

Заборин М.С., Богун Л.Д., инженеры, Воевода Б.И. доктор геол.-минер. наук (Донецк)

## ГЕОДИНАМИКА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПРЕДЕЛАХ ЗАКРЫТЫХ ШАХТ

Одной из актуальнейших экологических проблем угледобывающих регионов Украины последнего десятилетия являются негативные явления и процессы, связанные с ликвидацией угольных шахт и разрезов. Явления и процессы носят многовекторный характер и так или иначе связаны с восстановлением естественных уровней подземных вод (УПВ), сдренированных в период эксплуатации. К основным из них следует отнести подтопление и заболачивание дневной поверхности, изменение химического состава подземных и поверхностных вод, активизация сдвижений земной поверхности над горными выработками, ухудшение физико-механических свойств горных пород, а также выдавливание шахтных газов на дневную поверхность.

Несмотря на актуальность проблемы, ликвидации значительного количества шахт не предшествовала комплексная, научно обоснованная прогнозная оценка возможных последствий их влияния на окружающую среду с принятием упреждающих мер. Национальная Академия наук Украины не проводила фундаментальных исследований возможных изменений экологической ситуации горнодобывающих регионов в связи с массовой одновременной ликвидацией шахт [1]. Министерством угольной промышленности Украины не была создана в полном объеме и зачастую не работала режимная сеть гидронаблюдательных скважин, поэтому выполнить объективный гидрогеологический надзор весьма сложно. Значительно позже после начала затопления шахт проводились наблюдения за сдвигами земной поверхности.

В настоящее время одним из наиболее актуальных вопросов остается оценка изменений гидрогеологического режима в пределах закрытых шахт, управление гидродинамическим режимом, а также прогнозирование зон заболачивания и подтопления дневной поверхности.

Следует отметить, что существующие методики оценки изменения гидрогеологического режима во многом основаны на закономерностях, полученных в период восстановления

затопленных во время Великой отечественной войны шахт – 1943 – 1950 г.г. В этот период были собраны и обобщены обширные материалы, позволившие установить ряд важных закономерностей по скорости и времени затопления шахт, характеру выхода подземных вод на поверхность, изменению химического состава подземных вод при затоплении горных выработок и др. По результатам исследований впервые было введено понятие «коэффициента заполнения», который выражается как отношение объемов воды, поступающего в горную выработку, к объему горной выработки [2]. Коэффициент заполнения характеризует степень сохранности выработок и, наряду с объемом водопритоков, играет решающую роль в динамике восстановления УПВ.

Результаты современного этапа исследований гидрогеологических проблем закрытия шахт обобщены в методических рекомендациях, разработанных в Днепропетровском отделении УкрГГРИ в 2001 году [3].

Принципы и методы прогнозной оценки изменений гидродинамической обстановки в условиях закрытия шахт основаны на изучении нарушенного уровня режима подземных вод и направления их движения в плане и разрезе. Для прогнозирования изменений гидродинамической обстановки предлагается использовать гидродинамический (аналитический и математический), балансовый, вероятностно-статистический методы, а также метод гидрогеологических аналогий. Методы оценки скорости восстановления УПВ основаны на законах гидродинамики с учетом неоднородных фильтрационных свойствах горного массива в пределах шахтного поля. Точность прогнозной оценки в значительной степени зависит от достоверности исходной гидрогеологической информации, сведениях о гидравлической связи между водоносными горизонтами, в т.ч. и по зонам тектонических нарушений. Хотя, как отмечают авторы упомянутых рекомендаций, наибольшее значение в обводнении шахт имеет прямая гидравлическая связь с соседними шахтами (шахтой) по сбоям при ее наличии, а также объем водопритока, поступающего в шахту. Следует отметить, что о роли тектонических нарушений в восстановлении УПВ говорится только в описании решения задачи математического моделирования затопления шахт. Так, при обосновании расчетной геофильтрационной схемы в модели учитывается

экранирующие свойства надвигов, а также повышенная проницаемость зоны сбросов [3]. Данные свойства используются для регулирования и корректировки взаимосвязи между расчетными водоносными слоями.

Кроме того, авторы отмечают, что для более точного прогноза скорости затопления горных выработок кроме «чистого» объема выработанного пространства необходимо учитывать объем природных пор и трещин, а также разуплотнение в зонах водопродящих трещин над горными выработками [3].

Сам механизм затопления шахт мало изучен. По данным гидрогеологических работ, проведенных в Стахановском районе Луганской области, процесс затопления следует разделять на два этапа [3,4]. На первом этапе, который длится один – два года, происходит заполнение горных выработок. На втором этапе, длительностью пять – десять лет завершается процесс заполнения горных выработок и идет насыщение водой ранее осушенного породного массива. В зависимости от того, на каком этапе затопления находится шахта, различны области формирования зон подтопления и заболачивания. На первом этапе подтопление земной поверхности возможно в местах выхода горных выработок на поверхность за счет восстановления пьезометрического напора, в поймах рек, на участках проседания дневной поверхности [4]. На втором этапе процессы подтопления приобретают более обширный характер, а сама методика прогнозирования зон подтопления усложняется. На данном этапе развитие процессов подтопления возможно в местах разгрузки подземных вод (родники), в поймах рек за счет восстановления естественных УПВ, в местах развития водопродящих трещин [4]. Однако следует отметить, что фактически оценить правильность такого подхода пока сложно. Особенно это касается второго этапа, в виду отсутствия шахт с полным циклом затопления.

Не менее важным фактором, влияющим на скорость подъема УПВ, является объем водопритока. Так, на примере Брянковской группы шахт была установлена роль составляющих водопритока, имеющих влияние на формирование водного баланса [5]:

- инфильтрация атмосферных осадков на площади водосбора (шахтное поле);

- техногенная инфильтрация (утечки из водоводов различного типа, утечки из гидротехнических сооружений);

- привлечение ресурсов естественных водотоков;

- переток из глубоких напорных водоносных горизонтов.

Решающую роль – до 80-85%, в формировании запасов подземных вод в пределах рассмотренной территории играет инфильтрация поверхностных вод. На начальном этапе восстановления УПВ решающую роль играет переток из глубоких напорных горизонтов. По мере подъема уровня его роль уменьшается, и на верхних горизонтах основным фактором формирования запасов подземных вод являются атмосферные осадки и речной сток [5].

В диссертационной работе Черниковой С.А. «Геогидродинамическое обоснование мониторинга процесса затопления угольных шахт Донбасса (на примере Стахановско-Брянковского региона)» сделана попытка разработки методики прогнозирования скорости восстановления УПВ в пределах закрытых шахт, а также попытка предложить схему оптимизации расположения гидронаблюдательных скважин. В основу этих разработок положены данные наблюдений за динамикой УПВ, которые свидетельствуют о его неравномерном восстановлении на различных участках шахтного поля. Данное явление автор связывает с различной степенью подработанности горного массива. Так, «аномальное» поведение УПВ (наличие кратковременного снижения УПВ на фоне общей тенденции подъема) по отдельным наблюдательным скважинам автор объясняет наличием в горном массиве зон водопроводящих трещин (ЗВТ), которые формируются в результате обрушения кровли горных выработок. На этом основании автор выделяет три группы объектов с различной динамикой затопления [6]: участки вне ЗВТ со сравнительно невысокой скоростью водоподъема; участки, приуроченные к ЗВТ от горных работ и трещиноватым породам, характеризующиеся резкими подъемами и опусканиями уровня; участки вблизи шахтных стволов с равномерной скоростью водоподъема. Для указанных групп объектов выведены статистические зависимости, которые позволяют спрогнозировать положение УПВ во времени.

При размещении наблюдательных скважин, по мнению Черниковой С.А., необходимо учитывать наличие зон возможного подтопления территорий в местах выхода на поверхность горных выработок и водопроводящих трещин, геоморфологические условия земной поверхности, территориальное расположение соседних шахт. Также в работе предлагается геометризация затапливаемого массива способом многоугольников на гипсометрическом плане разрабатываемого пласта [6]. Вокруг шахтных стволов, используемых для наблюдения, и каждой наблюдательной скважины выделяется площадь «ближайшего района», на которую распространяются значения абсолютной отметки УПВ, скорости водоподъема и горно-геологических параметров [6]. Итак, автор предлагает выполнять прогноз динамики УПВ с помощью методов структурного представления подработанной толщи с учетом базы горно-геологических параметров, полученных в период разведки и эксплуатации месторождения.

На наш взгляд, в работе имеется ряд существенных недостатков, ставящих под сомнение ее достоверность, а также научное и практическое значение.

Так, в работе отмечено, что при прогнозировании положения УПВ близкие к фактическим данным значения получены только для объектов первой и третьей групп. Для объектов «второй группы» ошибка прогноза составляет 15 – 20 %, что выходит за пределы требуемой точности [6]. В следующем разделе автор приводит уравнения зависимости скорости подъема подземных вод от гидрогеологических и физических свойств пород по отдельным интервалам затопления для всех трех групп объектов. Несмотря на значительную ошибку прогноза для объектов «второй группы», автор делает вывод о практической ценности данной методики.

Отдельно следует остановиться на выбранных Черниковой С.А. горно-геологических параметрах, характеризующих группы объектов – скорость водоподъема, коэффициент фильтрации, водоприток по интервалам, сопротивление пород одноосному сжатию ( $\sigma_{сж}$ , МПа), гидравлическая составляющая с учетом тектонической нарушенности ( $\gamma \times H$ , МПа). Представленные показатели характеризуют свойства объектов и процессы, происходящие в их пределах, но их объединение в одну группу горно-геологических параметров не верно. Например,

скорость водоподъема является следственной характеристикой, и обусловлена объемом водопритока и трещиноватостью массива. А сопротивление пород одноосному сжатию не влияет на гидрогеологические параметры. Данный показатель определяет характер структурной связи горных пород. Например, для аргиллитов данный показатель составляет менее пяти МПа, что соответствует грунтам пониженной и низкой прочности [7]. В тоже время аргиллиты являются водонепроницаемыми породами. Поэтому для оценки трещиноватости необходимо применять другие показатели. Подтверждают сказанное и цифры, приведенные в работе. Так, сопротивление пород одноосному сжатию для первой группы составляет 43 – 104 МПа, для второй – 38,5 – 104 МПа, для третьей – 39 – 104 МПа [6]. Т.е. для всех трех групп рассматриваемый параметр имеет практически одинаковые значения и большой (в 2,5 – 2,9 раза) разброс внутри группы. Такая неоднородность свойств массива в пределах группы однозначно не может определять те или иные особенности динамики УПВ. Примерно тоже самое можно сказать и о гидравлической составляющей, величины которой для первой – третьей групп имеют значения 2,05 – 11,85 МПа, 0,49 – 8,25 МПа, 5,00 – 18,59 МПа соответственно [6]. К слову, автор не раскрывает физический смысл данного термина.

Также автор указывает и на повышенные значения водопритока для второй группы объектов, который составляет 12,8 – 8100 м<sup>3</sup>/час. Однако, для условий Алмазно-Марьевского углепромышленного района, как и Донбасса в целом, водопритоки со значениями в несколько тысяч м<sup>3</sup>/час не имеют места.

По мнению авторов данной статьи, прочностные свойства горного массива имеют близкие значения практически по всем группам объектов. Это объясняется тем, что большая часть наблюдательных скважин, по которым брались данные, пробурены на горные выработки. Следовательно, все эти скважины пересекают зоны трещиноватости над горными выработками как минимум по одному пласту и поведение УПВ должно быть примерно одинаковым, что не наблюдается.

Таким образом, одна из основных идей диссертационной работы Черниковой С.А. не подтверждается фактическими данными. Но, несмотря на указанные недостатки, на сегодняшний день данная работа является единственной, в которой делается попытка прогнозирования динамики УПВ в пределах закрытых шахт.

Можно сделать вывод, что динамика УПВ в большей степени зависит от других факторов. К таким факторам, прежде всего, относится зонально-блочное строение земной коры. По современным представлениям вся земная кора повсеместно разбита на блоки различных размеров. Границы между блоками земной коры различной тектонической активности представляют собой геодинамические зоны (ГДЗ). Они имеют определенные размеры по ширине (в плане), различную протяженность линейную и на глубину, зависящие от причин, вызывающих движение блоков. ГДЗ могут иметь либо аномально напряженное состояние (при дальнейшем развитии которого может произойти разрыв и перемещение блоков горного массива), либо представляют собой структуры, по которым происходили или происходят тектонические подвижки блоков горного массива [8]. В пределах ГДЗ породы испытывают повышенные напряжения и деформации, интенсивную дезинтеграцию (разуплотнение), локальное изменение литологического состава. Разуплотненные трещиноватые породы, расположенные в пределах ГДЗ, обеспечивают повышенную фильтрацию как природных, так и техногенных загрязненных вод [9].

Для выявления ГДЗ (геодинамическое картирование) в настоящее время существует ряд достоверных и проверенных практикой геолого-геофизических методов. К ним относятся дешифрирование космических и аэрофотоснимков, морфометрический метод анализа топографических карт, комплекс геофизических методов – эманационный, магнитодинамический, электрометрический и др. [10].

Существование ГДЗ достоверно установлено исследованиями тематической экспедиции ПО «Укруглегеология» (Рябоштан Ю.С., Тахтамиров Е.П.). В настоящее время работы по изучению ГДЗ и совершенствованию методики их выявления проводятся в УкрНТЭК.

Необходимость проведения геодинамического картирования с целью снижения экологического ущерба на полях шахт, планируемых к закрытию, говорится в работе Э.Я. Кипко, Е.Г. Соболева и О.В. Савченко [10]. Авторы отмечают, что активизация подвижек при обводнении горного массива в результате закрытия шахт будет происходить по тектоническим нарушениям и ГДЗ. Предварительное геодинамическое картирование позволит выделить участки, где возможен максимальный ущерб от сдвижений, а также позволит определить объемы режимных наблюдений за объектами и их предварительному укреплению [10].

Результаты анализа существующих методик прогнозирования динамики УПВ в пределах закрытых шахт, а также положения геодинамической концепции, позволяют говорить о новом подходе к решению данного вопроса. Оценку поведения УПВ при восстановлении гидрогеологических условий необходимо производить с учетом зонально-блочного строения горного массива. О влиянии ГДЗ на поведение уровня подземных вод можно говорить исходя из следующих позиций. Высокая трещиноватость ГДЗ служит отличными путями миграции для различного рода жидкостей и газов, что имеет решающее значение в виду значительного участия поверхностных вод в формировании подземных водоносных горизонтов (особенно в гидрогеологически открытых районах). Поэтому участки с высокой скоростью восстановления УПВ приурочены к местам влияния геодинамических зон. Очевидно, что на скорость водоподъема, а также на поведение УПВ на различных участках шахтного поля, будут оказывать количество ГДЗ, их мощность, протяженность в плане и на глубину. Кроме того, развитие процессов подтопления и заболачивания дневной поверхности, в первую очередь, следует ожидать в местах выхода ГДЗ, которые, зачастую, предопределяют формирование орографической сети [10].

Для наиболее точной оценки динамики УПВ в пределах закрытых шахт необходимо учитывать влияние геодинамических зон. С этих позиций, в первую очередь, должна проводиться разработка и реализация защитных мероприятий от возможных негативных последствий закрытия шахт.



## ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Миронов Л.Ф., Ткачук А.В., Бабаев М.В. и др. Об экологических проблемах при закрытии шахт и путях их решения. «Уголь Украины». – 2000. - №7. – с. 39 – 41.
2. А.В. Сидоренко и др. Гидрогеология СССР. Т. 6. Донбасс. - М. 1971. - 480 с.
3. Временные методические рекомендации по методам предварительной оценки изменений гидродинамической обстановки и оптимизации наблюдательной сети в системе мониторинга подземных вод в Донбассе при закрытии шахт. Днепропетровск: УкрГГРИ. – 2001. – 67 с.
4. Ермаков В.Н., Семенов В.А., Улицкий О.А. и др. Развитие процессов подтопления земной поверхности под влиянием закрывающихся шахт. «Уголь Украины». – 2001. - №6. – с. 12 – 15.
5. Ермаков В.Н., Улицкий О.А., Котелевец Е.П. Изменение гидродинамических условий и их роль в подтоплении при закрытии Брянковской группы шахт. «Уголь Украины». – 2000. - №1. - с. 13-15
6. Черникова С.А. «Геогидродинамическое обоснование мониторинга процесса затопления угольных шахт Донбасса (На примере Стахановско-Брянковского региона)» : автореферат дис. канд. техн. наук : 25.00.16 : Пермь, 2004. - 21 с.
7. ДСТУ Б.В.2.1.- 2 – 96 (ГОСТ 25100-95) Грунти. Класифікація. К.: ”Держкоммістобудування”, 1997 р.
8. Воевода Б.И., Соболев Е.Г., Русанов А.Н. Геодинамическое состояние горных массивов и последствия землетрясений. «Наукові праці ДонНТУ»: серія гірничо-геологічна. – 2001. - Вип. 32. – с. 80-87.
9. Соболев Е.Г., Савченко О.В., Петенко С.А. и др. Геодинамические зоны, как пути загрязнения подземных источников водоснабжения. «Проблемы экологии» – 2002. - №2. - с. 17-23.
10. Кипко Э.Я., Соболев Е.Г., Савченко О.В. О предотвращении экологического ущерба при мокрой консервации шахт. «Уголь Украины». – 1997. - №10. - с. 27-31.