

*Канд. техн. наук В.П. САМАРИН,
канд. техн. наук И.В. БАРСУКОВ,
канд. техн. наук С.В. МОРИН
Уральский филиал ВНИМИ*

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД НА УГОЛЬНЫХ И РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАЛА

В начальный период деятельности Уральского филиала ВНИМИ добыча угля и руды на Урале в основном велась на сравнительно малой глубине, когда при подземном способе разработки актуальными оказались вопросы сдвижения горных пород. На земной поверхности при ее подработке возникали провалы, большие трещины, а сооружения, попавшие в зону влияния горных разработок, разрушались. Поэтому на угольных, а также на рудных месторождениях, были организованы широкомасштабные инструментальные наблюдения за сдвижением земной поверхности и горных пород.

Целью наблюдений было получение основных параметров, характеризующих процесс сдвижения земной поверхности и в толще горных пород, которые являлись исходными при составлении Правил охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок.

Первоначальные инструментальные наблюдения на шахтах Кизеловского бассейна выполнены Б.А. Калгановым и К.В. Стрельниковой; на Буланашском угольном месторождении Д.В. Родкевичем, И.И. Пономаревым, И.А. Блашкевичем; в Челябинском бассейне И.И. Пономаревым, Д.А. Кичигиным, а с 1947 г. продолжены И.А. Петуховым.

Инструментальные наблюдения выполнялись на специальных наблюдательных станциях, состоящих из системы грунтовых реперов, сгруппированных в профильные линии.

Результаты инструментальных наблюдений на первом этапе обобщались в виде проектов Правил охраны сооружений для отдельных угольных бассейнов и месторождений и отражали лишь горно-геологические условия и изученность вопросов сдвижения горных пород на тот период. По мере накопления данных углублялось представление о характере процесса сдвижения. Это обстоятельство и изменение горно-технических условий вызывали необходимость и служили поводом для постоянного совершенствования, уточнений и дополнений ранее составленных Правил охраны сооружений. Так для Кизеловского бассейна они пересоставлялись и издавались в 1950, 1959 и 1967 гг., для Челябинского бассейна в 1950 (совместные с Буланашским месторождением) и 1967 г., для Буланашского месторождения в 1950 и 1969 гг., для Печерского угольного бассейна в 1950 и 1967 гг.

Помимо обоснования Правил охраны сооружений результаты инструментальных наблюдений использовались для теоретических обобщений и разработки способов расчета сдвижений и деформаций. Для Челябинского и Кизеловского бассейнов И.А.Петуховым сделан ряд оригинальных предложений и составлено Руководство по предрасчету сдвижений. В последующий период исследования данного направления для более сложных горно-геологических условий были продолжены.

Кроме продолжения исследований в Кизеловском и Челябинском бассейнах лабораторией проведены масштабные комплексные исследования сдвижения горных пород и земной поверхности на Интинском, Воркутинском и Хальмерюском месторождениях Печерского угольного бассейна. Исследования включали закладку реперов на профильных линиях на земной поверхности, глубинных реперов в специально пробуренных скважинах, поинтервальное опробование водопроницаемости горных пород до и после их подработки с целью определения высоты распространения зоны водопроницающих трещин, образующейся над очистной горной выработкой.

Для установления наличия связи подземных вод с поверхностными на участках подработки водных объектов впервые использовался тритиевый метод. Суть его заключалась в том, что из шахты и поверхностных водоемов отбирались пробы для исследования на содержание трития. Пробы отбирались на Воркутинском месторождении из шахт № 3 и № 40 и реки Воркуты, а на Интинском из шахты №2 и ручья Угольного, протекающего по ее шахтному полю. Отобранные пробы исследовались во Всесоюзном научно-исследовательском институте ядерной геофизики и геохимии (ВНИИЯГГ) Министерства геологии СССР.

В работах на Воркутинском, Хальмерюском и Интинском месторождениях Печерского угольного бассейна под руководством И.В. Хохлова активное участие принимали В.П. Самарин (ответственный исполнитель), а также И.А. Дягилев и О.Т. Дмитриева. Результатами этих исследований было научно доказано (Хохлов И.В.) и практикой подтверждено, что разработка угольных пластов под водными объектами при управлении горным давлением полным обрушением безопасна при глубине равной 40-кратной мощности пласта, а при благоприятных условиях и при меньших глубинах. Ранее водные объекты подрабатывались при глубинах, превышающих вынимаемую мощность в 150–300 крат в зависимости от количества воды в водоеме. Новый подход к подработке водных объектов, когда стали охраняться горные выработки от проникновения воды из подрабатываемых водоемов, позволил на действующих шахтах комбинатов «Воркутауголь» и «Интауголь» расконсервировать из предохранительных целиков под реки Хальмер-ю, Воркута, Большая Инта и ручьи Черный и Угольный более 100 млн. тонн угля. Для добычи такого количества промышленных запасов требовалось строительство двух шахт годовой производительностью по 1 млн. тонн угля каждая. Это дало так же возможность увеличить добычу угля на шахтах и продлить срок службы некоторых из них до 10 лет.

Аналогичные исследования по определению высоты распространения зоны водопроницающих трещин (ЗВТ) выполнены филиалом в Кизеловском бассейне в 1965 г, позволившие отработать запасы угля пласта 13+11 мощностью 4,5 м из целика под реку Б. Гремячая на шахте «Таежная». В 1972–1974 гг. на шахте «Имени 40-летия Октября» отработан пласт 5 под Рахматульским водоемом с объемом воды 2 млн. м³, а в 1981–1982 гг. выполненные исследования на шахте «Коспашская» позволили успешно отработать запасы угля пласта 11 мощностью 1,5 м на протяжении 2,7 км под рекой Полуденный Кизел на глубине от 33 м до 86 м, а затем пласта 9 мощностью 1,2 м, залегающего на 13–18 м ниже.

Комплексными исследованиями, включающими наблюдения на земной поверхности, в скважинах оборудованных глубинными реперами и горных выработках, проведенными на Буланашском месторождении в 1965–1966 гг., было получено, что водопродводящие трещины распространяются над очистными выработками на высоту 30-кратной вынимаемой мощности пласта, что позволило ниже этой глубины безопасно осуществить выемку угля из целиков под речки Бобровку и Ближний Буланаш.

На основании накопленного опыта по рекомендациям Уральского филиала ВНИМИ в многочисленных случаях успешно велись горные работы под затопленными выработками на шахтах Челябинского бассейна и на Буланашском месторождении.

При решении практических задач, связанных со сдвижением горных пород, лабораторией уделялось значительное внимание совершенствованию методики проведения исследований. Так в 1972 г. разработан способ измерения смещения глубинных реперов, закладываемых в скважинах, пробуренных в слабых неустойчивых породах, на основе использования магнитогерконового датчика. Способ позволил в скважину, пробуренную на поле шахты «Буланаш-4» в 1981 г., заложить 49 глубинных реперов, в то время как ранее применявшийся способ требовал наличия крепких устойчивых пород и позволял заложить в скважину не более 5–10 реперов.

В 1981–1982 гг. для определения высоты зоны водопродводящих трещин в сдвинутой толще горных пород на шахте «Коспашская» в Кизеловском бассейне вместо поинтервальных нагнетаний воды в скважины применен простой и надежный способ, основанный на использовании влияния шахтной депрессии на воздушную среду скважины. При достижении забоем скважины зоны трещин, имеющих связь с выработанным пространством, в скважине резко возрастает скорость движения воздуха и изменяется атмосферное давление.

Предложен способ определения высоты зоны водопродводящих трещин, образующихся над выработанным пространством, по степени влияния шахтной депрессии на воздушную среду в скважине (Самарин В.П., Шляхецкий В.К.).

Наиболее значительными теоретическими и практическими разработками являются исследования по обоснованию геомеханических схем сдвижения в сложных горно-геологических условиях и создание на их основе методик расчета сдвижений и деформаций массива горных пород и земной поверхности. Выделены формы сдвижения, вызывающие появление провалов на земной поверхности, сползание и сдвиги горных пород и сдвижение пород лежачего бока. Создана методика расчета сдвижений и деформаций земной поверхности при разработке крутопадающих пластов (Самарин В.П.). Усовершенствована методика расчета ожидаемых сдвижений и деформаций горных пород для различных горнотехнических условий Урала (Морин С.В.) и при многократных подработках земной поверхности (Барсуков И.В.). Эти и другие разработки лаборатории включены в Методические документы по исследованию процесса сдвижения горных пород и охраны сооружений и природных объектов, составленные ВНИМИ.

В последние два десятилетия лабораторией сдвижения проводятся исследования с целью минимизировать негативные последствия влияния подземных и открытых горных работ на одних и тех же участках месторождения, а также снизить вредное влияние горных разработок на расположенные в прибортовой полосе охраняемые объекты. Наиболее значительными в этом отношении объектами

являются сооружения Копейского машиностроительного завода (КМЗ). Восемнадцать зданий из 52, попавших в зону влияния лав шахты «Центральная» и выработок разреза «Копейский», пришли в аварийное состояние, для ликвидации которого институтом ВНИМИ совместно с Уральским филиалом ВНИМИ разработаны, а шахтой и разрезом выполнены специальные конструктивные мероприятия по усилению зданий. Предложены также горные меры по снижению деформаций на территории завода. Инструментальные наблюдения на КМЗ проводятся лабораторией сдвижения, начиная с 1988 г по 2009 г, на основе которых выполнен прогноз сдвижений и деформаций для зданий и сооружений завода и изменение их состояния с закрытием шахты «Центральная» и по мере затопления горных выработок и разреза «Копейский».

Аналогичная ситуация имеет место в г. Коркино, где жилые здания поселка Роза, находящиеся в прибортовой полосе, испытывают вредное влияние разреза «Коркинский» и шахты «Коркинская», многие из которых пришли в аварийное состояние. В связи с актуальностью возникших проблем были выполнены НИР по разработке геомеханического обеспечения совместного ведения открытых и подземных работ на угольных месторождениях (1996г), безопасной и эффективной отработки при комбинированном способе добычи угля на предприятиях ОАО «Челябинскуголь» (2000–2001 гг.) (Самарин В.П., Барсуков И.В., Морин С.В.).

Другая проблема, которую пришлось решать лабораторией, возникла в 1951–1956 гг. в Челябинском бассейне, где впервые был отмечен ряд случаев поврежденных крепи стволов и сооружений на охраняемых предохранительными целиками промплощадках шахт. Наиболее существенные повреждения, которые привели к преждевременному закрытию более десятка из них, наблюдались на шахтах «Красносельская», № 17–20, № 22, № 29 бис, № 29 Капитальная, № 42 Капитальная и др. Выяснилось, что повреждения возникали при оконтуривании по нижним границам предохранительных целиков, оставленных под промплощадки шахт по разрабатываемым и вышележащим пластам наклонного падения и вызваны они проявлением формы сдвижения, названной сдвижениями по напластованию. Длительное время существование этой формы сдвижения не признавалось специалистами ВНИМИ. Считалось, что сдвижения по напластованию характерны только для Челябинского бассейна. Однако проявление этой формы сдвижения в последующем обнаружены на шахте «Буланаш-2/5», на шахтах Ключевская, № 65, № 75 в Кизеловском бассейне, а также в Кузнецком и Карагандинском бассейнах. Анализ условий проявления этой формы сдвижения позволил предложить методику расчета ожидаемых сдвижений и деформаций по напластованию и разработать методику построения целиков-упоров для охраны шахтных стволов и других сооружений.

Проявление сдвижений по напластованию на угольных месторождениях Урала было краеугольным камнем в исследованиях лаборатории на протяжении многих десятилетий. Полученные результаты многолетних инструментальных наблюдений и геомеханические исследования позволили усовершенствовать методику расчета сдвижений и деформаций на земной поверхности и в массиве горных пород при разработке свиты пластов (1983–1993 гг.) и разработать меры по охране шахтных стволов и других объектов промплощадок шахт от вредного воздействия на них сдвижений по напластованию. Проблемы по охране шахтных стволов, зданий и сооружений на промплощадках шахт Челябинского и Кизеловского бассейнов и на Буланашском месторождении были актуальны вплоть до их закрытия.

На промплощадках шахт и в шахтных стволах проводились систематические инструментальные наблюдения и был выдан ряд заключений и рекомендаций по охране объектов. Так на шахте «Коркинская» к 1998 г. сдвигения и деформации шахтных стволов №1, 3 и 4 и подъемной машины ствола № 4 превысили допустимые показатели деформаций и приблизились к предельным, в связи с этим были даны рекомендации по дальнейшей безопасной эксплуатации стволов и подъемного комплекса.

Исследования по охране эксплуатируемых шахтных стволов на основе прогнозирования сдвижений и деформаций массива горных пород на угольных месторождениях Урала были продолжены в 1986–1987 гг. (Морин С.В., Самарин В.П.). Исследование деформирования стволов пройденных в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях шахт ОАО «Челябинскуголь» с оценкой их состояния и выдачей рекомендаций по охране шахтных стволов было проведено в 2001–2002 гг. (Барсуков И.В., Морин С.В.). Кроме того, выполнена НИР по определению состояния ствола «К» и его безопасной эксплуатации при отработке запасов Малышевского месторождения до горизонта -120 м на основе прогноза сдвижений и деформаций земной поверхности и околоствольного массива по результатам инструментальных наблюдений и даны рекомендации по безопасной эксплуатации ствола «К» (Морин С.В., Барсуков И.В.).

Широкомасштабные и интенсивные исследования процесса сдвижения на угольных месторождениях Урала на основе разработки геомеханических схем, выполненные ВНИМИ и его филиалами, позволили создать единые «Правила охраны сооружений...» для всех угольных месторождений. Такие «Правила...», содержащие единые подходы и общие закономерности, из-за сложности процесса, впервые изданы только в 1981 г. В 1998 г они были усовершенствованы и действуют в настоящее время. По результатам исследований и обобщений УФ ВНИМИ были даны предложения по параметрам процесса сдвижения угольных месторождений Урала, определению сдвижений и деформаций земной поверхности и мерам защиты зданий и сооружений, которые учтены при подготовке Правил охраны... 1998 г. (Самарин В.П., Морин С.В., Барсуков И.В.).

С 1994 г. лаборатория приступила к исследованиям проблем сдвижения, возникающим на стадии доработки месторождений и ликвидации шахт. Дело в том, что после ликвидации шахт в горном массиве в горных выработках (шахтных стволах, шурфах и др.) остается значительное количество пустот, несмотря на предпринимаемые меры по их заполнению. Эти пустоты длительное время являются источником проявления сдвижений горных пород и земной поверхности. Наиболее опасным проявлением сдвижения является образование провалов. В результате многолетней выемки угля подработанные территории получают оседания, величина которых на отдельных участках шахтных полей Булашского месторождения и Челябинского бассейна достигла двух-трех десятков метров. Подработанные территории в настоящее время на некоторых участках застроены, по ним проложены коммуникации. После прекращения откачки воды из шахт в результате подъема уровня подземных вод такие территории оказываются подтопленными или заболоченными.

В связи с реконструкцией угледобывающей отрасли, введением экономических принципов хозяйствования, ликвидацией убыточных предприятий на первый план выдвигаются вопросы безопасности и рационального использования подработанных территорий, вопросы подтопления и заболачивания подработанных и прилегающих к ним застроенных территорий. Поэтому в последние годы лаборатория

решает социально-экологические вопросы, вопросы безопасности и защиты застроенных территорий, в том числе от подтопления, при ликвидации конкретных шахт, а так же вопросы использования подработанных территорий, в частности под новое строительство. К настоящему времени ликвидированы все шахты ОАО «Кизелуголь» и ОАО «Вахрушевуголь», большинство шахт ОАО «Челябинскуголь».

Оценки и прогнозы негативных последствий на подработанных и прилегающих к ним территориях шахтных полей проведены И.В. Барсуковым и С.В. Мориним. Рекомендации переданы институтам «Уралгипрошахт» и «Ростовгипрошахт» и учтены в Проектах ликвидации угольных шахт. Осуществляется геомеханический и гидрогеологический мониторинг за сдвижением земной поверхности.

Кроме исследований процесса сдвижения на угольных месторождениях Урала лаборатория выполняла работы на предприятиях других ведомств. Так в период с 1971 по 1973 гг. лабораторией проведены инструментальные наблюдения на предприятиях Навоинского ГМК с целью определения коэффициента сжимаемости горных пород при их дренировании для учета степени податливости крепи шахтных стволов. В этих работах кроме специалистов-гидрогеологов ВНИМИ участвовали В.П. Самарин, В.К. Шляхецкий и И.А. Дягилев.

На Малышевском месторождении изумрудов в период 1992–2006 гг. лабораторией продолжены, проводившиеся ранее институтом ВНИМИ, инструментальные наблюдения, которые позволили вести разработку месторождения в условиях деформирования подрабатываемых горных выработок и сооружений промплощадки, в том числе основного шахтного ствола и подъемного комплекса (В.П. Самарин, И.В. Барсуков, С.В. Морин, Л.В. Ополева).

В период с 1988 г. лабораторией проводятся исследования вредного влияния проходки выработок метрополитена на здания и сооружения городской застройки в г. Екатеринбурге. При этом получены параметры процесса сдвижения и создана методика прогнозирования сдвижений и деформаций застроенной территории (В.П. Самарин, В.К. Шляхецкий, И.В. Барсуков, С.В. Морин, Л.В. Ополева).

Становятся актуальными вопросы образования провалов и провальных воронок на застроенных территориях над ликвидированными стволами, шурфами, а также очистными выработками на рудных месторождениях. В связи с этим лабораторией проводились исследования процесса сдвижения на Березовском золоторудном месторождении и были даны рекомендации на основе результатов инструментальных наблюдений по охране зданий и сооружений г. Березовский, расположенных в зоне возможного влияния старых горных работ (1998–2003 гг.), по размещению объектов строительства Индустриального технопарка и Инновационного парка (2008 г.), газопроводов и коммуникаций на подработанных территориях, возможности строительства Гостиничного комплекса жилого микрорайона № 5 г. Березовский (2006 г.) и др.

В настоящее время лаборатория сдвижения горных пород УФ ВНИМИ продолжает активно решать вопросы, связанные с ликвидацией шахт на угольных месторождениях, в том числе с подтоплением шахтных полей и оценкой степени влияния горных выработок на здания и сооружения, влиянием выработок метрополитена на городскую застройку, возможности застройки подработанных территорий, а также в связи с освоением новых месторождений полезных ископаемых (Александровское и Подольское медноколчеданные месторождения) и применением новых технологий на Гайском и Гумешевском месторождениях.