

*Канд. техн. наук И.В. БАКСУКОВ,
канд. техн. наук С.В. МОРИН
Уральский филиал ВНИМИ*

ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ И МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ВОЗВОДИМЫХ НА ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЛИКВИДИРОВАННЫХ ШАХТ

Развитие городов Копейск и Коркино Челябинской области требуют освоения новых территорий для строительства жилья и промышленных объектов. Но наиболее приемлемые и перспективные для застройки участки находятся на подработанных или подрабатываемых угольными шахтами территориях. Освоение этих территорий требует решения огромного количества проблем, главными из которых являются остаточное деформирование земной поверхности и ее подтопление вследствие естественного восстановления уровня подземных вод после ликвидации шахт. В настоящее время в черте г. Копейска ликвидированы наиболее крупные шахты: «Подозерная», «Красная Горнячка» и «Центральная». Действующими остались угольные шахты «Капитальная» и «Комсомольская», а также шахта «Коркинская» в г. Коркино.

Ранее УФ ОАО «ВНИМИ» были выданы рекомендации по перспективам использования данных территорий, в том числе о возможности их подтопления и мерах по предотвращению затопления. Определены места и сроки геомеханического мониторинга за проявлениями вредного влияния горных работ на подработанные территории. По заказу ОАО «ЧУК» в 2006 г. УФ ВНИМИ выполнена и передана заказчику НИР «Предварительная оценка и прогноз изменения гидрогеологических условий при затоплении горных выработок ликвидированной шахты «Центральная». Цель работы: прогноз затопления горных выработок и подтопления подработанных территорий в связи с закрытием шахты «Центральная». Вопрос последствий затопления разреза «Копейский» на окружающий его массив, в том числе на территорию Копейского машиностроительного завода, так же частично рассмотрен УФ ВНИМИ. В 2007 г. продолжения эти работы не получили, несмотря на то, что существует возможность увеличения водопритоков на шахте «Капитальная» со стороны ликвидированных шахты «Центральная» и разреза «Копейский» при их затоплении.

Шахта «Калачевская» в г. Коркино была ликвидирована в 1994–1995 гг. без какого-либо решения вопросов, связанных со сдвижением земной поверхности, подтоплением и затоплением подработанных территорий. К 2002 г. значительные территории земной поверхности на горном отводе ликвидированной шахты

«Калачевская» и за его пределами были затоплены, в том числе сельскохозяйственные угодья, сады и дороги. За период с 1987 по 2002 гг. отдельные небольшие по площади водоемы, образовавшиеся к 1987 г, слились в три больших водоема с отметками уровня воды 212,4 м – 216,9 м. Так дорога Коркино – Копейск из-за затопления весной и летом не эксплуатируется по несколько месяцев, несмотря на неодно-кратные подсыпки и ремонты. Какого-либо гидромониторинга за подтоплением подработанных территорий на ликвидированной шахте «Калачевская» не проводится и не планируется. Все проекты по спуску воды с затопленных участков остаются на бумаге.

Вследствие воздействия горных разработок значительная площадь земной поверхности, включающая горный отвод шахт и прилегающие территории, где в основном располагается жилая и промышленная застройка и предполагается новое строительство, подвержена значительным воздействиям. Техногенное воздействие с возникновением опасных деформаций на подработанных территориях обусловлено проявлением деформаций в нарушенном подработками массиве и активизацией процесса сдвижения горных пород при ликвидации пустот. По мере затопления горных выработок происходит изменение гидрогеологического режима подработанной толщи и проявление деформаций на земной поверхности в зоне влияния горных работ. Гидродинамические и геомеханические процессы в подработанном массиве горных пород носят нелинейный характер во времени и пространстве и ведут к развитию негативных проявлений на подработанных территориях, что необходимо учитывать при их использовании под застройку.

С закрытием шахт площадь подработанных территорий, склонных к затоплению и подтоплению, резко возрастает, что обусловлено процессом восстановления уровня грунтовых вод. Образование таких неблагоприятных и опасных по последствиям участков может быть выявлено или спрогнозировано на основе геодезических, гидрогеологических и горнотехнических данных. Для этого в соответствии с условиями отработки полезного ископаемого строятся прогнозные карты участков земной поверхности, на которых отражается геомеханическая и гидрогеологическая обстановка.

При закрытии шахт в Челябинском бассейне выделены условия подработки поверхности на отдельных участках шахтного поля исключительно неблагоприятные с позиций подтопления:

- плоский равнинный и мало всхолмленный рельеф с высоким уровнем стояния грунтовых вод до его подработки и нарушением естественного стока после подработки;

- оседание отдельных участков на 2–5 м и более (иногда и до 35 м), где возможно восстановление уровня грунтовых вод до прежних отметок после закрытия и затопления шахты;

- наличие подработанных и прилегающих к ним территорий, склонных к заболачиванию, особенно после изменения режима грунтовых вод вследствие ведения горных работ.

В первую очередь на ликвидируемых шахтах производилась оценка степени подтопления территории, при этом выделялись участки, которые с большей вероятностью и в ближайшее время будут подтоплены или уже оказались в зоне подтопления и затопления в условиях невозможного поверхностного стока, нарушенного в результате подработки и изменения рельефа. При этом учитывались скорость и режим изменения уровня воды (УВ) на подверженных затоплению участках, по

данным мониторинга устанавливалась взаимосвязь уровней воды с гидрогеологическими условиями, и в первую очередь от положения УВ в подработанном массиве горных пород, а так же в реках и озерах в период паводков и в межень. Максимально возможные площади затопления и подтопления земной поверхности могут быть оценены исходя из прогнозных максимальных отметок положения УВ на характерных участках ликвидируемой шахты.

Закрытие в прошлом старых шахт мелкого заложения сначала не сказывается на изменении окружающей среды при работе здесь более глубоких шахт, в которые с верхних горизонтов дренировалась вода. С закрытием современных шахт и их затоплением, положение района изменяется в плане возникших проблем подтопления подработанной поверхности и поселков, что в настоящее время наблюдается на ликвидированных шахтах Челябинского угольного бассейна. Так в связи с ликвидацией шахты «Красная Горнячка» и затоплением горных выработок до глубины 50 м произошло увеличение уровней грунтовых и поверхностных вод в районах депрессий, возникших под влиянием горных разработок. В результате подверглись подтоплению поселки Силовой, Кадровик, шахты № 20 и др.

Крупная депрессионная воронка в зеркале подземных вод, формировавшаяся в течение десятков лет откачкой шахтных вод, положение которой определялось по результатам гидрогеологических наблюдений за изменением УВ и обследования подработанных территорий, после ликвидации водоотлива на шахте постепенно сжимается. В связи с этим в районе затопления горных выработок наблюдается процесс их дальнейшего обрушения при обводненном состоянии горных пород, проявляются дополнительные просадки грунта, продолжается формирование крупных понижений в рельефе и их затопление, заболачивание, в том числе и прилегающей застроенной территории.

При затоплении прочность и деформационные характеристики угля в барьерных целиках и пород снижаются в 1,5–2,0 раза. При этом происходит изменение состояния подработанного массива, возрастают деформации горных пород по мере их обводнения. В результате возможны дополнительные сдвиги и деформации на земной поверхности, в том числе над имеющимися пустотами. Вследствие снижения прочностных и деформационных свойств пород и угля возобновляется воздействие горного давления, возрастающее по мере поднятия уровня воды и оказывающее дополнительное воздействие на массив горных пород, целики угля и затопливаемые горные выработки.

Наибольшее негативное техногенное воздействие возможно в районе разрывных тектонических нарушений в зоне влияния горных разработок. С обводнением массива горных пород могут возникнуть подвижки по плоскости сместителя разрывного тектонического нарушения при снижении трения и сцепления пород, способные вызвать негативные динамические явления. Негативные явления так же проявляются в активизации процесса сдвига на подработанных территориях, где в послеликвидационный период возможны дополнительные сдвиговые деформации над выходами пластов и в зоне разрывных тектонических нарушений до (30–40)% от проявившихся при ведении горных работ.

При ослаблении массива пород под действием шахтных вод, а так же под воздействием поверхностных и грунтовых вод, охватывающих все большие территории в связи с восстановлением УВ, становится возможным возникновение провалов и провальных воронок, что пока не учитывается в нормативных документах. Вследствие затопления горных выработок на пластах крутого падения возможно

нарушение устойчивости пород. Наличие в массиве незаложенных пустот, над которыми не развился процесс сдвижения, разрушение целиков так же способствуют образованию новых зон обрушения вплоть до возникновения на земной поверхности через значительный промежуток времени (более 40–50 лет) уступов и провалов. В зонах опасных по образованию провалов и провальных воронок в районах выходов пластов крутого падения на земную поверхность и старых горных выработок располагаемых на малой глубине строительство не рекомендуется.

Опыт ликвидации шурфов и стволов показывает, что с течением времени происходят оседания и провалы поверхности в районах устьев стволов и шурфов, вызванные уплотнением насыпной массы и истощением долговечности основных несущих конструкций, а именно крепи горной выработки и сооружаемых перекрытий. В результате усадки породы через несколько лет под перекрытием у земной поверхности образуется участок ствола с обнаженной крепью. Обнаженная крепь на этом участке под действием горного давления и других факторов с течением времени теряет устойчивость и разрушается. Естественно разрушается и перекрытие, вызывая появление провала над устьем ствола и трещин в его окрестности в радиусе до 20–25 м.

В связи с закрытием шахты «Центральная» и разреза «Копейский» в Челябинском бассейне по оценкам изменения гидрогеологических условий прогнозируется ухудшение обстановки в первую очередь в северной части шахтного поля со стороны ранее ликвидированной шахты «Красная Горнячка» в районе поселков шахты № 20, Силовой и Кадровик.

На основе исследований спрогнозированы участки возможного затопления и подтопления, разработаны рекомендации и технические решения по предотвращению негативных процессов на опасных по проявлениям участках шахтного поля и прилегающих к нему застроенных территориях на ликвидируемых шахтах «Красная Горнячка» и «Центральная». Наиболее важным мероприятием по предотвращению подтопления в сложных гидрогеологических условиях этих объединенных шахтных полей является поверхностный дренаж. Проведение дренажных мероприятий должно обеспечивать нормальные условия функционирования зданий и сооружений, поддерживать наиболее благоприятный влажностный режим почв для их использования под сельскохозяйственные угодья. Комплекс рекомендуемых УФ ВНИМИ дренажей (канав), позволяющий управлять режимом поверхностных и подземных вод, запроектирован с учетом поверхностного стока в условиях существующей гидрографической сети, изменений стока вследствие подработки, которые имеют свои особенности на каждой из ликвидируемых шахт.

Основу информационного обеспечения теоретических построений должны составлять экспериментальные данные об геомеханических изменениях реальной среды в области влияния горных работ, используемые в дальнейшем для предотвращения опасных экологических последствий. В зонах влияния горных работ и подтопления возможны аварийные ситуации. Это порывы газопроводов, теплопроводов и нефтепроводов, ведущие в отдельных случаях к экологическим катастрофам. Нарушения предельного равновесия грунтов в после ликвидационный период, ведущие к подвижкам и деформациям, превышающим допустимые значения для жилых домов, расположенных на опасных участках в зоне влияния горных работ, имеют место, как на рудных, так и на угольных (пластовых) месторождениях.

При прогнозировании негативных проявлений необходимо учитывать, что в сложных горно-геологических условиях возникает ряд дополнительных изменений в среде, способные оказать существенное влияние на установленные геомеха-

нические параметры и на проявление деформаций, что требует пересмотра и дополнения существующих методик их определения. По мере интенсификации горных разработок, как по площади, так и по глубине, возрастает и площадь земной поверхности, подверженная значительному деформированию. Особенно заметно вредное техногенное воздействие на урбанизированные территории, имеющие плотную жилую и промышленную застройку.

Существующие методы прогноза не учитывают возможное проявление дополнительных сдвижений и деформаций в зависимости от реализации остаточной пустотности подработанного массива при частичной или полной ликвидации пустот в результате нарушения предельного равновесия пород и изменения гидрогеологических условий.

При затоплении горных выработок в подработанной толще изменяются прочностные и деформационные характеристики массива горных пород, соответственно возможно негативное проявление дополнительных осадок и деформаций на отдельных участках земной поверхности. Образование таких неблагоприятных по техногенному воздействию участков земной поверхности должно быть выявлено на основе геодезических, гидрогеологических и горно-технических данных, выяснении геомеханической и гидрогеологической обстановки с оценкой параметров и условий. Научные исследования по оценке изменения гидрогеологических условий направлены на установление количественных взаимосвязей и прогнозируемых параметров от основных факторов подработки, таких как вынимаемая мощность и угол падения пластов, глубина ведения горных работ в районе застройки, площадь выработанного пространства.

Прогноз сдвижений и деформаций земной поверхности выполняется в соответствии с действующими нормативными документами и методиками, разработанными на основе результатов инструментальных наблюдений УФ ВНИМИ на Уральских угольных месторождениях. Величины ожидаемых сдвижений и деформаций определяются для каждого участка застройки в соответствии с горно-техническими и горно-геологическими условиями подработки и положения объектов застройки на разрезе вкрест простирания пластов.

Из предварительных оценок по существующим методикам выяснилось, что методы расчета должны достаточно объективно учитывать имеющуюся горно-геологическую и горно-техническую ситуацию, разную степень воздействия очистных выработок, особенно когда на земную поверхность оказывали влияние горные работы по нескольким пластам (3 и более), либо очистные выработки 2-3-х и более горизонтов при наклонном и крутом залегании пластов.

Для оценки деформаций земной поверхности в районе застройки должна быть учтена специфика горно-геологических условий и разработаны методы расчета с использованием результатов инструментальных наблюдений, упрощены методики прогноза оседаний и горизонтальных деформаций для свит пластов при отсутствии сдвижения пород лежащего бока пласта, уточнены подходы к определению деформаций при крутом залегании угольных пластов, большой глубине разработки, для условий синклинального залегания горных пород при отработке симметричных складок.

Часть подработанных территорий расположена над верхними горизонтами угольных шахт, где в соответствии с нормативными документами процесс сдвижения закончился более 20 лет назад, тем не менее, при отработке нижележащих горизонтов на таких участках наблюдаются деформации, обусловленные активизацией

процесса сдвижения, в том числе подвижки по напластованию вплоть до выхода под наносы отрабатываемого пласта при отсутствии сдвижений пород лежащего бока. Уровень деформаций, которые могут проявиться над выходами ранее отработанных пластов после закрытия и затопления шахты определяется положением уровня затопления горных выработок на шахте, характеристиками углов трения по контактам в зависимости от их обводнения, что сказывается на величине деформаций.

В первую очередь возникает вопрос о выявлении участков, где с изменением гидрогеологических условий могут проявиться опасные деформации для жилых зданий. При крутом залегании пластов это зоны опасные по образованию провалов, где они еще не проявились в период эксплуатации шахты под влиянием обрушения покрывающих пород, разрушения целиков, но вероятен их выход после окончания эксплуатации шахты над оставшимися в массиве пустотами. В сложных горно-геологических условиях при слабых обводненных породах, тектонической нарушенности толщи, возможности перепуска пород по падению с течением времени снижается несущая способность крепи и пород и становится возможна реализация пустот с проявлением опасных деформаций на земной поверхности. Дополнительные деформации могут проявиться и при незначительной подработанности поверхности ($D/H < 0,3-0,4$) при глубинах разработки более 300–400 м по мере разрушения межлавных (междуэтажных) целиков угля при их обводнении и самоликвидации пустот на границах очистных выработок.

Реализация пустот в границах очистной выработки для более слабых пород, особенно при их выносе под влиянием перетоков воды, может привести к проявлению дополнительных максимальных оседаний порядка $\eta_n = (0,2-0,3)m$, где m – вынимаемая мощность пласта, м, и сосредоточенных деформаций с возможным образованием трещин на земной поверхности или раскрытием старых трещин, возникших под влиянием очистных работ при деформациях более 10–12 мм/м.

Расчеты сдвижений и деформаций земной поверхности позволяют объективно оценить степень воздействия горных разработок на подработанные территории и застройку и выделить участки и группы жилых домов с наибольшими и наименьшими деформациями. На основе прогноза суммарных оседаний и оценки гидрогеологических условий прогнозируются участки возможного подтопления земной поверхности, что учитывается для выбора участков под новое строительство на территориях ликвидированных угольных шахт.

Дальнейшие изменения гидрогеологической и геомеханической обстановки на выделенных участках урбанизированной территории, где возможно вредное дополнительное воздействие от горных разработок, должны контролироваться с помощью мониторинга, осуществляемого специализированной организацией.

Л и т е р а т у р а

1. Самарин В.П., Морин С.В., Барсуков И.В. Оценка степени техногенного воздействия горных разработок на урбанизированные территории. Екатеринбург : УГГУ. 2005. С. 156–162.

2. Барсуков И.В., Морин С.В. Экологические последствия затопления горных выработок на угольных месторождениях Урала // Изв. Вузов. Горный Журнал. 2007. № 3. С. 64–71.