазийского сейсмогенного пояса планеты. Районы с прогнозированной интенсивностью сейсмического влияния 6-9 баллов (по общепринятой 12-ти бальной шкале) в Украине занимают приблизительно 20 % территории, на которой проживает более 10 миллионов человек. Наиболее опасными зонами считаются Закарпатская, Ивано-Франковская, Черновицкая, Тернопольская, Львовская, Кировоградская, Винницкая, Одесская области, Крым и лишь некоторые районы Донбасса.

В Украине действуют 36 сейсмологических станций, и ни одной на Донбассе. Однако процессы, происходящие в последнее время на Донецком кряже, заставляют задумываться о пересмотре статуса не сейсмически активного. Из-за отсутствия соответствующего оборудования, которое позволяло бы проводить мониторинг сейсмической ситуации, происходящее анализируют только при помощи опроса населения, сопоставив свидетельства очевидцев с данными специальной таблицы. Согласно разработанной 12-ти бальной шкале, интенсивность (количество баллов) подземных толчков оценивают следующим образом: 1 балл - незаметное, толчки ощущаются почти незаметно, их можно зафиксировать только специальными приборами. 2 балла - очень слабое, фиксируется приборами. Толчки ощущают только отдельные люди, которые пребывают в состоянии покоя и находятся на верхних этажах построек. 3 балла - слабое, расшатываются висячие предметы, открытые двери. Толчки ощущает только небольшая часть населения. И т.д. до 12 – го балла шкалы.

Естественные сейсмические колебания земной поверхности были редкостью для Донбасса. Самое мощное землетрясение, равное по силе индонезийским, произошло в Константиновке в 1940 году. Сейчас эти проявления участились. В частности, только в Ровеньках Луганской области в течение последних несколь-

ко лет колебания наблюдались неоднократно. Весной 2004 года очередное землетрясение в Ровеньках было «оценено» в 3 балла по шкале Рихтера, почва колебалась в течение пяти минут, обошлось без жертв и разрушений. По утверждениям геофизиков причиной землетрясения в 2004-м году стало увеличение сейсмической активности на границе Африканской и Евразийской тектонических плит. В 2006 году снова проявились подобные случаи в Ровеньках и поселке Новоайдар. Здесь интенсивность землетрясения доходила до 6 баллов по шкале Рихтера, что было зафиксировано сейсмостанциями в Крыму.

Техногенные сейсмические воздействия являются в первую очередь следствием производственной деятельности человека. Это, прежде всего, буровзрывные работы, проводимые при подземной добыче угля или на поверхности в карьерах при производстве сыпучих строительных материалов. Это - сотрясения земной поверхности при работе механизмов, типа сваеабивных, прессов, молотов, турбин или при интенсивном движении автотранспорта. Интенсивность и продолжительность техногенных сейсмических воздействий различна и колеблется в широком диапазоне от мощных одиночных, как при проведении взрывных работ, так и маломощных, но продолжительных, например, при работе механизмов. Регулярные или периодические сотрясения приводят к обрушению породного массива в старых выработках, сохранившихся на верхних горизонтах. Как следствие, земная поверхность получает всевозможные одиночные или комплексные повреждения в виде провалов, уступов, трещин, локальных оседаний и т.д. Ниже приведено несколько характерных примеров техногенного сейсмического воздействия, вызвавшего активизацию процесса сдвижения.

В 1937 г. на Никитовском ртутном комбинате (Донецкая обл.) на дороге с интенсивным движением грузового транспорта произошло обрушение рудоносных песчаников на глубине 30-40 м с образованием обширной воронки размерами 15 x 25 м.

В 1936 г. на поле шх. Кременная – Восточная ПО «Лисичанскуголь» отрабатывалась лава на глубине 46 м. В 1947 г. у террикона шахты в момент прохода поезда, который регулярно в течение многих лет курсировал по этому маршруту, возя уголь, лес и

крепёжные материалы, образовался провал на поверхности размером 15,5 x 5 м и глубиной 6 м. Провал образовался над штреком отработанной лавы.

Аналогичный случай на шах. № 105 ПО «Селидовуголь», где регулярные сотрясения на автодороге спровоцировали обрушения породы над штреком пл. l_2 с глубины 75 м и размерами 3 x 9 м. Воронка образовалась в момент проезда трактора, который в неё провалился.

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

В г. Донецке Ростовской обл. в 1980 г. произошёл провал пола прядильно-ниточной фабрики. В провал размером 3 x 4 м, который образовался прямо в цехе, провалилась колонна, подпирающая крышу. Установлено, что в движение пришли породы бремсберга на глубине 50-60 м от поверхности, пройденного в 1950 г. шахтой № 54.

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 самой дороге образовалось повреждение асфальтного полотна глубиной 0,2 м и диаметром 6 м. Не исключено, что дальнейшая эксплуатация дороги на данном участке могла бы привести к окончательному развитию провала на поверхности.

Характерно, что техногенные сейсмические воздействия могут проявить себя и спустя некоторое время, после проявления деятельности человека. Одна из причин – обрушение зависших мощных пластов песчаника и известняка по площади их обнажения спустя много лет после проведения очистных работ. Благода-

ря крепким песчаникам кровля пласта зависает над обнажённим пространством, практически сохраняя первоначальную его мощность. При определённых условиях перераспределение напряжённого состояния в массиве приводит к обрушению пород кровли на значительной площади. При этом глубина ведения горных работ не имеет значения (рис. 1). Такая картина характерна именно для антрацитовых районов Восточного Донбасса, где на давно отработанных полях можно часто встретить хорошо сохранившиеся очистные участки. Известно много случаев, когда действующими выработками вскрывались необрушенные очистные выработки старых шахт. На шах. им. Фрунзе ПО «Ростов-уголь» в 1970-80-х годах на глубине до 60 м часто встречались необрушенные старые очистные выработки, в том числе и 1900-1913 гг.

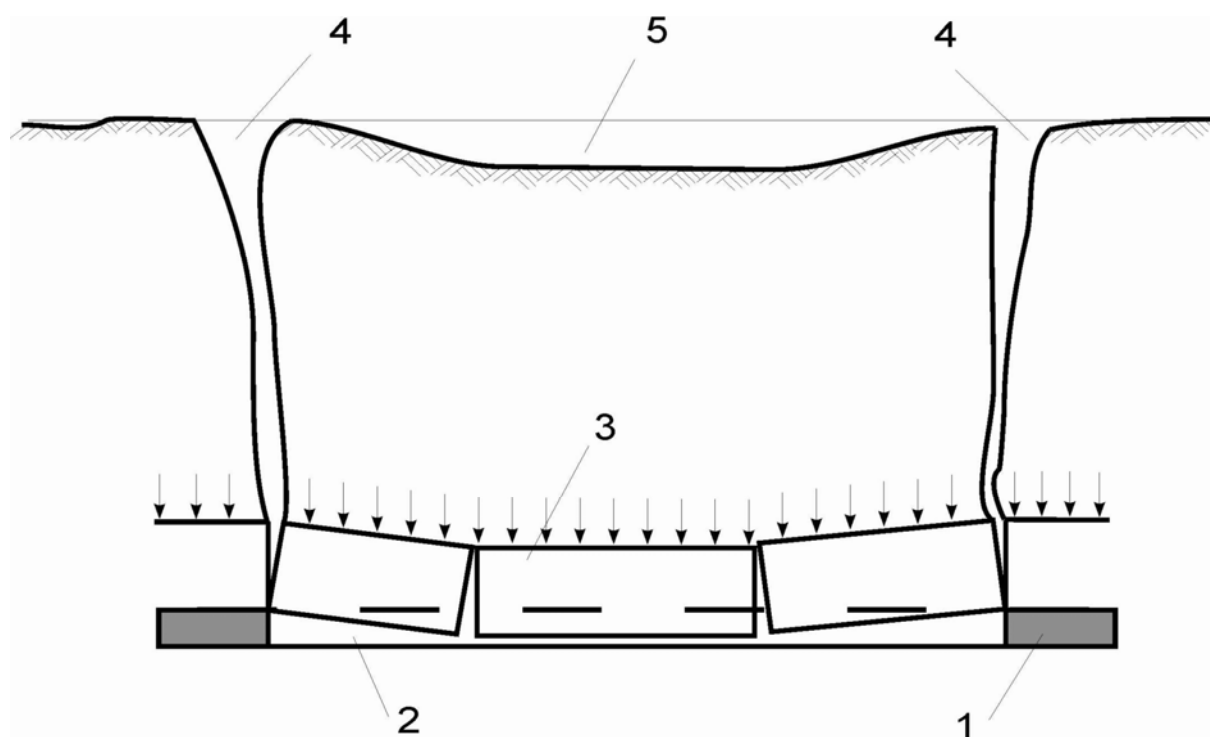


Рис. 1. Схема образования повреждений при внезапном обрушении зависших породных слоёв

1 – угольный пласт; 2 – очистная выработка; 3 – труднообрушаемый, зависший слой кровли; 4 – трещины на поверхности; 5 – зона повреждений (локальных оседаний и провалов)

Обрушению зависших слоёв могут способствовать и действующая подработка по нижележащим пластам, и доработка оставленных охранных и барьерных целиков вокруг выработок, как на больших, так и на малых глубинах. При этом происходит перераспределение горного давления и дополнительное разрушение породного массива. На земной поверхности наблюдаются колебания почвы, сопровождающиеся гулом и грохотом, с изменением и повреждением поверхностного ландшафта в виде трещин, разломов, провалов и локальных оседаний.

На участке максимальных растягивающих деформаций образуются глубокие трещины на всю мощность слоя с раскрытием в верхней части до 1 м. При увлажнении наносов происходит их вынос в образовавшиеся трещины с образованием на земной поверхности вытянутых грабенообразных провалов (рис. 2).



Рис. 2. Образование провала над трещинами в мощном слое известняка

Подобные явления зафиксированы в г. Торезе (рис. 3). Образовавшиеся трещины в мощных прочных слоях сохраняются в течение длительного времени. Подъем уровня подземных вод при затоплении шахт может спровоцировать вынос вышележающих слабосвязанных пород в трещины и образование провалов на поверхности. Кроме того, наличие таких трещин может

существенным образом изменить направление потоков подземных вод при затоплении шахт.



Рис. 3. Трещины в мощных крепких слоях песчаника в г. Торезе

В 2003 году в поселке Щетово, близ Антрацита, рухнула столовая местной школы. Оставшуюся часть здания пришлось укреплять металлическими стяжками и балками. Вначале причиной назвали некачественные стройматериалы и технологические нарушения во время строительства, но, в последствии установлено, что разрушение спровоцировали смещения в горных выработках, которые находятся в районе школы. Подобное происшествие произошло в Теплогорске летом 2004-го года, там обрушилась часть трехэтажного 24-квартирного жилого дома. Незадолго до этого дом признали аварийным и часть жильцов выселили, поэтому никто не пострадал.

В одном из свердловских поселков под землю стали уходить сразу 7 одноэтажных домов, два из них уже разрушились. А рядом образовался провал глубиной пятьдесят метров, на этом месте когда-то был вентиляционный ствол шахты, которую закрыли 70 лет назад. В выработках шахты нелегальные угледобытчики открыли «копанку». Они извлекают уголь из целиков, которые в

своё время специально оставили под землей, чтобы не допустить обвала.

Авария на шх. «Западная – Капитальная», построенной около 65 лет назад в г. Новошахтинске Ростовской области, является характерным примером техногенного сейсмического воздействия. В 1999 г. на шахте из-за аварии был закрыт Кошкинский водоотлив, через который должен был происходить отток подземных вод. В результате скопилось огромное количество воды, которая постоянно угрожала проводившимся ниже этого подземного озера добычным работам. В феврале 2003 г. произошел прорыв грунтовых вод. Никто не пострадал, людей в забоях не было.

К моменту второй аварии 23 октября 2003 г около 17.00 в четверг в шахте находился 71 человек. За час до самой аварии в 15 км от шахты было взорвано 8 тонн взрывчатки. Таким образом, на огромный объём подземных вод, скопившихся над действующими выработками, пришёлся сейсмический удар, от которого произошёл сдвиг почвы на 15 см. В шахту хлынула вода, скопившаяся в старых подземных выработках. Прорыв воды произошел на глубине 420-470 метров в месте, где ее главный скиповой бетонный ствол проходил рядом с крупным подземным озером. Объем воды в этом озере составлял около 28 млн. кубических метров. Пострадало 46 человек. На поиски погибших людей ушло более шести суток.

Последствия такого техногенного воздействия сказались и на поверхностном комплексе шахты. 29 октября обрушилась часть обогатительной фабрики, прилегающей к корпусу скипового ствола, по которому из шахты поднимают уголь. Вслед за этим в 21:57 по киевскому времени рухнул копер.

31.10.2003 г. очередная авария. Вокруг скипового ствола шахты появились трещины. Они дошли до обогатительной фабрики, расположенной неподалеку. В результате образовалась воронка диаметром почти сорок метров. В нее рухнула часть наземных сооружений. В образовавшуюся в результате размыва грунта воронку рухнул "КамАЗ", подвозивший бетонные блоки для засыпки ствола шахты "Западная".

Согласно "Результатам научных исследований по предотвращению и ликвидации отрицательных экологических послед-

ствий на горных отводах и прилегающих территориях закрываемых нерентабельных шахт и разрезов", опубликованным в 2002 г., на ряде полностью или частично затопленных шахтах Ростовской обл. продолжают оседания поверхности с тектоническими явлениями в виде подземных толчков.

В Ровеньках 19 октября 2008 года около 19 часов жители квартала Шахтерский, РШСУ, микрорайона Киевского, улицы Шевченко почувствовали сильные подземные толчки. В районе улиц Новая и Лесная вздрагивания земной поверхности были довольно сильными, в стенах домов образовались трещины. С потолков сыпалась штукатурка, в окнах вибрировали стекла. Высказывались разные предположения, в том числе, что землетрясение могли спровоцировать взрывные работы на близлежащей шахте им. Космонавтов. Действующих выработок под жилыми массивами города и, особенно под пострадавшими территориями, нет. Однако в тех местах, где ощущались толчки, сохранились старые горные выработки, добычные работы в которых проводились двадцать лет назад.

Следует подчеркнуть, что чётко размежевать проявления естественного тектонического воздействия от техногенного практически невозможно. При оценке очередного проявления мнения специалистов расходятся.

4 ноября 2008 года в Ровеньках было землетрясение. В домах качались люстры, тряслась мебель, дребезжали стекла, трескались стены, люди в панике выбегали на улицу. Произошло это в микрорайоне Валентиновка. Сильные четыре толчка почвы продолжались около 5 минут с интервалами примерно в минуту. Никто из жителей не пострадал, ни одно здание не разрушилось, однако в некоторых жилых домах треснули стены. Для выявления причин землетрясения на место выезжала служба МЧС. Жалобы поступали с улиц Чапаева, Освобождения Донбасса и Тимирязева, расположенных компактно в одном микрорайоне. Специалисты тогда пытались определить степень сейсмической опасности с помощью анкетирования населения, оценивая ситуацию по вышеупомянутой шкале.

По этим двум случаям подземных толчков, случившихся в октябре и ноябре 2008 г. в Ровеньках, нет единого мнения – то ли

это был результат оседания почвы из-за старых выработок, то ли следствие деятельности одной из шахт ГП «Ровенькиантрацит», где велись взрывные работы под землей. Не исключается версия и о повышении естественной сейсмической активности на этих территориях.

С интервалом в шесть дней случилось два эпизода в поселке Белая Лутугинского района. 5 декабря 2008 г. в 20.00 толчки ощутили все жители населенного пункта. В домах дрожали стекла, мебель, на столе подпрыгивала посуда, раскачивались люстры. Наиболее сильные содрогания земли ощущались на улицах Советской, Садовой, Ленина, Новосадовой. Люди покидали свои жилища и выбегали на улицу. По словам очевидцев в момент, когда происходили вибрации почвы, был слышен очень сильный грохот.

Наутро 6 декабря обнаружилось, что в зданиях местного детского сада и клуба треснули стены. 11 декабря в 21.00 толчки повторились. И снова на центральных улицах поселка. По предварительным оценкам последнее землетрясение в поселке Белая было не менее 5-6 баллов. Было принято решение привлечь специалистов-сейсмологов из Крыма, которые с помощью специального оборудования займутся выяснением сейсмической ситуации на территории поселка. Однако уже сейчас установлено, что на данном участке землетрясения различной силы происходят почти каждый день. Масштабы видны невооруженным глазом. Ровная до того поверхность асфальтированных дорог покрылась трещинами и горбами. В старых домах сотрясения почвы вызвали появление новых трещин. Разрушается старый детский садик. Приклеенные ранее «маячки» почти всюду разорвало – прямое доказательство движения потолков и стен. Одна из версий - на возникновение процессов, происходящих с поверхностью земли, могло оказать влияние подземное озеро, которое расположено как раз под поселком. Как информация к размышлению: порода берегов близлежащего Исааковского водохранилища, когда оно закладывалось, была горизонтальной. Сейчас она стоит почти вертикально, являясь следствием прошедших тектонических подвижек.

Зафіксовані випадки прояви сейсмічної активності на території Донбасу доповнили існуючий в відділі гірського тиску УкрНІМІ «Архів пошкоджень земної поверхні над старими гірними виробками», що дозволило, згідно останнім даним, провести переоцінку впливу факторів на розвиток пошкоджень земної поверхні над старими гірними виробками (рис. 4).

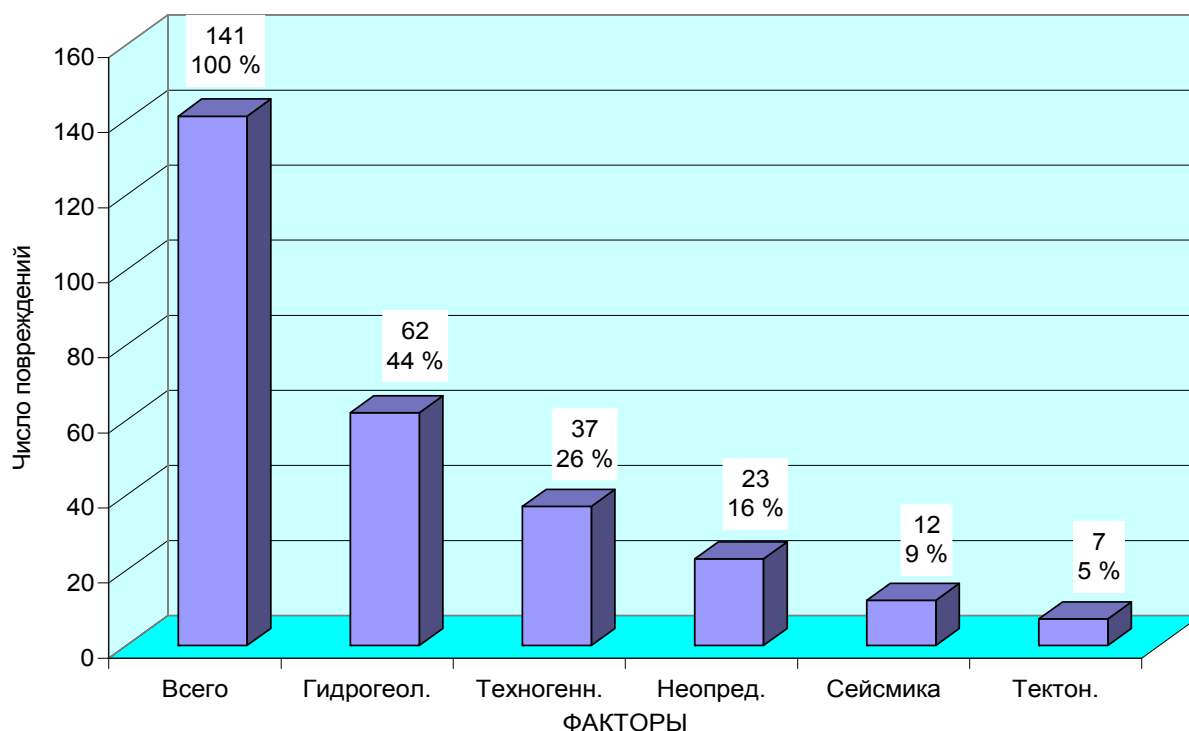


Рис. 4. Уточнённая диаграмма распределения повреждений земной поверхности по провоцирующим факторам

Выводы.

1. Сейсмическая активность породной толщи как фактор, провоцирующий процессы активизации старых горных выработок, несомненно, имеет место в Донбассе. По сравнению с другими факторами его проявления редки, а воздействия кратковременны. Однако масштабы повреждений одни из самых крупных.

2. Существует два вида проявлений сейсмического фактора: естественная сейсмическая активность и техногенная сейсмическая активность. Предсказать землетрясения, вызванные естественной сейсмической активностью практически невозможно.

Наша территория находится на так называемом украинском щите, и в связи с этим сокрушительных землетрясений здесь быть не должно. Техногенная сейсмическая активность напрямую связана с деятельностью человека и вполне может контролироваться, прогнозироваться и даже моделироваться.

3. Наблюдается тесная взаимосвязь между сейсмическим и другими факторами, способствующими активизации процесса сдвижения породной толщи над старыми горными выработками (пустотами) и их совместное проявление. В первую очередь с наиболее влияющим – гидрогеологическим фактором. Проявление одного из них может спровоцировать проявление другого и т.д. до образования повреждений на земной поверхности.

4. Перспективным направлением в данном вопросе является проведение сопоставительного анализа имеющихся случаев проявления сейсмической активности с горно-геологической и горнотехнической обстановкой в каждом конкретном случае. Как итог таких исследований – разработка методики оценки подработанных старыми горными выработками территорий Донбасса на предмет потенциальной опасности возможного техногенного сейсмического проявления.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Феофанов А. Н. Обоснование параметров учета старых горных выработок на малой глубине для охраны поверхностных объектов.: Дис...канд. техн. наук: 05.15.01- Д., 2003.–186 с.
2. Решение геоэкологических и социальных проблем при разработке и закрытии угольных шахт / В. Ф. Янукович, Н. Я. Азаров, А. Д. Алексеев, А. В. Анциферов, Е. И. Питаленко – Донецк: ООО «Алан» – 2002. – 480 с.
3. 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.
4. Уоллворк К. Нарушенные земли: Пер. с англ. - М.: Прогресс, 1979. – 325 с.