Установлена прямая зависимость между уровнем загрязнения воздуха и такими заболеваниями, как поражение верхних дыхательных путей, сердечная недостаточность, бронхиты, астма, пневмония, эмфизема легких, а также болезни глаз. Следовательно, мониторинг всех вышеописанных параметров является важной и актуальной задачей как для отдельного человека, так и для государства в целом. Для упрощения измерений концентрации вредных веществ в атмосфере и наличия таких веществ в помещениях разрабатываются автоматизированные комплексы и приборы, которые осуществляют их постоянный мониторинг при минимальном участии человека. В частности, с 2010 года на территории РФ действует распоряжение, подписанное В.В. Путиным, определяющее стратегию деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года. Этот документ определяет направления развития деятельности в области метеорологии, мониторинга состояния окружающей среды и приоритетной задачей является модернизация и техническое перевооружение всех элементов системы наблюдения за состоянием окружающей среды (совершенствование систем получения, сбора, анализа и обработки данных) [8].

В настоящее время ведутся две работы по разработке автоматизированных систем мониторинга описанных веществ. Первая работа нацелена на разработку автоматизированного метеорологического комплекса, который помимо измерения параметров окружающей среды будет нацелен на определение концентрации таких вредных веществ, как CO, NO₂, SO₂, O₃ и H₂S, и передачу всех измеренных параметров оператору в центре мониторинга. Вторая работа ведётся в области разработки газосигнализатора, применяемого в жилых и производственных помещениях, измеряя при этом концентрацию взрывоопасных и горючих газов, таких как угарный газ и метан.

1. Статистика взрывов газа с человеческими жертвами [интернет-ресурс] <http://tass.ru/info/4255543> (дата обращения 29.04.2019)
2. Метан и его химические свойства [интернет-ресурс] http://www.niikm.ru/articles/element_articles/methane/ (дата обращения 03.05.2019)
3. Определение и принцип работы газосигнализатора [интернет-ресурс] <https://dic.academic.ru/dic.nsf/emergency/435/Газосигнализатор> (дата обращения 07.05.2019)
4. Калюкова Е.Н. Экологический мониторинг атмосферы: практикум для бакалавров направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» по профилю «Инженерная защита окружающей среды». – Ульяновск: УлГТУ, 2015. – 131 с.
5. Павлов А.Н. Экология: рациональное природопользование и безопасность жизнедеятельности [Текст]: учебное пособие/ А.Н. Павлов. – М.: Высшая школа, 2005. – 343 с.
6. Глазунов В.И. Санитарная оценка загрязнения атмосферы оксидами азота [Текст] / В.И. Глазунов, А.Б. Магид // Нефтяное хозяйство. – 2006. – №1. – С. 117 – 119.
7. Луценкова Е.О. Оценка и прогноз качества атмосферного воздуха в районе ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения [Текст]: Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук – М.: РУДН, 2016. – 143 с.
8. Стратегия деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года: распоряжение от 3 сентября 2010 г. № 1458-р.

Лейсле А.В.

**Блок-схема обоснования безопасных параметров систем разработки
месторождений в сейсмически активных районах**

*Санкт-Петербургский горный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-11

idsp: sciencepublic-12-05-2019-11

Множество месторождений мира и России располагаются в районах, характеризующихся интенсивно расчлененным рельефом, повышенной сейсмической активностью и сложной тектонической обстановкой (рудники ОАО

«Северуралбокситруда», ОАО «Апатит», перспективные месторождения Байкальского региона и множество других). Как показывает опыт отработки месторождений в сейсмических районах, землетрясения могут оказывать значительное негативное воздействие на подземные сооружения, вызывая динамические толчки в нарушенном массиве, деформирование крепи и контура выработок, обрушение целиков [1, 2, 3, 4]. Это обстоятельство диктует необходимость учета возможных сейсмических воздействий на параметры горных работ уже на этапе проектирования систем разработки.

Известны некоторые аналитические подходы к оценке устойчивости выработок при сейсмических воздействиях [5, 7, 8, 9]. Однако, они разработаны для узкого круга специфических задач, включающих расчет одной или нескольких протяженных выработок в однородной среде в постановке плоской деформации (что значительно облегчает математические выкладки, необходимые для решения подобного рода задач, но сужает круг их применения). В случае сложной геометрии модели, наличия смежных отработанных пространств как в пределах одного этажа, так и на соседних этажах, неоднородности свойств горных пород, наличия геологических нарушений в исследуемой области, требуется использовать методы, с помощью которых возможно учесть максимальное число влияющих факторов. Кроме того, решение задач, в которых выработки имеют сопоставимые размеры в плане и поперечном сечении, расположены вблизи друг от друга и оказывают взаимовлияние, необходимо искать исключительно в трехмерной постановке.

Вышесказанное определяет актуальность разработки методики оценки сейсмического воздействия от землетрясений на подземные сооружения и определение на ее основе безопасных параметров эксплуатации подземных сооружений и ведения горных работ в сейсмически активных регионах.

В основу предлагаемого подхода заложено моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород, испытывающего одновременное воздействие горных работ, тектонических и сейсмических сил, с помощью метода конечных элементов. К положительным сторонам метода можно отнести учет вышеперечисленных и других геологических и горнотехнических факторов, влияющих на выбор параметров системы разработки. Помимо этого, преимуществом метода на этапе научного обоснования проектных разработок является возможность его эффективного использования в условиях неопределенности исходных данных и меньшая трудоемкость по сравнению, например, с экспериментами на физических моделях.

Предлагаемые методические подходы к оценке сейсмического воздействия от землетрясений на элементы систем разработки и подземные сооружения могут быть представлены в виде отдельных блоков, показанных на рис. 1.

Первые два этапа являются подготовительными и включают в себя сбор необходимых исходных данных с участка строительства и компоновку на основе этой информации горно-геомеханических моделей (расчетных схем). Третий и четвертый блоки предназначены для получения и анализа выходных параметров (результатов моделирования). В случае получения неудовлетворительных результатов по заданным исходным параметрам системы разработки, выполняется возврат к этапу II и компоновка моделей с новыми параметрами.

Рис. 1. Схема к выбору безопасных параметров систем разработки с учетом сейсмической и тектонической активности горного массива

На последнем этапе производится разработка рекомендаций по итогам анализа результатов моделирования.

Схема первого блока (этапа) представлена на рис. 2. В блоке выделяются пять подэтапов:

I.1 Известными методами оцениваются компоненты исходного поля напряжений σ_x , σ_y , σ_z в массиве (начальные условия для задания в расчетных схемах).

I.2 Выбор и определение физико-механических характеристик для характерных комплексов горных пород вмещающего массива и руды основываются на применяемой в анализе модели поведения материала и на выбранном критерии прочности. Так, в случае использования в расчетах пластической модели Кулона-Мора, к таковым относятся модуль деформаций, коэффициент Пуассона, коэффициент сцепления, предел прочности на растяжение, угол внутреннего трения пород, плотность пород.

В целом, выбор геомеханической модели для расчетов основывается на соображении, что принятая модель поведения горных пород должна позволять адекватно оценивать те особенности массива, которые имеют наиболее определяющее значение в рамках решаемой задачи.

I.3 Данные о структурных особенностях массива включают геологические характеристики, способные оказать существенное влияние на устойчивость его ответственных элементов, в частности, количество систем трещин, их геометрические параметры, данные о зонах ослабления пород, о геологических нарушениях в пределах обрабатываемого участка.

Учет влияния трещиноватости и слоистости горных пород на их свойства в натуре возможно осуществить с помощью одного из подходов: а) по известным методам (например, [6]) путем пересчета прочностных и деформационных свойств, полученных при испытании образцов; б) прямыми испытаниями пород в натуре; в) путем использования соответствующих геомеханических моделей трещиноватых массивов.

Влияние геологических нарушений или зон ослабления пород учитывается явным образом при компоновке моделей на этапе II.

I.4 Описываются горно-геологические характеристики моделируемого участка: угол падения рудного тела, вынимаемая мощность, глубина залегания, параметры системы разработки (высота этажа, ширина целиков и камер) и другие.

I.5 Для анализа сейсмического воздействия от землетрясения принимаются характерные для региона акселерограммы (записи ускорений грунта). В качестве таковых рекомендуется принимать акселерограммы землетрясений с максимальной магнитудой, когда-либо зарегистрированной в данном регионе (с целью максимизации негативных влияющих факторов).

Схема блока II представлена на рис. 3. На данном этапе формируются горно-геомеханические модели (расчетные схемы) в соответствии с данными, полученными на этапе I. Определяются исследуемые параметры (например, ширина целиков, высота этажа и т.п.); задается диапазон их варьирования. Основное требование к модели заключается в ее подобию натуре и адекватном представлении протекающих в массиве физических процессов, что может быть удовлетворено путем сопоставления известных опытных данных и полученных расчетным путем величин (к примеру, напряжений в характерных точках массива) и необходимой корректировкой модели.

Рис. 2. Схема блока I «Сбор исходных данных»

Рис. 3. - Схема блока II «Компоновка горно-геомеханических моделей (расчетных схем)»

На этапах III и IV производятся расчет и анализ выходных данных (рис. 4). До выполнения расчетов на этапе IV.1 выбирается критерий, по которому оценивается устойчивость вмещающего массива. Расчетный блок включает два подэтапа: статический III.1 и динамический III.2 анализ. На первом этапе к модели

прикладываются квазистатические тектонические и гравитационные силы. На втором этапе моделируются динамические нагрузки от землетрясений путем приложения к базе модели ускорений в вертикальном и горизонтальном направлениях.

После статического этапа расчетов III.1 анализируется состояние ответственных элементов массива и выбираются устойчивые варианты. В случае отсутствия приемлемых вариантов, производится возврат на этап II и компоновка моделей с новыми параметрами.

Выбранные на этапе IV.3 модели рассчитываются на динамическое воздействие от землетрясения, и производится анализ их устойчивости. В случае получения удовлетворительных результатов, происходит переход к этапу V «Разработка рекомендаций». В случае, если устойчивость не обеспечена, модель компоуется с новыми параметрами.

Компоновка моделей с новыми параметрами системы разработки производится на основе анализа предыдущих результатов расчетов. Так, в случае неустойчивости целиков, увеличивается их ширина. Если целики устойчивы, возможно снижение их ширины для соответствующего понижения уровня потерь.

Схема блока V «Разработка рекомендаций» представлена на рис. 5.

Рис. 4. Схема «Расчетного блока» III и «Блока анализа результатов» IV

Рис. 5. Схема блока V «Разработка рекомендаций»

Помимо собственно оценки параметров систем разработки месторождений, рассмотренный подход может быть применен и для исследования устойчивости других

подземных сооружений (заглубленных тоннелей, камер ГЭС, трубопроводов, крепи горных выработок и т.д.) в сейсмических районах.

1. Dowding, C.H., Rozen, A., 1978. Damage to rock tunnels from earthquake shaking. J. Geotech. Eng. Div., ASCE 104 (GT2), 175-191.
2. Power, M., Rosidi, D., Kaneshiro, J., 1998. Seismic vulnerability of tunnels-revisited. In: Ozedimir, L., (Ed.). Proceedings of the North American Tunneling Conference. Elsevier, Long Beach, CA, USA.
3. Sharma, S., Judd, W.R., 1991. Underground opening damage from earthquakes. Eng. Geol. 30, 263-276.
4. Еременко А. А., Серяков В. М. и Еременко В. А. Технологические основы безопасной разработки железорудных месторождений в сейсмоактивном Алтае-Саянском горном районе // Горный журнал. - 2006 г. - №10. - стр. 94-97.
5. Ковалев О. В., Тхориков И. Ю., Мозер С. П. Горногеомеханические проблемы высоконадежного захоронения токсичных отходов в зонах повышенной сейсмоактивности // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2006 г. - №4. - стр. 194-197.
6. Руппенейт К. В. Деформируемость массивов трещиноватых горных пород. - Москва : Недра, 1975. - 223 с..
7. Саммал А. С., Фотиева Н. Н., Деев П. В. Оценка устойчивости пород вокруг горных выработок при тектонических и сейсмических воздействиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2003 г. - №5. - стр. 186-189.
8. Фотиева Н. Н., Козлов А. Н. Расчет крепи параллельных выработок в сейсмических районах. - Москва : Недра, 1992. - 231 с.
9. Фотиева Н. Н., Шелепов Н. В. Расчет обделок тоннелей мелкого заложения на сейсмические воздействия // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2000 г. - №3. - стр. 26-30.

Мартюченко И. Г., Бекеров В. Э.

Обратная засыпка траншей мерзлым грунтом

*Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.
(Россия, Саратов)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-12

idsp: sciencepublic-12-05-2019-12

Для транспортировки полезных ископаемых от газовых и нефтяных месторождений требуется прокладка к ним трубопроводов. На территории, где среднесуточная температура воздуха и, соответственно, грунта не превышает 0°C практически круглый год, обратная засыпка трубопроводов вызывает некоторые трудности, а именно – после разработки траншеи, производства всех необходимых работ по укладке трубопровода сваленный грунт смерзается, и дальнейшая его отсыпка становится невозможной без предварительной его разработки, так как недостаточно измельченный грунт может повредить изоляцию трубы или же вообще саму трубу.

Основной способ по обратной засыпке траншей при высокой степени промерзания грунта изложен в «СП 45.13330.2012 Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87». Данный свод правил накладывает множество ограничений на осуществление обратной засыпки мерзлым грунтом, в частности [1]:

1) Содержание мерзлых комьев не должно превышать 20-30% от общей массы засыпаемого грунта;

2) Размер твердых включений (в данном случае речь именно о мерзлых комьях) не должен превышать 2/3 не должен превышать 2/3 толщины уплотненного слоя, но не более 15 см для грунтовых подушек и 30 см для прочих насыпей и обратных засыпок;

Также при проведении работ по обратной засыпке трубопроводов недопустимым является повреждение трубы или изоляции.

Имеющееся на сегодняшний день оборудование не может соответствовать требованиям, указанным в пособии [1].

Из всего вышеописанного следует вывод о том, что на сегодняшний день требуется оборудование для обратной засыпки траншей мерзлым грунтом, которое монтировалось бы на базовую машину, основной функцией предполагаемого