

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ
И СООРУЖЕНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ
В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ**

УДК 622.83

Михаил Абрамович Иофис

*Главный научный сотрудник Учреждения Российской академии наук
Институт проблем комплексного освоения недр РАН,
доктор технических наук, профессор*

Александр Викторович Гришин

*Старший научный сотрудник Учреждения Российской академии наук
Институт проблем комплексного освоения недр РАН,
кандидат технических наук*

Освоение недр Земли приводит к тому, что на земной поверхности появляются территории, попадающие в зону влияния горных работ. Такие территории имеют определенные ограничения по дальнейшему их использованию в хозяйственных целях. Эти ограничения связаны в основном с тем, что на этих территориях возможно образование деформаций, оказывающих негативное воздействие на подрабатываемые объекты. Для обеспечения безопасного функционирования подрабатываемых объектов были законодательно закреплено геомеханическое обоснование возможности их подработки и дальнейшее их геомеханическое сопровождение [1, 2].

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. Основными целями геомеханического обеспечения являются 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.

Особую обеспокоенность вызывает накопление в недрах Земли пустот, образующихся при их освоении. 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 и каменные соли на Урале. В провалы, образовавшиеся в 2006 году над горными выработками Первого Березниковского рудника, попали и полностью разрушились некоторые здания и сооружения города Березники, в том числе и действующие полотно железной дороги (рис. 1, 2).



Рис.1. Провал, образовавшийся над горными выработками первого калийного рудника в г. Березники Пермского края



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

Образование подобных провалов над горными выработками происходит 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. Общая площадь кратера составила около 1800 м. Трещины появились и в других, соседних зданиях (рис. 3).

Рост антропогенной нагрузки на недра и земную поверхность создает серьезную угрозу возникновения крупных аварий. Первые признаки такой угрозы начинают проявляться в виде разрушений зданий и сооружений, находящихся в зоне влияния горных работ [3].

Образование провалов на земной поверхности над ранее пройденными горными выработками является серьезной проблемой с точки зрения сохранности расположенных на этой поверхности зданий и сооружений. Существуют трудности прогнозирования мест и времени образования таких деформаций. Проведением только маркшейдерско-геодезических наблюдений на наблюдательных станциях, заложенных на земной поверхности и в конструктивных элементах зданий и сооружений, не всегда возможно своевременно выявить место образования провалов на земной поверхности, поскольку деформирование породного массива развивается снизу вверх по направлению к зем-



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

ной 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 [4].

Один из наиболее эффективных методов измерений глубинных реперов размещенных в скважине – магнито-герконовый метод измерений.

Указанный метод реализуется следующим образом: с земной поверхности в зоне возможного образования провала, выявленной геофизическими исследованиями, для количественной оценки развития деформаций горного массива пробуривают вертикальные наблюдательные скважины и закладывают в них глубинные реперы. Контроль осуществляется путем производства периодических измерений местоположения глубинных реперов, размещенных в наблюдаемой скважине при помощи магнито-герконового экстензометра.

Глубинный репер представляет собой кольцевой магнит, с внешней стороны которого закреплены пластины из пружинной стали, предназначенные для фиксации репера внутри скважины (рис. 4).

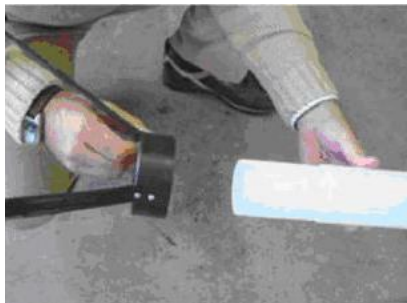


Рис. 4. Глубинный репер, предназначенный для размещения в скважине

В скважину помещаются реперы с определенным интервалом. Реперы размещаются с внешней стороны обсадной пластиковой трубы, это необходимо для того, чтобы была возможность беспрепятственного прохождения магнито-герконового датчика внутри скважины (рис.5).

Определения местоположения реперов производится путем проводки магнито-герконового датчика внутри оборудованной скважины.

Геркон представляет собой две пластинки из ферромагнитного материала, запаянные в стеклянный баллон. В магнитном поле достаточной напряженности пластинки геркона притягиваются друг к другу и замыкают контакт, при уменьшении напряженности магнитного поля они под действием упругих сил размыкаются, возвращаясь в исходное положение. Это свойство геркона и используется в датчике.

Измерения реперов производят следующим образом. Магнито-герконовый датчик опускают внутри скважины. В момент срабатывания датчика берутся отчеты по мерной ленте. Первый отчет берется при размыкании контакта (магнитное поле геркона попадает под возмущающее действие репера). Второй отчет берется при смыкании контакта (геркон вышел из зоны действия репера). Таким образом, определяется зона срабатывания. Величина зоны срабатывания датчика зависит от многих факторов (изменения настройки датчика, перекося репера в скважине и т.д.), и поэтому она может меняться, но положение середин зоны сохраняется неизменным. Поэтому местоположения реперов в скважине рекомендуется определять путем вычисления средних значений из четырех отчетов по мерной ленте, взятых в моменты отключения и включения датчика при его проводке в прямом и обратном направлениях.

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

Обозначенные проблемы сохранения и безопасной эксплуатации зданий и сооружений актуальны не только в горнодобывающих районах. Аналогичные задачи все чаще возникают в крупных городах при освое-

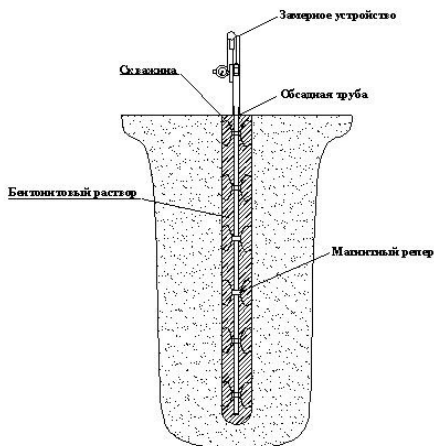


Рис. 5. Схема магнито-герконовой наблюдательной скважины

нии их подземного пространства. В последнее время наблюдается существенное увеличение работ по комплексному освоению недр крупных городов Мира. Ограниченная площадь занимаемой территории, высокая плотность застройки, а также наличие большого количества зданий, относящихся к памятникам истории и архитектуры, приводят к тому, что дальнейшее развитие города невозможно без перевода многих объектов городского хозяйства в подземное пространство.

Одной из важнейших задач при цивилизованном освоении недр мегаполиса является обеспечение безопасности как самого подземного объекта, так и зданий и сооружений, попадающих в зону влияния горных работ.

Здания и сооружения, попадающие в зону влияния строительства подземного сооружения, также будут испытывать определенные нагрузки и по достижению предельно допустимых значений деформаций могут разрушиться [5].

Особенно велики антропогенные опасности при строительстве и эксплуатации подземных сооружений в крупных городах, поскольку каждое сооружение представляет собой некоторую подземную плотину, создающую барражный эффект и существенно меняющую природные гидрогеологические условия. В тех случаях, когда эти условия осложнены руслами старых рек, пльвунами и другими подобными факторами, снижающими устойчивость массива, подземное сооружение при строительстве может разрушиться и вызвать образование на земной поверхности провала. Такая ситуация сложилась, в частности, при проходке коммуникационного тоннеля в центре Москвы. При пересечении тоннелем устья старой реки и расположенной в этом районе густой сети подземных коммуникаций произошел прорыв в тоннель водопородной массы, полностью залившей выработку длиной 400 м. На улице Большая Дмитровка образовался провал диаметром около 30 м и глубиной более 10 м. Антропогенной нагрузкой в данном случае была длительная эксплуатация канализационных, водопроводных и других трубопроводов, периодические аварии на которых сильно ослабили устойчивость грунтового массива (рис. 6).

Из вышеизложенного следует, что существенное влияние на сохранность зданий и сооружений, расположенных на подработанной территории, оказывает постоянно возрастающая антропогенная нагрузка.



Рис.6. Провал, образовавшийся на улице Большая Дмитровка, г. Москва

Для своевременного выявления признаков, предшествующих возникновению аварийных ситуаций в указанных условиях, проведения только маркшейдерско-геодезических наблюдений на наблюдательных станциях, заложенных на земной поверхности и в конструктивных элементах зданий и сооружений, недостаточно, так как деформации земной поверхности являются следствием деформирования массива горных пород и в некоторых случаях могут существенно отставать во времени. Для выявления на земной поверхности мест возможного образования провалов и эффективного их мониторинга целесообразно указанные инструментальные наблюдения проводить совместно с геофизическими исследованиями и измерениями в наблюдательных скважинах.

Особую опасность представляет антропогенная нагрузка при освоении подземного пространства крупных городов, где плотная застройка высотных зданий увеличивает нагрузку на грунтовый массив, а подземные сооружения, в том числе различного рода коммуникации ослабляют сопротивление этой нагрузке. В результате отношение нагрузки к сопротивлению этой нагрузке сильно падает и на многих площадях приближается к предельной. Поэтому при строительстве подземных сооружений эти обстоятельства необходимо учитывать, особенно при одновременном освоении подземного пространства и строительстве наземных сооружений.

Библиографический список

1. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. – М.: Недра, 1988. – 112 с.
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – СПб., 1998. – 291 с. (Минтопэнерго РФ. РАН. Гос. НИИ горн. геомех. и маркшейд. дела – Межотраслевой науч. центр ВНИМИ)
3. Навитный А.М. Опыт разработки угольных пластов под инженерными и природными объектами / А.М. Навитный, М.А. Иофис, А.Т. Айуруни. – М.: ЦНИЭИУголь, 1987.
4. Певзнер М.Е. Геомеханика / М.Е. Певзнер, М.А. Иофис, В.Н. Попов. – М.: Изд-во МГТУ, 2005. – 437 с.
5. Иофис М.А., Гришин А.В. Совершенствования методов геомеханического обеспечения освоения недр. // Горный информационный аналитический бюллетень, 2010. Специальный выпуск. – С. 56-59.