УДК 624.131

Г.Б. ПОСПЕХОВ
аспирант кафедры гидрогеологии и инженерной геологии

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ, НАРУШЕННЫХ ОТКРЫТЫМИ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ

Инженерная геология в своем развитии всегда учитывала требования, выдвигаемые строительными и горными работами. В настоящий период особо сложные, тяжелые задачи горного производства связаны с рекультивацией земель, нарушенных горными работами.

Важным аспектом рекультивации территорий, нарушенных открытыми горными работами, является обеспечение устойчивости в период рекультивации и последующего использования карьерных выемок. Надежность геомеханических расчетов зависит от качества инженерно-геологической информации. Неполные сведения или отсутствие их резко уменьшают эффективность мероприятий, направленных на устранение вредного влияния от ведения горных работ.

Requirements for construction and mining works have always been taken into account in engineering geology. At present moment the most complicated tasks in mining practice are connected with reclamation of mined-out space. Operation of over two hundred coal mines and coal pits was stopped during the restructuring period in the Russian coal industry and they are currently go through different stages of the mine abandonment process. Land reclamation is a topical issue in open-cast mining, where the main task is to maintain stability during the recultivation period and subsequent use of the worked-out pits. Reliability of geomechanical calculation depends on the quality of geological data. Efficiency of activities to eliminate impact from mining works on surrounding environment is significantly decreasing when such data is incomplete or unavailable.

Сегодня в России планомерно осуществляется переход от подземного способа добычи угля к более эффективному – открытому. Так, например, во время реструктуризации угледобывающей отрасли за период 1993-2003 гг. число действующих угольных шахт сократилось с 231 до 95, а число разрезов возросло с 65 до 121 [4]. На сегодняшний день в угольной промышленности России действует 241 угледобывающее предприятие, из которых 104 шахты и 137 разрезов [1]. В общей добыче площадь удельной поверхности открытого способа составляет 65 %, а согласно существующей тенденции его доля в дальнейшем возрастет до 75 %, а по некоторым оценкам к 2020 г. составит 80-85 % [2]. Кроме этого, с 1999 г. наблюдается рост объемов добычи. В 2005 г. в стране было добыто 299,3 млн т угля, и по объемам угледобычи Россия сегодня занимает пятое место, уступая только Китаю, США, Индии и Австралии [1].

При этом еще в 1990 г. в структуре земель, нарушенных горным производством в целом, более 40 % общей площади занимали земли, нарушенные при разработке месторождений открытым (карьерным) способом [3]. Поэтому проблемы рекультивации (восстановления) территорий занимают сегодня приоритетное положение в исследованиях, посвященных рациональному использованию минеральных ресурсов и охране окружающей среды.

Земельные отводы при открытом способе добычи заняты участками разной степени нарушения (карьерные выемки, отвалы вскрышных пород, шламо- и хвостохранилища, осушенные пространства, дороги, промышленные площадки, заболоченные земли и т.д.), требующими разных подходов к возвращению в земельный фонд. Все эти изменения требуют планомерного проведе-

ния инженерно-геологических исследований, обеспечивающих достоверные оценки и прогнозы при решении сложных экологических задач, связанных с закрытием горнодобывающих предприятий и последующей рекультивацией нарушенных земель.

Особо сложные проблемы возникают в связи с изменением гидрологических режимов в зонах влияния ликвидируемых предприятий, в результате чего часто происходит подтопление и заболачивание территорий, загрязнение водозаборов и водоемов, активизируются оползневые процессы и сдвижение земной поверхности. Многие из этих отрицательных и опасных процессов на ликвидируемых предприятиях проявляют себя не мгновенно, а только спустя месяцы и годы после прекращения работы на них.

Рассмотрим вопрос об инженерно-геологических исследованиях на подлежащих рекультивации территориях на примере Богословского буроугольного месторождения, расположенного на восточном склоне Северного Урала в северо-западной части Свердловской области, которое разрабатывалось открытым способом с 1911 г. В конце прошлого века основные запасы угля, предусмотренные проектом к разработке разрезом «Южный», отрабатывающим основное поле месторождения, были извлечены, и горные работы велись за технической границей (отработка забалансовых запасов) с использованием технологии отработки поперечными заходками с подвалкой выработанного пространства. В связи с этим было принято решение о ликвидации разреза «Южный» с последующим естественным затоплением остаточных горных выработок в ходе принятого водохозяйственного направления рекультивации.

Поскольку на границе месторождения находится г. Карпинск и непосредственно на восточном борту разреза расположены жилые дома и ряд промышленных объектов города (промышленная площадка Карпинского машиностроительного завода, хлебозавод, молокозавод, ремзавод и др.), возник вопрос об оценке влияния ликвидационных работ на сохранность этих сооружений.

В период рекультивации территории Богословского буроугольного месторождения наряду с традиционными проблемами, сопровождавшими его освоение и связанными с обеспечением устойчивости бортов карьера, также актуальны возможные изменения напряженно-деформированного состояния прибортового массива горных пород и прогноз вероятного ущерба городским сооружениям в результате затопления карьера.

Восстановление уровней подземных вод приведет к изменению напряженно-деформируемого состояния. Дренаж карьерного поля вызвал в свое время депрессионное сжатие горных пород в прибортовом массиве, а возвращение к естественным уровням в период затопления остаточных карьерных выемок после отключения систем осушения может привести к обратному процессу – декомпрессионному разуплотнению массива горных пород. В этом случае можно ожидать, что возможные деформации земной поверхности, и особенно их отношение, будут представлять опасность для расположенных на поверхности в зоне депрессионной воронки зданий и сооружений.

В отличие от классического процесса уплотнения горных пород при глубоком водопонижении при строительстве и эксплуатации горных выработок или откачки подземных вод для нужд хозяйственно-питьевого водоснабжения влияние восстановления уровней подземных вод на развитие опасных инженерно-геологических процессов изучено мало.

На основании анализа инженерно-геологических, гидрогеологических условий и технологических условий эксплуатации угольного карьера нами были разработаны расчетные схемы для прогноза деформаций земной поверхности при повышении уровня подземных вод в прибортовом массиве. Расчетные схемы учитывали неоднородность строения массива, обусловленную присутствием нескольких инженерно-геологических элементов с различными физико-

механическими свойствами и деформационным поведением, характер дислоцированности массива (направление падения слоев и поверхностей ослабления), различное положение депрессионной поверхности в прибортовом массиве на различные отрезки времени.

При обосновании параметров прочностных и деформационных свойств пород для прогнозных расчетов учитывалось, что в ходе эксплуатации и последующей ликвидации карьера прибортовой массив подвергался техногенному воздействию, повлекшему за собой нарушение структуры пород (развитие техногенной трещиноватости), физического состояния (влажности), снижение прочностных и деформационных характеристик. Параметры деформационных свойств пород оценивались обратным расчетом по результатам комплексных наблюдений за смещением земной поверхности и подъемом уровня воды, выполненных в рамках мониторинга; полученный при этом параметр интегрально отражает ход деформационного процесса в массиве в целом и не является механической характеристикой пород.

Для контроля за изменениями в результате затопления карьера и получения необходимых параметров для дальнейших расчетов по пяти профилям велись маркшейдерские инструментальные наблюдения за деформациями прибортового массива. Также проводились гидрогеологические исследования, заключающиеся в режимных стационарных наблюдениях за изменением гидрогеологической обстановки в прибортовом массиве горных пород и уровнем воды в карьере, выполняемых с определенной временной дискретностью. Для целей гидрогеологического мониторинга было пробурено восемь скважин, оборудованных датчиками гидростатического давления. Гидрогеологический мониторинг позволил определить распределение напоров подземных вод для участков, сложенных разными горными породами.

Расчет деформаций земной поверхности в результате полного затопления разреза выполнялся с использованием компьютерных программ для численного моделирования гидрогеомеханических процессов в водонасыщенных массивах горных пород. С использованием метода конечных элементов была решена двумерная осесимметричная задача, которая для условий карьеров наиболее близко соответствует объемно-деформированному состоянию прибортового массива.

Прогнозные расчеты показали, что в результате изменения напряженного состояния прибортового массива вследствие подъема воды в горной выработке до максимально возможной отметки возможны неравномерные положительные смещения (поднятия) на земной поверхности. Деформации будут локализованы в пределах территории, прилегающей к борту, с максимальными вертикальными деформациями (до 13 см) на расстоянии примерно 200 м относительно края выработки (верхней бровки).

ЛИТЕРАТУРА

1. Краткие итоги работы угольной промышленности России за первое полугодие 2005 года // Уголь. 2005. № 10. С.24-28.

2. *Малышев Ю.Н.* Угольная промышленность России на пороге и в начале XXI века / Ю.Н.Малышев, К.Н.Трубецкой // Открытые горные работы. 2000. № 4. С.8-13.

3. *Певзнер М.Е.* Экология горного производства / М.Е.Певзнер, В.П.Костовецкий. М.: Недра, 1990. 273 с.

4. *Пяткин А.М., Рожков А.А.*. Реструктуризация угольных отраслей промышленности в странах СНГ: результаты и проблемы // Уголь. 2005. № 10. С.62-67.

Научный руководитель д.г.-м.н. проф. И.П.Иванов