

Методика проектирования технологических параметров ликвидации провалов земной поверхности

Н.В. Хамидуллина

Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону

Аннотация: Рассмотрена проблема образования провалов земной поверхности над наклонными выработками ликвидированных угольных шахт. Предложен новый комбинированный метод ликвидации провалов земной поверхности и поэтапное проектирование технологического процесса ликвидации провалов

Ключевые слова: ликвидация горных выработок, провалы земной поверхности, технологические процессы, тампонажная смесь, закладка, массив горных пород.

Активизация сдвижений земной поверхности в результате затопления закрываемых угольных шахт в Восточном Донбассе носит массовый характер. На горных отводах ликвидируемых угольных шахт ОАО «Ростовуголь» расположены устья 449 вскрывающих горных выработок, причем наблюдается устойчивая тенденция к увеличению интенсивности процессов образования провалов земной поверхности [1 – 4]. Оперативная ликвидация образовавшихся провалов не всегда имеет положительный результат, потому что провалы засыпаются горелыми породами без выявления причин. Поэтому провалы активизируются вновь, особенно при затоплении выработок [5, 6]. В этой связи разработка нового способа ликвидации провалов и обоснование ее технологических параметров является актуальной научно-прикладной задачей.

Рассмотрим общий принципиальный подход к проектированию технологических параметров комбинированного способа ликвидации провалов над горными выработками закрытых шахт, включающий в себя следующие основные этапы (рис. 1):

1-й этап. Натурные исследования в зоне аварийно-опасного участка, включая:

- сбор и обработку геологической информации о породах аварийного участка: прочностные и деформационные свойства горных пород; нарушенность массива пород; степень метаморфизма горных пород;
- определение возможных причин возникновения провала и прекращение их воздействия; параметризация провала и разработка (выбор) математической модели ликвидации;
- сбор и обработку информации о погашенной горной выработке (подземной полости), включая геометрические размеры выработки; качество ее ликвидации; остаточные пустоты в сечение выработки.



Рис. 1 – Обобщенная методика определения параметров способа ликвидации провалов земной поверхности

2-й этап. Материалы, собранные на первом этапе, являются исходными данными для выбора оптимальных свойств закладочного материала и рецептуры тампонажного раствора на стадии лабораторных исследований.

Самые распространённые аварии, связанные с образованием провалов земной поверхности в строящихся, эксплуатируемых, так и в закрытых горных выработках, связаны с обрушениями породы в подземные полости при поступлении воды с поверхности [5 – 8].

Чаще всего обрушения породы в выработки имеют место при ликвидации горных выработок в зонах слабоустойчивых грунтов с различными техногенными нарушениями, изменении прочностных и деформационных свойств вмещающих пород во времени [9, 10].

Так как закладочный массив имеет сложную структуру, то усадка может происходить неравномерно и вести к образованию пустот, концентрических трещин, нарушению сплошности закладочного массива. Поэтому весь цикл работ по ликвидации провалов земной поверхности способом послойной засыпки провалов отвальными породами с последующим увлажнением и тампонажем направлен на создание условий для равномерной и максимальной усадки засыпанного материала за период проведения работ. В связи с этим проектирование технологических параметров процесса ликвидации провала разбивается на два взаимосвязанных направления, связанных со свойствами отвальных горных пород.

3-й этап. Определение технологических параметров:

- расчет параметров засыпного массива, направленный на формирование безусадочной структуры максимальной плотности на основе мелких фракций отвальных горелых пород.

- предотвращение выноса пород мелких фракций при периодическом или постоянном водо- и газообмене путем устройства тампонажных слоев.

Расчет необходимого объема засыпчного материала проводится на основании инструментальных наблюдений за геометрическими параметрами воронки провала. Приблизенно объем засыпчного материала можно определить по формуле:

$$V_s^n = \frac{1}{3} \pi \cdot H (R_v^2 + R_n \cdot R_v + R_n^2),$$

где R_v, R_n – соответственно радиусы верхнего и нижнего оснований воронки провала, м; H – глубина провала, м.

В результате влияния ряда факторов (увлажнение, пригруз, время) происходит усадка материала засыпки. По результатам экспериментальных исследований усадка отвальной породы фракций 0-60 составляет 20-35%:

$$\Delta V_s^n = (0,2 \div 0,35) \cdot V_s^n.$$

Минимальное количество воды для увлажнения закладочного массива рассчитывается из условия получения оптимальной влажности породы, равной 18 -20%, и определяется по формуле:

$$Q_w = \frac{m_s}{1+0,01W_1} \cdot 0,01(W_2 - W_1)$$

где m_s – насыпная масса закладочных пород, кг/м³; W_1, W_2 – соответственно влажность пород в воздушно-сухом состоянии и оптимальная влажность пород, д. ед.

Так как трудно достичь равномерного увлажнения массива, то количество воды для увлажнения закладочного массива равно: $Q_{вт} = \alpha_3 Q_w$, где $\alpha_3 = 1,2$ – коэффициент запаса.

Для обеспечения равномерного увлажнения формируемого закладочного массива, укладка породы ведется слоями мощностью 0,5-0,6 м.

Необходимый объем тампонажного раствора зависит от усадки засыпанной породы и равен:

$$V_s^m = \Delta V_s^n.$$

Для обеспечения равномерности распределения свойств, закладочный массив разделяется по глубине тампонажными слоями из безусадочной глино-породной суспензии. При проектировании мощность тампонажных слоев принимается по расчету, 0,3-0,5 м, для предотвращения его разрушения падающим закладочным материалом. Количество заходок должно быть не менее трех, а мощность каждой заходки – 1-3 м при глубинах провалов до 10-12 м. При глубинах провалов 15-25 м целесообразно мощность заходок увеличивать до 5 м.

Общий объем тампонажного раствора при ликвидации провала земной поверхности над горной выработкой равен суммарному расходу растворов на все заходки:

$$V_{об}^m = \sum_{i=0}^n V_{zi}^m,$$

где V_{zi}^m – объем тампонажной суспензии i -го тампонажного слоя, m^3 .

На заключительной стадии проектирования определяем общее количество отвальной горной породы, необходимое для формирования засыпочно-го массива и на приготовление тампонажной суспензии:

$$V_{об}^{пор} = V_z^m + V_{об}^{mm},$$

где $V_{об}^{mm}$ – количество породы в тампонажном растворе, m^3 .

Применение разработанного комбинированного способа ликвидации провалов и вышеизложенной методики проектирования его параметров позволят обеспечить надежную безусадочную конструкцию и предотвратить дальнейшее развитие негативных процессов на поверхности над ликвидированными горными выработками угольных шахт.

Литература

1. P. Dolzhikov, A. Prokopov, M. Prokopova, N. Hamidullina Investigations of the regularity of the formation of a dip over the mine // MATEC Web of Conferences, 2018, Vol. 196 (XXVII R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering) URL: doi.org/10.1051/matecconf/201819603008
 2. A. Prokopov, V. Zhur, A. Medvedev Application of the carto-graphic method of research for the detection of the dangerous zones of mining industrial territories // MATEC Web of Conferences, 2018, Vol. 196 (XXVII R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering) URL: doi.org/10.1051/matecconf/201819603009
 3. P. Dolzhikov, A. Prokopov, V. Akopyan Foundation Deformations Modeling in Underworking and Hydroactivated Rocks // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2018, Vol. 692 URL: doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1_69
 4. Прокопов А.Ю., Жур В.Н. Анализ аварийного многоквартирного жилого фонда шахтерских городов Восточного Донбасса // Инженерный вестник Дона, 2017, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4412
 5. Должиков П.Н., Легостаев С.О. Проектирование и проведение тампонажных работ при повторной ликвидации наклонных горных выработок закрытых угольных шахт// Инженерный вестник Дона, 2015, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3217
 6. Должиков П.Н., Прокопов А.Ю. Геодинамические процессы в гидроактивизированных подработанных массивах. Ростов н/Д: РГСУ, 2015. 149 с.
 7. Проколова М.В., Лукьянова Г.В. Снижение влияния последствий ликвидации шахт на деформации зданий и сооружений// Международная научно-практическая конференция «Строительство-2010». Ростов н/Д: РГСУ, 2010. С. 142-143.
-

8. Прокопова М.В., Лукьянова Г.В. О возможных изменениях свойств грунтов при увеличении уровня подземных вод // Международная научно-практическая конференция «Строительство-2011». Ростов н/Д: РГСУ, 2011. С. 137-138.

9. Pleshko M., Pankratenko A., Revyakin A., Shchekina E., Kholodova S. New technology of underground structures the framework of restrained urban conditions// E3S Web of Conferences, 2018, Vol. 33 URL: doi.org/10.1051/e3sconf/20183302036.

10. Romanova G., Pleshko M., Rossinskaya M., Saveleva N., Pankratenko A. Management and Monitoring of Urban Environment in the Integrated Development of Underground Space // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2018, Vol. 692 URL: doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1_120.

References

1. P. Dolzhikov, A. Prokopov, M. Prokopova, N. MATEC Web of Conferences, 2018, Vol. 196 URL: doi.org/10.1051/matecconf/201819603008

2. A. Prokopov, V. Zhur, A. Medvedev MATEC Web of Conferences, 2018, Vol. 196 URL: doi.org/10.1051/matecconf/201819603009

3. P. Dolzhikov, A. Prokopov, V. Akopyan Advances in Intelligent Systems and Computing, 2018, Vol. 692 URL: doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1_69

4. Prokopov A.Yu., Zhur V.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4412

5. Dolzhikov P.N., Legostaev S.O. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3217

6. Dolzhikov P.N., Prokopov A.YU. Geodinamicheskie processy v gidroaktivizirovannyh podrobotannyh massivah [Geodynamic processes in hydro-activated mined-out massifs]. Rostov n/D: RGSU, 2015. 149 p.



7. Prokopova M.V., Luk'yanova G.V. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Stroitel'stvo-2010» (International scientific and practical conference «Construction-2010»). Rostov-on-Don, 2010, pp. 142-143.

8. Prokopova M.V., Luk'yanova G.V. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Stroitel'stvo-2011» (International scientific and practical conference «Construction-2010»). Rostov-on-Don, 2011. pp. 137-138.

9. Pleshko M., Pankratenko A., Revyakin A., Shchekina E., Kholodova S. E3S Web of Conferences, 2018 Vol. 33 URL: doi.org/10.1051/e3sconf/20183302036.

10. Romanova G., Pleshko M., Rossinskaya M., Saveleva N., Pankratenko A. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2018, Vol. 692 URL: doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1_120.