УДК 622.831.6:553.3

В.В.Громов
ВНИМИ, Санкт-Петербург, Россия

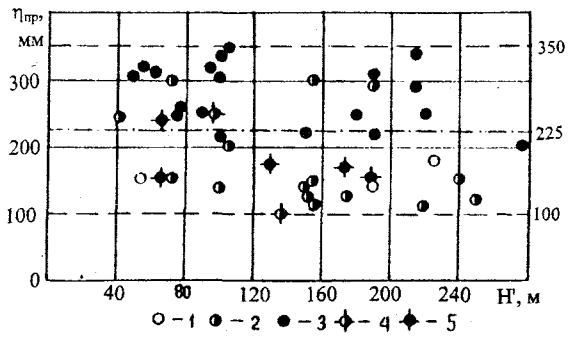
ОБ ОСЕДАНИЯХ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ ОБРУШЕНИЮ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ПРИ РАЗРАБОТКЕ СЛЕПЫХ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

На основе анализа и обобщения инструментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности более чем на 40 месторождениях получены численные значения оседаний, предшествующих обрушению участков земной поверхности при разработке слепых рудных залежей системами с обрушением руды и вмещающих пород.

On the basis of the analysis and the generalisations of tool(instrument) overseeing movement of a surface more than on 40 fields are obtained numerical values of subsidences precursor to a roof fall of sites(segments) of a surface at mining of blind ore deposits by systems with a roof fall of ore and adjacent

Визуальными и инструментальными наблюдениями в камерах очистных блоков и в подготовительных выработках, а также результатами промеров по скважинам и наблюдениями с помощью глубинных реперов в скважинах, пробуренных с поверхности в сторону выработанного пространства, установлено, что процесс обрушения пород над слепыми залежами развивается в основном в вертикальном направлении с образованием приближающихся к земной поверхности сводов обрушения. В процессе обрушения пород наступает такой момент, когда происходит разрушение незначительно прогнувшейся потолочины (толщи пород околоземной поверхности) и на последней появляется воронка обрушения.

Самообрушение земной поверхности с образованием воронки или провала является одной из наиболее опасных форм проявления процесса сдвижения горных пород на земной поверхности. Условия образования воронок над слепыми залежами, отработанными системами с обрушением вмещающих пород, при различных углах их падения в массивах пород разного строения приведены в нормативных документах [1] и представляют собой зависимости, полученные в результате анализа и обобщения большого количества натурных данных. Предпосылкой для прогноза форм сдвижения земной поверхности с помощью условий [1] послужил тот факт, что образование воронки обрушения возможно только после нарушения устойчивости подработанной толщи пород до земной поверхности. Нарушение устойчивого состояния земной поверхности начинается в действительности из-за недостаточного горизонтального распора, возникающего в толще пород непосредственно под земной поверхностью, т.е. над сводом обрушения [3]. Чем меньше боко-



Оседания, предшествующие образованию воронок обрушения на земной поверхности, при различной глубине верхней границы отработанной залежи: 1-3 – для слаботрещиноватых и средней трещиноватости пород (1 – $f < 6$; 2 – $f = 6 \div 10$; 3 – $f > 10$); 4,5 – для сильнотрещиноватых пород (4 – $f = 6 \div 10$; 5 – $f > 10$)

вой распор, тем интенсивнее будет оседать толща пород над сводом.

Воронки обрушения возникают, как правило, внезапно, без заметных предупреждающих признаков в виде трещин разрыва или значительных оседаний, и поэтому, с точки зрения безопасности, представляют большую угрозу для людей, автомобильного и железнодорожного транспорта, а также для зданий и сооружений, расположенных на подработанной территории. Ниже сделана попытка установить численные значения оседаний земной поверхности, предшествующих появлению воронки обрушения, на основе обобщения и анализа данных практики отработки слепых рудных залежей в различных горно-геологических условиях с использованием результатов инструментальных наблюдений за состоянием подработанных участков земной поверхности.

Предполагая, что оседания земной поверхности, предшествующие ее обрушению, зависят прежде всего от глубины верхней границы выработанного пространства (глубины залегания рудных тел), прочностных свойств и структурных особенностей толщи налегающих пород, был построен график в системе координат $\eta_{пр} - H'$, где $\eta_{пр}$ – оседания, предшествующие самообрушению земной поверхности; H' – глубина до верхней границы выработанного пространства в коренных невыветрелых породах (см. рисунок). Привлечены сведения по 44 случаям отработки слепых залежей на месторождениях со слоистым и неслоистым строением толщи вмещающих пород, которых в выборке было поровну.

Точки, показанные на рисунке, содержат также информацию о крепости пород по шкале М.М.Протодьяконова f и степени их трещиноватости. К сильнотрещиноватым отнесены породы со средними размерами элементарных структурных блоков $l_c < 0{,}3$ м; для пород средней трещиноватости и слаботрещиноватых $l_c = 0{,}3 \div 1{,}5$ м.

Из рисунка видно, что при глубине $H' = 40 \div 280$ м численные значения оседаний $\eta_{пр}$ составляют 100-350 мм и в среднем равны 225 мм. Если для H' до 100 м максимальные оседания земной поверхности перед обрушением в большинстве случаев превысили среднее значение $\eta_{пр}$ и равны 250-350 мм, то с увеличением H', начиная примерно со 120 м, самообрушению поверхности предшествуют оседания, чаще всего равные 100-250 мм (в среднем 175 мм). В целом же не просматривается картина более или менее выраженной связи между $\eta_{пр}$ и H'. Но зато с использованием данных, приведенных на рисунке, появилась возможность установить значения $\eta_{пр}$ в зависимости от степени трещиноватости (l_c) и коэффициента крепости пород f (см. таблицу).

Оседания, предшествующие обрушению земной поверхности, мм

Характеристика трещиноватости пород	Коэффициент крепости f		
	менее 6	6-10	более 10
Слаботрещиноватые и средней трещиноватости (l_c = 0,3-1,5 м)	100-200* / 150	100-300 / 200	200-350 / 275
Сильнотрещиноватые (0,3 м)	-	100-250 / 175	100-250 / 175

* В числителе указан диапазон изменения оседаний $\eta_{пр}$, в знаменателе – среднее значение оседания.

Как следует из таблицы, при наличии в подработанной толще сильнотрещиноватых пород пределы изменения оседаний $\eta_{пр}$ не зависят от крепости f. Наибольшие оседания перед обрушением допускают породные потолочины, сложенные более прочными породами. Такой вывод подтверждается известным положением об увеличении перед разрушением максимального прогиба пачки крепких пород, залегающих непосредственно под наносами, по сравнению с более слабыми породами при одинаковой интенсивности трещин [2].

Нельзя однозначно утверждать, что в проанализированных случаях отработки слепых залежей значения оседаний соответствовали оседаниям земной поверхности, имевшим место накануне образования воронки обрушения. В отдельных случаях они были зафиксированы за 1-3 месяца до самообрушения земной поверхности.

Вышеприведенные результаты исследований имеют немаловажное практическое значение. При достижении значений оседаний (по крайней мере, средних значений), указанных в таблице, необходимо прекратить эксплуатацию подработанной территории, а также проведение непосредственных наблюдений за сдвижением земной поверхности в ожидаемой зоне образования воронок и провалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Временные правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок месторождений руд известных металлов с неизученным процессом сдвижения горных пород / ВНИМИ. Л., 1986. 74 с.

2. *Земисев В.Н.* Расчет максимальных горизонтальных сдвижений в подработанной толще пород и на земной поверхности // Тр.ВНИМИ. 1961. Сб.42. С.154-167.

3. *Кузнецов М.А.* Условия разрушения сводов естественного равновесия в толще пород и возникновения сдвижений земной поверхности / М.А.Кузнецов, В.В.Громов // Тр.ВНИМИ. 1983. Сб.131. С.40-48.