

ческой информации.
Список литературы

1. Давид М. Геостатистические методы при оценке запасов руд. – Л.: Недра, 1980.
2. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. – М.: Мир, 1982.
3. Букринский В.А. Геометрия недр: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985.

Рукопись поступила в редакцию 21.03.13

УДК 622.2.001.622.268.8

Е.П. ЧИСТЯКОВ, канд. техн. наук, А.И. ФЕДОРЕНКО, Д.Е. ЧИСТЯКОВ
В.И. МОШИНСКИЙ, науч. сотр., НИГРИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЕ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СДВИЖЕНИЯ ПОРОД НА ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КРИВБАССА

Выполнен анализ исторически сложившейся горно-технической ситуации в Криворожском железорудном бассейне. Зоны техногенного влияния подземных горных работ подразделены на: площади над полностью отработанными залежами, но с не завершившимся процессом сдвижения, опасным по условию выхода воронок и недопустимых деформаций подработанных охранных объектов; площади действующих карьеров и отвалов наступающие на нарушенные подземными горными работами массив. Определены направления дальнейших исследований.

Проблема и ее связь с практическими задачами. Разработка руд Криворожского железорудного бассейна насчитывает более ста лет. Первоначально разрабатывались исключительно богатые руды приповерхностных залежей. В настоящее время ведется разработка как богатых руд, так и магнетитовых кварцитов, залегающих висячем боку залежей богатых руд. Глубина карьеров достигла 400 м, очистные работы по богатым рудам ведутся в интервале глубин 1000-1400 м, практически в условиях совместной разработки. Мощности крутопадающих залежей богатых руд изменяются от первых десятков до ста и более метров. В связи с этим имеют место случаи выхода воронок в бортах действующих карьеров и отвалов пустых пород. Кроме совместной отработки богатых руд и магнетитовых кварцитов предметом геомеханических исследований на территории Кривбасса являются подработываемые подземными работами площади, занятые сооружениями и природными объектами. Протяженность нарушенных горными работами площадей превышает 100 км. Цель исследований - разработка геомеханических основ мер предотвращения катастрофических явлений.

В настоящее время зоны техногенного влияния горных работ подразделяются на: площади над полностью отработанными залежами, но с не завершившимся процессом сдвижения, опасным по условию выхода воронок и недопустимых деформаций подработанных охранных объектов; площади действующих карьеров и отвалов наступающие на нарушенные подземными горными работами массив; совместная открытая и подземная отработка.

Значительная часть селитебной территории Кривого Рога - поселки, транспортные магистрали, газо- и водопроводы, ЛЭП, природные объекты - в результате разработки месторождений Кривбасса оказалась в зонах с незавершившимся процессом сдвижения. До сих пор имеют место случаи выхода воронок над выработанными пространствами отработанных в 20-50-х годах прошлого столетия залежей. На рис. 1 показана воронка, вышедшая 19.08.2010 г севернее Центрального рынка над отработанной в начале 70-х годов залежью.



Рис. 1. Воронка 19.08.2010 г.

Ей предшествовал последовательный выход с севера и юга цепочки воронок по всему простиранию крутопадающей залежи, всплошную отработанной в интервале глубин от 100 до 400 м.

Современная отработка богатых руд осуществляется в интервале глубин 1000-1400 м. В связи со склонением оруденения Саксаганской полосы в северном направлении практически все оставшиеся их запасы отработываются и будут отработываться в «слепом» режиме, т.е. под толщами налегающих пород более 1000 м.

В бортах действующих карьеров и на отвалах, наступающих на нарушенный давно завершёнными подзем-

ными горными работами массив, продолжают процессы сдвижения интенсивностью от плавных деформаций до образования воронок.

На рис. 2 показана воронка, вышедшая в феврале 2013 г.

Диаметр воронки составил около 10 м, глубина до 2 м. Размеры воронок вдоль подработанных подземными горными работами участков Саксаганской полосы соответственно объемам выработанных пространств на порядок выше.



Рис. 2. Воронка в основании уступа временного склада окисленных руд ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»

К категории полностью отработанных шахт Кривбасса следует отнести и шахты, поставленные на сухую консервацию, поскольку рассчитанный по условию устойчивости обнажений срок заканчивается. Это шахта «Гигант-Глубокая», запроектированная на отработку камерной системой с последующей закладкой выработанного пространства твердеющими смесями.

Последнее не выполнено, выработанное пространство поддерживается целиками по схеме «камера - целик» в этаже и через этаж по вертикали. На шахте «Первомайская» до постановки ее на сухую консервацию применялась система с обрушением налегающих пород. Согласно расчетам остались значительные площади, на которых возможен выход воронок.

Совместная открытая и подземная разработка ведется в полях Глееватского карьера, подрабатываемого шахтами «Октябрьская» и им. Фрунзе. Представительный разрез по участкам совместной открытой и подземной разработки представлен на рис. 3.

Очистные работы на шахте «Октябрьская» достигли глубины 1265 м, нижняя отметка дна карьера - 360 м, проектная - 500. Восточный борт и отвал пустых пород полностью попадают в зону сдвижения от подземных разработок. По борту карьера и площади отвала периодически проявляется воронкообразование.

В связи с необходимостью совмещения открытых горных работ на Глееватском карьере с подземными горными работами на шахтах «Октябрьская» и им. Фрунзе ГП «ГПИ Кривбасспроект» разрабатывает проект, обеспечивающий безопасное ведение горных работ непосредственно над выработанным пространством.

Ситуация, сложившаяся на Глееватском карьере, типична для Кривбасса. Так, например, в горном отводе шахты им. Ленина (ПАО «Кривбассжелезрудком») в зоне возможного воронкообразования согласно проекту ГП «ГПИ Кривбасспроект» будут размещены, а затем рекультивированы, не менее 7,8 млн м³ вскрышных пород Первомайского карьера ПАО «СевГок».

По проектам ООО «Южгипроруда» на восточном борту карьера №3 НКГОК ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» ведутся работы по расширению временного склада окисленных руд, проектный контур которого частично попадает в зону возможного воронкообразования от подземной отработки богатых руд Валявкинского месторождения.

Кроме того, планируется развитие карьеров №2-бис и №3 НКГОКа для поддержания производительности по добыче сырой руды до 30 млн т в год.

В целом, исследование геомеханических процессов сдвижения нарушенных горными работами массивов горных пород и разработка научно обоснованных практических мер предотвращения аварийных ситуаций является неотложной задачей для Кривбосса.

Анализ исследований и публикаций. Наиболее надежно решения практических задач предрасчета параметров сдвижения разработаны для угольных месторождений основоположником этого направления С.Г. Авершиным [1].

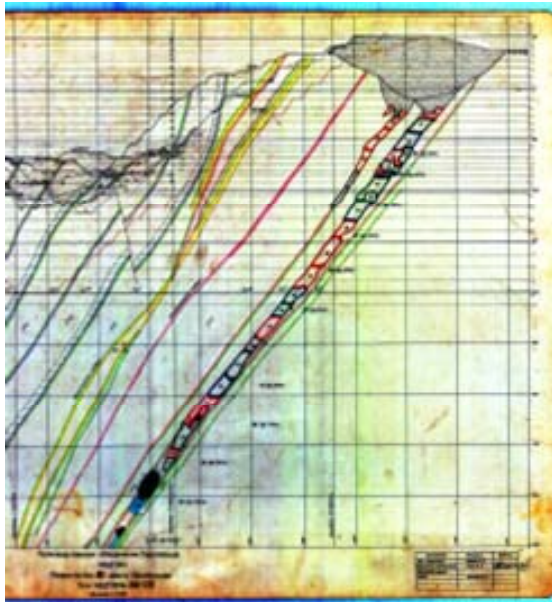


Рис. 3. Представительный разрез по участкам совместной открытой и подземной разработки

Выдержанность элементов залегания угольных пластов и вмещающих пород, а также малые различия механических свойств пород осадочной толщи предопределили высокую надежность расчетов, подтверждаемых практикой. Однако даже для этих условий Авершин отмечает «Пока не будут разработаны точные методы расчета, учитывающие сложность условий, в которых протекает процесс сдвижения, мы считаем возможным рекомендовать изложенные приближенные способы».

На рудных месторождениях в виду разнообразия горно-геологических условий правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ разрабатываются для каждого месторождения [2]. Ими определяются

только границы зон провалов трещин и плавных сдвижений на запроектированный объем выемки. При их составлении используются проектная документация, документация, литературные источники, данные маркшейдерских наблюдений, физическое и математическое моделирование [3-9].

Постановка задачи. В настоящее время потребность в сохранении части селитебной территории Кривого Рога, в строительстве новых объектов (отвалов, складов окисленных руд), а также в расширении действующих карьеров, частично или полностью расположенных в зонах подработки подземными горными работами, ограничивается действующими с 1975 г. «Правилами охраны...» [6].

Переход на значительных простираниях залежей в категорию «слепых» под толщами налегающих пород мощность более 1000 м существенно меняет механизм процесса сдвижения во времени и пространстве.

В то же время разнообразие горно-технических и геомеханических условий предмета исследований обуславливает возможность решения задачи возвращения в пользование части земель, в настоящее время отчужденных. Нельзя также не учитывать и территории, подработанные в период с 20-х годов по послевоенное время.

Разработка геомеханических основ мер предотвращения катастрофических явлений - первоочередная актуальная научно-практическая задача.

Изложение материала и результаты. Горная механика решает задачи управления горным давлением, устойчивости подземных и открытых горных выработок, сдвижения породных толщ и земной поверхности под влиянием горных работ, борьбы с динамическими проявлениями горного давления и др.

Для решения задач горной геомеханики используются натурные наблюдения и инструментальные измерения напряжений, деформаций, сдвижений горных пород, моделирование, аналитические методы. На горнорудных предприятиях Кривбасса применяются: полевые маркшейдерские измерения в пределах шахтных полей, карьеров, отвалов и шламохранилищ силами НИМЛ, отдела специальных маркшейдерских и геодезических работ КЖРК, Лабораторией специальных маркшейдерских работ Укррудпрома и маркшейдерскими службами предприятий; инструментальные измерения напряжений и деформаций, а также физическое моделирование на эквивалентных и оптически активных материалах - в основном силами НИГРИ.

Маркшейдерскими измерениями устанавливаются границы мульды сдвижения, зон трещин и провалов, величины деформаций, выделяются зоны растяжения и сжатия. По последним косвенно устанавливается положение пустот. Физическим моделированием на оптически активных и эквивалентных материалах соответственно исследуется распределение напряжений в нарушенном подземными работами массиве и характер его деформирования.

Инструментальные измерения напряжений выполнены методом разгрузки, а деформаций - методами глубинных и контурных реперов. По их результатам получены эмпирические зави-

симости. Установлено, что силовое поле в пределах Саксаганской полосы определяется гравитационными силами местами с включениями областей реликтовых тектонических напряжений не связанных с глубиной.

Исследованиями поля напряжений на оптически активных материалах по конкретному случаю обрушения поверхности на шахте им. Орджоникидзе установлено, что высокие касательные напряжений распределяются по периферии выработанного пространства, а нависающая толща налегающих пород разгружена и не информативна по критериям микросейсмической активности.

Моделированием процессов деформирования на эквивалентных материалах установлено, что в подработанных толщах, включающих крепкие пропластки, процесс всплытия пустоты над выработанным пространством происходит не монотонно, а периодически в зависимости от их мощности и сейсмического воздействия массовых взрывов.

Выводы и направление дальнейших исследований. Разнообразие горно-технических и геомеханических условий эксплуатации горнодобывающих предприятий, а также развитие инфраструктуры города Кривого Рога обуславливают необходимость субъективного для каждого объекта решения проблемы предупреждения на его территории катастроф техногенного и природного характера, создания банка данных о состоянии выработанных пространств по всем подработанным подземными горными работами площадям, разработки пространственно-временных физических и на их основе математических моделей развития процессов сдвижения.

Всплытие пустот во времени происходит периодически по мере последовательного разрушения включений пропластков прочных пород вплоть до обрушения не подбученной толщи.

В подработанных с глубины более 1000 м процесс длится десятилетиями, периодически, проявляясь в форме техногенных землетрясений интенсивностью 3-4 балла.

Принудительное обрушение массивов налегающих пород потребует на порядок больших материальных затрат, трудовых расходов и времени.

Выделение на территории Кривого Рога площадей, потенциально опасных по внезапным обрушениям поверхности, разработка геомеханических основ и надежных методов расчета предельно допустимой по условию устойчивости мощности подработанных толщ, а также систем контроля процесса сдвижения во времени и пространстве позволит рационально распределять материальные и финансовые ресурсы и использовать подработанные площади соответственно категории их охраны.

Список литературы

1. С. Г. Авершин. Расчет сдвижений горных пород. М: Metallurgizdat, 1950.- 58с.
2. Инструкция о порядке утверждения мер охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок. Утверждена постановлением Госгортехнадзора СССР от 26 февраля 1986 г. №3. Сборник руководящих материалов по охране недр при разработке месторождений полезных ископаемых. М: Недра, 1987. – с. 242 – 271.
3. Временные правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на месторождениях руд редких металлов. Л.: ВНИМИ, 1981. – 65 с.
4. Указания по определению параметров процесса сдвижения, построению зон опасных сдвижений предохранительных целиков на месторождениях руд редких металлов с изученным процессом сдвижения. Л.: ВНИМИ, 1986. – 51 с.
5. Методические указания по определению параметров процесса сдвижения горных пород, охране сооружений и горных выработок на месторождениях цветных металлов. Л.: ВНИМИ, 1974. – 65 с.
6. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ в Криворожском железорудном бассейне. Л.: ВНИМИ, 1975. – 68с..
7. Сдвижение горных пород и земной поверхности на рудных месторождениях/ И. А. Кузнецов, А. Г. Акимов, В. И. Кузьмин и др. М: Недра, 1971. – 224 с.
8. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. Изд. 2, М.: Недра, 1977. –223с.
9. Инструкция по наблюдению за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. Л.: ВНИМИ, 1988. –111 с.

Рукопись поступила в редакцию 21.03.13