

УДК 622.83

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПО СТЕПЕНИ ИХ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЦЕЛЯХ**

**Зимич В. С.**

*(ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», г. Москва, Россия)*

**Иофис М. А., Гришин А. В.**

*(УРАН ИПКОН РАН, г. Москва, Россия)*

*Розглянуто актуальну проблему освоєння підроблених територій. Складена класифікація підроблених територій за ступенем їх придатності для подальшого використання в господарських цілях.*

*The actual problem of development of the underworked territories is considered. Classification underworked territory on degree of their suitability for the further use in the economic purposes is made.*

Бурный рост промышленности, наблюдавшийся в последнее столетие, сопровождался существенным увеличением освоения недр Земли. Это привело к тому, что значительные территории пригодные для проживания, оказались подработанными горными работами. Для обеспечения безопасного функционирования подрабатываемых объектов было законодательно закреплено геомеханическое обоснование возможности их подработки и дальнейшее их геомеханическое сопровождение.

Под геомеханическим обеспечением освоения земных недр понимается решение задач устойчивости подземных объектов и контроля за деформированием вмещающих их пород и земной поверхности, определение влияния подземных объектов на окружающую их природную среду и инженерные сооружения как в период строительства и эксплуатации объектов, так и в период их

реконструкции и особенно - ликвидации. Основной целью геомеханического обеспечения является предотвращение аварийных ситуаций при освоении недр, повышение безопасности и эффективности горных работ, обеспечение сохранности и нормальной эксплуатации зданий, сооружений и инженерных сетей, попадающих в зону их влияния, и охрана природной среды.

Подработка территорий в период строительства горных предприятий сопровождалась проблемой сохранности подрабатываемых объектов. В этот период были разработаны различные методы мониторинга и охраны, направленные на обеспечение сохранности подрабатываемых объектов [1-4].

За последние двадцать лет, проблема строительства зданий и сооружений на площадях залегания полезных ископаемых коренным образом изменилась. За этот период произошла массовая, не бывавшая ранее масштабов, ликвидация горнодобывающих предприятий, в связи с чем объемы строительства на ранее подработанных территориях стали превышать объемы строительства на территориях, подлежащих подработке. Проблема существенно усложняется тем, что после ликвидации горнодобывающего предприятия геомеханические и гидрогеологические процессы в толще пород и на земной поверхности продолжают, а возможности управлять этими процессами из-за отсутствия доступа к горным выработкам снижаются.

Рост антропогенной нагрузки на недра и земную поверхность создает серьезную угрозу возникновения крупных аварий. Первые признаки такой угрозы начинают проявляться в виде крупномасштабных разрушений жилых массивов. Так, в г. Осинники (Кузбасс) над горными работами шахты «Капитальная» на пологом склоне располагается крупный жилой массив. Никаких повреждений в этих зданиях в период работы шахты не наблюдалось. Через некоторое время после ликвидации шахты все здания вместе со склоном сползли вниз и получили сильные повреждения. Анализ этой аварии показал, что в период строительства зданий во время работы шахты, в ней велась интенсивная откачка воды, и ее уровень был значительно ниже потенциальной поверхности скольжения. После закрытия шахты и прекращения откачки воды ее уровень сильно поднялся и подтопил потенци-

альную поверхность скольжения, что в свою очередь привело к сползанию поверхности склона, на котором располагался поселок.

Особую обеспокоенность вызывает накопление в недрах Земли пустот, образующихся при добыче полезных ископаемых. Обрушение этих пустот проявляется крупными провалами на земной поверхности, вызывающими разрушение зданий и сооружений, попадающих в эти провалы. Несколько таких провалов образовалось, в частности, над старыми и современными горными работами на территории рудников, добывающих калийные соли на Урале. В провал, образовавшийся в 2006 году над горными выработками Первого Березниковского рудника, попали и полностью разрушились некоторые здания и сооружения города Березники, в том числе объекты электроснабжения и линии железных дорог. Значительная территория была признана потенциально опасной по образованию на ней провалов, за счет чего десятки жилых домов были срочно расселены (рис. 1) и (рис. 2).



Рис. 1. Провал, образовавшийся над горными выработками в городе Березники Пермского края



Рис. 2. Провал, образовавшийся под действующей железной дорогой, расположенной над горными выработками в г. Березники Пермского края

Проблема безопасного функционирования зданий и сооружений на ранее подработанной территории существует не только у нас в стране, но и за рубежом. В румынском городе Муреш в зоне заброшенной соляной шахты образовался кратер, в который рухнула часть здания супермаркета. Многие близлежащие строения, в том числе жилые дома, сильно пострадали и находятся в аварийном состоянии. По мнению Румынских коллег, катастрофа произошла в результате давления накопившихся подземных вод. Общая площадь кратера составила около 1800 метров. Трещины появились и в помещениях местного спортивного зала, а также в финансовом управлении города (рис. 3).

Тяжелые последствия, вызванные перечисленными авариями, можно было избежать, если бы в зоне влияния горных выработок проводился геомеханический мониторинг, позволяющий своевременно выявлять признаки, предшествующие возникновению аварийных ситуаций.



Рис. 3. Обрушения земной поверхности в зоне влияния отработанной соленой шахты в Румынии

Так в районе произошедшего провала на Первом Березниковском руднике, регулярно проводились инструментальные маркшейдерско-геодезические наблюдения на земной поверхности, которые не зафиксировали признаков возникновения провала, поскольку деформирование породного массива, вызванное разрушением горных выработок, развивается снизу вверх по направлению к земной поверхности. Деформации земной поверхности являются следствием деформирования массива и в некоторых случаях могут существенно отставать во времени, особенно когда ближе к земной поверхности залегают более прочные породы. Такие породы играют роль так называемого «порода-моста». По достижению предельных деформаций породами этого «порода-моста», происходит внезапное их обрушение, в результате чего на земной поверхности образуется провал.

Для выявления на земной поверхности мест возможного образования провалов и эффективного их мониторинга, целесообразно указанные выше инструментальные наблюдения проводить совместно с геофизическими исследованиями. Например, применение гравиметрических или сейсмоакустических методов измерений массива позволяет выявлять места, где образовались разуплотнения горного массива. Далее в указанном районе закладывается комплексная наблюдательная станция, состоящая из системы реперов на земной поверхности, в зданиях и сооружениях

и глубинных реперов, размещаемых в скважинах пробуренных в местах возможного образования провала.

Существует несколько способов измерения величин сдвига горных пород с помощью глубинных реперов, отличающихся конструкцией реперов и способами фиксации их перемещения [5]. Наиболее себя зарекомендовал на практике магнитогерконовый способ измерения глубинных реперов, который реализуется путем установки в скважине через определенный интервал глубинных реперов – кольцевых магнитов и дальнейшей фиксации их месторасположения специальным датчиком, пропускаемым сквозь установленные репера.

Наблюдения, проводимые на указанной станции, позволяют дать количественную оценку геомеханическим процессам, оценить их динамику и при необходимости своевременно принять меры для управления этими процессами.

Из изложенного следует, что для своевременного выявления признаков, предшествующих возникновению аварийных ситуаций необходимо проводить полноценный геомеханический мониторинг, включающий в себя наблюдения за деформациями породного массива, земной поверхности и зданий и сооружений попадающих в зону влияния горных работ.

Мониторинг за сдвижением и деформациями толщи пород на недоступных для непосредственных наблюдений участках проводят с помощью глубинных реперов, заложенных в существующих или специально пройденных скважинах из горных выработок или с земной поверхности.

Очень важным моментом при реализации геомеханического мониторинга является проведения его по единой методике всеми организациями, занимающимися производством инструментальных измерений в зоне влияния горных работ. Только тогда данные, полученные в результате проведения таких наблюдений, будут пригодны для интерпретации, что, безусловно, позволит получить более достоверные сведения о параметрах геомеханических процессов вызванных антропогенным воздействием на недра Земли при их освоении. Из выше изложенного следует, что наиболее опасными проявлениями упомянутых процессов являются провалы на земной поверхности и ее подтопление. На осно-

вании исследований, проведенных УРАН ИПКОН РАН, составлена классификация (табл. 1) условий использования подработанных территорий, которая вошла в нормативный документ «Методическое руководство о порядке выделения провалоопасных зон...», согласованный с Ростехнадзором.

При составлении классификации в качестве основного классификационного признака принята высота зоны обрушения вышележащей толщи, определяемая из выражения:

$$M \leq \frac{30\sqrt{S}}{(1,05 + 0,2K_t^2)\sqrt{f}}, \quad (1)$$

где  $M$  - высота зоны обрушений вышележащей толщи над выработкой, м;  $S$  - сечение выработки в черне, м<sup>2</sup>;  
 $f$  - коэффициент крепости по проф. М.М. Протоdjяконову;  
 $K_t$  - коэффициент, учитывающий продолжительность нахождения выработки в массиве, который определяется с помощью выражения:

$$K_t = 50 / (50 + t), \quad (2)$$

где  $t$  - время существования выработки в толще, год.

Установлено, что различные подработанные территории по-разному могут быть использованы в хозяйственных целях.

На основании этого составлена классификация подработанных территорий по степени их пригодности для дальнейшего использования в хозяйственных целях. В качестве основного классификационного признака принята высота зоны обрушения вышележащей толщи, определяющая степень потенциальной опасности для объектов, располагаемых на подработанной территории.

Данная классификация направлена на повышение безопасности и эффективности освоения подработанных территорий за счет своевременного определения степени потенциальной опасности, в зависимости от характера подработки и планируемых условий использования подработанной территории.

Таблица 1

Классификация подработанных территорий по степени их пригодности для дальнейшего использования в хозяйственных целях

Класс	Характеристика	Вариант	Условия использования
Благоприятные	Территории, под которыми отсутствуют полости в толще пород	Территории, под которыми выработки заложены пустой породой	Использование территорий без ограничений
		Территории, под которыми полости ликвидированы искусственным путем и процесс сдвижения закончился	Использование территорий для нужд сельского хозяйства без ограничений, для других целей после проведения дополнительных изысканий
Относительно благоприятные	Территории, под которыми горные выработки расположены на глубине свыше 60м при крепости пород $10 < f < 14$	$H > M$	Использование территорий для сельского хозяйства и для строительства сооружений 3 и 4 разряда с применением профилактических мер защиты
Неблагоприятные	Территории, под которыми горные выработки расположены на глубинах от 30 до 60м при крепости пород $6 < f < 10$	$M30 < H < M60$	Использование территорий для нужд сельского хозяйства и для строительства сооружений 4 разряда, с применением строительных и специальных мер защиты
Угрожаемые	Территории, под которыми горные выработки расположены на глубинах менее 30м при крепости пород $2 < f < 6$	$H < M$	Строительство сооружений не допускается. Ограниченное использование территорий под лесопарковые зоны и для строительства подсобных помещений под контролем наблюдений.
Угрожающие	Участки территорий в зоне влияния выработок, имеющих выход на земную поверхность (стволы, шурфы и т.п.)	Засыпка выработок породой до уровня земной поверхности	Территории не подлежат использованию. Около стволов создается резерв породы для дополнительной подсыпки по мере просадки грунта.
Непригодные	Участки территорий в зоне влияния выработок, имеющих выход на земную поверхность (стволы, шурфы и т.п.)	Установка прочных полков в выработке и засыпка пространства между ними слабо просадочной породой	Территории не подлежат использованию. Вокруг устья ствола на расстоянии, определенном проектом, возводятся прочное ограждение, высотой не менее 2,5м и водоотливная канава, устанавливаются знаки опасной зоны.



## СПИСОК ССЫЛОК

1. Авершин С.Г. Сдвигение горных пород при подземных разработках – М.: Углетехиздат, 1947. – 244 с.
2. Иофис М.А. Медянцев А.Н. и др. О защите жилых зданий поселка Октябрьский г. Горловки от влияния выемки угля в крутопадающих пластах нескольких свит. Госстроя СССР. ДонпромстройНИИпроект. «Надшахтное строительство». Сборник научных трудов № 8, 1968, – 240 с.
3. Муллер Р.А. Влияние горных выработок на деформации земной поверхности – М.: Углетехиздат, 1958.
4. Навитный А.М., Иофис М.А., Айуруни А.Т. Опыт разработки угольных пластов под инженерными и природными объектами. – М.: ЦНИЭИуголь, 1987.
5. Инструкция по наблюдениям за сдвигениями горных пород, земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях. М.: Недра, 1987. – 96 с.