© А.В. Мохов, А.Г. Химченко,
Б.В. Селиванов, 2008

УДК 556.3:622.012.2(470.61)

А.В. Мохов, А.Г. Химченко, Б.В. Селиванов

О ПРИЧИНАХ ПОДТОПЛЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНАХ (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА)

Семинар № 11

Подтопление земной поверхности получило довольно широкое распространение в горнодобывающих регионах Восточного Донбасса.

Этому процессу оказались подверженными шахтерские города Шахты, Новошахтинск, Донецк, многие мелкие населенные пункты и прилегающие к ним площади, где велось и продолжает осуществляться промышленное освоение залежей угля.

Подтопление имеет здесь как многолетний характер, так и довольно «свежее» происхождение. Особенно широкое, постепенно увеличивающееся распространение оно получило с начала 1990-х гг., сопровождая массовую ликвидацию шахт региона «мокрым способом», то есть с практически полным затоплением горных выработок. Подтопление является в основном следствием подъема зеркала грунтовых вод на опасную глубину. Его основной причиной служат превышение приходных статей водного баланса над расходными в приповерхностной части недр.

Это грозный процесс имеет разнообразные негативные проявления.

Он сопряжен с опасным приближением грунтовых вод к земной поверхности местами до глубины менее 0,5-1,5 м, появлением естественных выходов шахтных, восстановлением или усилением выходов подземных вод. Подтопление инициирует провалообразование над выработками шахт, развитие других инженерно-геологи-ческих процессов, вызывает разрушение зданий и сооружений, ухудшает условия хозяйственной деятельности и здоровье людей, превратило ряд населенных пунктов в весьма неблагоприятные по санитарным условиям районы.

В естественных условиях на неурбанизированных площадях развитие в Восточном Донбассе этого гидродинамического процесса встречается довольно редко (например, в прирусловых частях речных долин, вокруг естественных выходов подземных вод), будучи обычно сезонным явлением. Его наиболее крупные проявления связаны с жизнедеятельностью населения, особенно, освоением угольных месторождений.

Как и во всех горнодобывающих регионах, здесь присутствуют дополнительные специфические факторы – сближение оседающей над горными выработками земной поверхности и довольно стабильного по своему положению зеркала грунтовых вод, снижение градиентов гидравлического напора (уклонов) подземных вод, формирование пликативных и дизъюнктивных нарушений, трансформация рельефа территории и др.

В наибольшей мере все эти предпосылки имеются в горнодобывающих районах Восточного Донбасса, особенно, на урбанизированных частях их территории, где, как уже указывалось, этот процесс приобрел существенное распространение и имеет максимально неблагоприятные последствия.

Здесь принимаются высокозатратные меры по борьбе с подтоплением. К числу наиболее крупных из них принадлежат откачка шахтных вод из затопленных выработок шахты «Глубокая» (г. Шахты) и выпуск их из выработок шахты им. С.М.Кирова (г. Новошахтинск). На большинстве объектов принятые меры дают слабый эффект и ведут к серьезным побочным последствиям, связанным, в первую очередь, с поступлением на поверхность и в элементы гидросети больших объемов высокозагрязненных вод.

Низкая эффективность защиты объектов объясняется комплексом причин, среди которых выделим слабое соответствие мер природе и обстановке развития процесса. Для борьбы с подтоплением, а также его профилактики необходимо установить причины этого гидродинамического события.

Из опыта изучения рассматриваемого процесса известно, что его развитию способствуют снижение подземного и поверхностного стока, увеличение питания подземных вод. Эти показатели находятся в сильной зависимости от природных условий (геолого-гидрогеологических, геоморфологических, гидрологических, погодных и др.) и антропогенных факторов (водорегулирование, промышленное освоение месторождений полезных ископаемых и др.).

Равнинность территории, отсутствие глубоких эрозионных врезов, низкая водопроницаемость приповерхностных отложений, прекращение откачки подземных и шахтных вод, деформации массива сдвижением и горными работами, обилие незатампонированных буровых скважин, высокая плотность размещения инженерных сооружений – барражей для поверхностного и подземного стока, утечки воды из водонесущих коммуникаций, ряд других факторов создают для подтопления благоприятные условия. Оно тяготеет к площадям распространения покров-ных отложений, особенно, сложенных глинистыми разностями пород. Экс-плуатация шахт и последующая их ликвидация создают – прямо или косвенно – комплекс условий для развития подтопления. Убедительным доводом в пользу такого заключения служит, в частности, пространственное тяготение многих его площадей к участкам текущего и, особенно, прошлого освоения залежей угля.

На полях действующих и закрытых шахт и вблизи них оно встречается вокруг прудов-отстойников, вдоль пунктов и трасс выходов и отведения шахтных вод, в депрессиях рельефа и т.п., будучи явно связанным с текущими и прошлыми углеразработками. Подтоплению также способствуют некоторые меры по экологической реабилитации территории от вредного влияния ликвидации шахт и по борьбе с подтоплением, в частности, вызывая вторичное подтопление. Весьма широкое распространение имеют явно не связанные с углеразработками случаи подтопления. Широко распространена суперпозиция процессов и факторов генерации подтопленности различного генезиса.

Тяготение подтопления к полям ликвидированных шахт связано с затоплением их выработок. В таких условиях даже непродолжительное затопление шахт, как это было в годы Великой Отечественной войны и по ее окончании, по

воспоминаниям ста-рожилов развилось подтопление земной поверхности в центрах углеразработок.

Затопление шахт вызывает подъем уровней подземных вод всех вовлекаемых в дренаж гидрогеологических элементов массива с самоликвидацией – в пределе – техногенной депрессии подземных вод.

В общем случае шахтная вода проникает в приземные слои по каналам естественного (водопроницаемые слои и зоны) и искусственного (горные выработки, буровые скважины, нарушения от сдвижения) происхождения. На пути своего стока или отведения она, насыщая породы или осуществляя подпор подземных вод, способствует тем самым развитию подтопления.

На полях в разные годы ликвидированных или брошенных шахт известны несколько десятков только крупных проявлений рассматриваемого процесса. Как показывает опыт изучения подтопления в рассматриваемом регионе, в первом случае ему потенциально подвержена в первую очередь область дренажного влияния ранее действовавшего водоотлива шахты на горизонты грунтовых вод, во втором – местность вдоль трасс, пунктов и у места впадения потока дренажных вод.

Необходимо отметить, что подтопление было развито также на полях действующих шахт. Подобный эффект был широко распространен на территории ряда шахтерских городов еще с 1950-гг., когда освоение залежей угля шло по нарастающей и, соответственно, не прерывалась деятельность шахтного водоотлива. В определенной степени в этом период возникновение подтопления было связано с углеразработками. Среди вызванных эксплуатацией факторов перевешивал фактор оседания поверхности и слоев горного массива, а фактор водоотведения в конкретных гидрогеологических условиях имел менее существенное значение.

Подтопление развивается в различных формах, зависящих от сочетания факторов, определяющих соотношение питания и условий разгрузки грунтовых вод. Оно проявляется на участках подземных разработок в различных формах и генетически различных вариантах. Охарактеризуем основные вполне представительные в части условий и типов подтопления объекты Восточного Донбасса.

В данном отношении вызывают большой интерес результаты обследования местности на относительно небольшом объекте – поле шахты «Комиссаровская» (к востоку от г. Гуково), где развито подтопление земной поверхности и заглубленных в грунт сооружений в припойменной части долины реки Лихая и прилегающих к ней хуторах. В этой небольшой «лаборатории» представлено большинство типов подтопления, характерной для региона.

До середины–конца 1960-х гг. какие-либо существенные проявления подтопления известны здесь не были или были незначительны настолько, что не оставили следа в памяти местных жителей и отчетах о геологическом изучении территории. Затем ситуация стала меняться.

Хронологически первый тип рассматриваемого гидродинамического явления получил распространение в долине и, главным образом, в устьевой части балки Таловая в хуторе Комиссаров. Основной причиной его возникновения явилось сочетание оседания здесь земной поверхности над очистными выработками 1967-1968-х гг. и заполнения возникшей мульды сдвижения илистым материалом, который выпадал в этой ловушке из сбрасываемых по балке

шахтных вод. Подтопленность развилась в основном на месте илистого массива в мульде. Процесс сдвижения сыграл ведущую роль в формировании здесь соответствующих условий. К концу 1960-х гг. обстановка вполне стабилизировалась.

Несколько позже (в 1970-1996-х гг.) аналогичная ситуация получила развитие ниже впадения ручья балки Таловая в реку Лихая в долине последней под влиянием осаждения взвешенного материала из стока шахтной воды. Площадь размещения техногенного водоносного массива оказалась намного выше, чем в балке Таловая, распространившись вниз по течению реки не менее чем на 1 км.

После прекращения водоотлива из шахты произошла стабилизация размеров этого массива и приуроченной к участку его распространения подтопления земной поверхности. Здесь, несмотря на оставление под руслом реки Лихая ряда целиков, важную, хотя и менее значительную по сравнению с выше рассмотренной ситуацией, роль играло сдвижение массива.

Подтопление второго типа связано с подъемом грунтовых вод, гидродинамически подпертых водотоком реки Лихая. Подпор получил развитие во многих местах прирусловых частей долины реки и на непосредственно прилегающих к ним участках в связи с захламлением русла и долины бытовым мусором. Ввиду незначительности подпора подъем грунтовых вод распространен здесь узко локально. Главное значение в формировании подтопленности этого типа имеет запруживание русла. Подобная антропогенная деятельность вносит определенный вклад и на участках преобладания подтопленности первого и других, рассмотренных далее типов.

Как переходное между первым и вторым типами может быть квалифицировано явление подтопления в долине реки Лихая и на прилегающей к руслу территории ниже по течению от фонтанировавших скважин №№ 8993, 8994 (появилось вместе с участком заиления долины после апреля 2000 г. и развивалось вплоть ликвидации скважины в сентябре 2001 г.) и от фонтанирующей в настоящее время расположенной ближе к устью балки Таловая скважины № 9083 (с сентября 2001 г.; наложилось на уже имевшую место заиленность и подтопленность, их усилив). Здесь выпадавшие из шахтной воды (ее минерализация – в настоящее время до 15 г/дм^3) взвешенные вещества и соединения железа в коллоидном виде (концентрация до нескольких сотен мг/дм^3) задерживаются зарослями камыша. Эти скважины пробурены для ограничения уровня затопления выработок шахты с целью борьбы с подтоплением.

Ниже по течению от скважин №№ 8993, 8994 на фоне относительно небольшого влияния сдвижения поверхности главное значение приобрела депонирующая роль водной растительности, в связи с чем данное проявление ближе ко второму типу подтопления. Рассматриваемое гидродинамическое явление, более близкое к первому типу, свойственно участку ниже скважины № 9083, где влияние сдвижения однако не столь заметно и значительно, как в балке Таловая. Распространение подтопленности вниз по течению реки будет происходить до тех пор, пока продолжается самоизлив скважины № 9083. Правомерность такого заключения подтверждает факт повторного заиления и подтопления долины реки вскоре после ее расчистки.

Таким образом, на поле шахты «Комиссаровская» имеются участки подтопления, порожденные реализацией мер по ее ликвидации, а также связанные с

эксплуатацией шахты и, напротив, генетически с ней не связанные.

Процесс подтопления, охвативший в настоящее время территорию г. Шахты на площади несколько десятков квадратных километров, известен своими проявлениями еще с 1930-х гг. В значительной мере сказанное относится к формированию особенно крупной зоны в южной и восточной частях территории г. Шахты, где ранее обособленные очаги развития подтопления имеют тенденцию к слиянию. На значительной части этой урбанизированной площади уровень грунтовых вод находится на глубине не более 0,5 м. Здесь проявляются и находятся в отношении суперпозиции рассмотренные выше и другие типы подтопления.

Через территорию производится подача воды по трубопроводам в различные районы города Шахты, а также в другие населенные пункты. К настоящему времени здесь закрыто и в разной степени затоплено большинство угольных шахт.

Способствующими факторами являются равнинность местности, и неблагоприятные геолого-гидрогеологические условия. Практически повсеместно на территории города развит покров отложений кайнозойского возраста мощностью до нескольких десятков метров. В низах четвертичных отложений залегает толща скифских глин.

Наличие этой толщи препятствует активной гидравлической связи различных водоносных горизонтов, обеспечивая их автономность в отношении источников питания, мест и способов разгрузки, мало нарушенную в ходе освоения угольных месторождений.

Фильтрационные свойства суглинков, супесей, песков четвертичного возраста невысоки (коэффициент фильтрации суглинков колеблется от десятитысячных до сотых долей м/сут).

О причинах подтопления свидетельствуют данные о локализации его площадей и проявлении подземных вод на поверхности, выявленные в ходе гидрогеологического обследования юго-восточной части городской территории. Наиболее сильно этот процесс развит в пределах наиболее пониженных участков рельефа и вблизи водонесущих коммуникаций. Здесь грунтовые воды приближаются на минимальное расстояние к земной поверхности или разгружаются на нее, формируя довольно крупные для местности водотоки.

Результаты гидрогеологического обследования свидетельствуют о совершенно четкой приуроченности участков с наиболее высоким положением зеркала грунтовых вод к трассам водоводов и сброса технологических вод ОАО «Донбассводоснабжение».

На водораздельном пространстве в пос. Рабочем утечки воды из крупного водовода привели к формированию водоема и обширной заболоченности. Роль утечек демонстрирует такой факт: в поселках Рабочий и Новостройка по пониженной части текут крупные ручьи, причем в последнем из них дебит ручья резко снижается в период отключения подачи воды в поселок.

Подтопление генерировал временно прекращенный сброс по балке шахтных вод, откачиваемых из шахты «Глубокая». В пос. Северный участок подтопления тяготеет к железнодорожной насыпи. Эти данные однозначно указывают на формирование подтопления за счет таких источников как утечки из водоводов и инфильтрация технологических вод, а также ослабления стока подземных и поверхностных вод. Нарушения стока связаны с наличием насыпей под железные и автомобильные дороги.

При всей важности, эти причины не являются, однако, по нашему мнению

здесь принципиально «достаточными». Они затеняют связь процесса подтопления с другими факторами, особенно, оседанием земной поверхности над выработанным пространством угольных шахт.

Неоднократная подработанность большей части территории шахтами системами с обрушением кровли привела к значительному (до 2 м) и неодинаковому по площади оседанию поверхности, формированию здесь систем локальных понижений рельефа – обширных дрен с особо благоприятными условиями для преобладания приходных статей водного баланса. Как и на большинстве других объектов, равнинность рельефа, наличие покровных отложений создает затруднения для подземного и поверхностного стока.

Условия для естественного дренажа грунтовых вод неблагоприятны вследствие отсутствия эффективных природных и инженерных дрен, низкой проницаемости пород покрова и незначительности уклона фильтрационного потока. Тенденция к повышению фильтрационных свойств за счет механической суффозии пока не приобрела существенного значения.

Разобщенность водоносных горизонтов четвертичных и более древних отложений препятствует снижению подтопления путем организации глубокого водопонижения в каменноугольном водоносным комплексе с помощью водоотлива из шахты «Глубокая» даже при поддержании уровня ее затопления значительно ниже земной поверхности.

Имея определенное сдерживающее влияние на подтопление, поддержание уровня шахтных вод значительно ниже земной поверхности и подошвы обводненных покровных отложений, оказалось не в состоянии обеспечить защиту городской территории.

Более тесную и определенную связь подтопления с «мокрой» и «полусухой» ликвидацией шахт показывает, в частности, ситуация в Ново-шахтинске. Здесь все шахты закрыты к концу 2003 г.

Степень подтопления городской территории пока невысока, однако этот процесс постепенно распространяется на новые площади, особенно быстро после сокращения выпуска воды из шахты им. С.М. Кирова и подъема уровня затопления ее выработок. По своему геологическому строению и гидрогеологическим условиям территории городов Новошахтинск и Шахты довольно сходны. Вместе с тем имеется хорошая гидравлическая связь горизонтов каменноугольных и покровных отложений.

Здесь проявления этого гидродинамического процесса были известны еще в период активной эксплуатации шахт. Расширение его очагов не прекратило ограничение затопления шах-ты им. С.М. Кирова. По предвари-тельным данным закономерности распространения подтопления на площади те же, что и в черте г. Шахты.

В условиях характерного для района высокого положения грунтовых вод в естественном залегании углеразработки способствовали подтоплению земной поверхности косвенным способом, обеспечив ее оседание на площади около 100 км^2.

По нашему мнению подтопление связано в основном с крупными утечками из водонесущих городских коммуникаций и неблагоприятными условиями для стока подземных вод, хотя ликвидация шахт не могла не ускорить этот процесс.

Балансовые оценки подтверждают правомерность такого заключения. Они показывают, что инфильтрация атмосферных осадков обеспечивает поступ-

ление в шахты района воды в среднем не более 400 м^3/ч.

Источником поступления остальной части притока средней величиной около 1100-1300 м^3/ч могут быть утечки воды из различных водонесущих коммуникаций.

Так, по данным ОАО «Донбассводоснабжение» в 1998г. в город было подано 14592 тыс. м^3 воды или в среднем 1670 м^3/ч. На городские очистные сооружения поступило 4346 тыс. м^3 или в среднем 500 м^3/ч. Соответственно, потери только по этой линии составили 1170 м^3/ч; значительная часть воды пополнила запасы подземных вод и, следовательно, поступила в выработки шахт или пошла на насыщение покровных отложений.

Прямым фактором подтопления служат в настоящее время утечки воды, которые возникли при порывах трубопроводов на полях затопленных шахт под влиянием развившегося здесь подъема земной поверхности.

Развитию подтопления здесь благоприятствует тот же комплекс природных и антропогенных факторов, что и на территории г.Шахты.

Главной причиной малой результативности мероприятий или даже усиления под их влиянием подтопленности служит нарушение принципа соответствия способа реабилитации природе осложнений и особенностям объекта воздействий (геолого-гидрогеологические условия, рельеф, геомеханическая нарушенность горнопородного массива и проч.).

Сложившаяся в гг. Шахты и Новошахтинск ситуация свидетельствуют о необходимости выяснения роли в развитии рассматриваемого процесса факторов, связанных как с собственно ликвидацией шахт, так и с другими причинами. Ликвидация подтопления большей части территории г. Шахты с помощью понижения уровня затопления систем горных выработок (прежде всего, шахты «Глубокая») при современном уровне понимания гидрогеологической ситуации представляется невозможной. В то же время мера способна дать определенный эффект для г. Новошахтинска, где недостаточное ограничение затопления шахт стимулирует подтопленность территории.

Отсутствие научно обоснованных мер по реабилитации окружающей среды, прогноза их последствий, не использование накопленного научного задела и ряд других, преимущественно, организационных причин не позволяет улучшить экологическую обстановку на ряде объектов региона.

Решение соответствующего комплекса вопросов предполагает изучение закономерностей гидродинамического взаимодействия затапливаемых шахт с подземной гидросферой, совершенствование системы гидрогеологического мониторинга отдельных горных объектов и всего Восточного Донбасса.

Публикация подготовлена в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Адаптация народов и культур к изменениям природной среды, социальным и техногенным трансформациям». ГИАБ

Коротко об авторах

Мохов А.В., Химченко А.Г. – ЮНЦ РАН,
Селиванов Б.В. – ООО «Росинвестпроект».

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 11 симпозиума «Неделя горняка-2007».
Рецензент д-р техн. наук, проф. *И.М. Петухов.*