

## “МОКРАЯ” КОНСЕРВАЦИИ ШАХТ КАК ИСТОЧНИК ВЛИЯНИЯ НА КАЧЕСТВО ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

*В статье рассматриваются пути решения экологических задач, связанных с техногенным загрязнением подземных вод на примере Светличанского водозабора Луганской области. Описан комплекс исследований и принятых мер по стабилизации экологической обстановки. Рассмотрены аспекты миграции радионуклидов и их влияние на подземные воды.*

**Ключевые слова:** Окружающая природная среда, “мокрая” консервация, подземные воды, отходы, естественная радиоактивность, мониторинг.

*У статті розглядаються шляхи рішення екологічних задач, пов'язаних з техногенним забрудненням підземних вод на прикладі Светличанського водозабору Луганської області.*

*Описано комплекс досліджень і вжитих заходів по стабілізації екологічної обстановки.*

*Розглянуті аспекти міграції радіонуклідів та їх вплив на підземні води.*

**Ключові слова:** Оточуюче природне середовище, «мокра» консервація, підземні води, відходи, природна радіоактивність, моніторинг.

*The ways of solving of ecological problems, which are connected with technological waste of underground waters on the example of Svetlichansky water source at Lugansk region, are discussed. Complex of investigations and suggested methods on stabilization of ecological situation are described. Migration aspects of radio nuclides and their influence on underground waters are discussed.*

**Keywords:** environment, “wet” conservation, underground waters, waste, natural radioactivity, monitoring.

**Постановка проблемы.** Реструктуризация угольной промышленности, проводившаяся в последние 15 лет, привела к существенному нарушению в компонентах окружающей природной среды, которые в ряде случаев имеют региональный масштаб. Особенно остро эта проблема ощутима в регионах с высокой концентрацией угледобывающих предприятий. При этом основной комплекс факторов изменений эколого-геологических параметров геологической среды связан с автореабилитационным подъемом уровней подземных вод, что наиболее характерно для углепромышленных регионов (УПР) Донбасса, а также новым характером воздействий техногенных факторов на формирование эколого-гидрогеологических условий.

Принципиально новым положением процесса реструктуризации УПР является динамическое снижение защищенности прогнозных ресурсов и эксплуатационных запасов подземных вод (ПРПВ, ЭЗПВ) от загрязнения в связи с ростом миграции загрязнений, усиления влияния техногенных объектов зон химического загрязнения ландшафтов по мере регионального повышения уровней подземных вод.

Процесс ухудшения качества подземных вод в Луганской области постоянно прогрессирует. Динамика процесса такова,

что в 1960 году Луганская область имела порядка 1175 тыс. м<sup>3</sup> в сутки кондиционных подземных вод. В 1990 – порядка 400 тыс. м<sup>3</sup>. В настоящее время эта цифра сократилась на порядок. Если динамика сохранится, в ближайшие 5 – 10 лет можно потерять еще до 50% кондиционных подземных вод.

**Анализ публикаций и определение не решенных проблем.** Анализ фактического материала по «мокрой» консервации горных выработок Донбасса так же, как и опыт затопления их во время ВОВ, позволили установить, что подъем уровня воды в шахтах, а следовательно, и подземных вод на прилегающих территориях приводит к:

- заболачиванию территории в пониженных участках рельефа, в т.ч. в поймах рек;
- появлению родников и мочажин с приуроченностью последних, с наиболее высокоминерализованными водами, к старым горным выработкам и зонам тектонических нарушений;
- увеличению минерализации шахтных вод;
- разгрузке в ближайшие водные объекты в количестве 25-35% от шахтного водопритока действующей шахты;
- изменению гидрохимического режима рек в связи с поступлением в них значи-

тельного количества солей с разгружающимися шахтными водами;

- изменению во времени минерализации и качественного состава разгружающихся шахтных вод: достижению максимальных значений в течение 3-5 лет с последующей стабилизацией солевого состава и постепенным снижением содержания солей в дальнейшем со средней скоростью 0,05-0,1 г/л в год. [1 -3]

Относительно компактное размещение шахт при выводе их из эксплуатации создает в региональном масштабе предпосылки к изменению сложившейся техногенной нагрузки в сторону увеличения и одновременно приводит к развитию новых процессов и явлений, а также к усугублению существовавших.

**Цель исследований.** Основной целью данного исследования является описание и попытка систематизации процессов вертикальной миграции высокоминерализованных подземных вод и как следствие ухудшение качества подземных вод мелового водоносного горизонта, используемого для питьевого водоснабжения. Кроме того, вертикальная миграция подземных вод активизирует процессы газовой миграции (в частности метана и радона). В статье дана оценка изменений в подземной гидросфере вследствие “мокрой” консервации шахт, и разработаны мероприятия по минимизации влияния этих процессов на качество подземных вод, эксплуатируемых для питьевого водоснабжения в Луганской области.

**Основной материал исследований.** Шахтная добыча угля существенно нарушила естественную гидродинамическую обстановку региона. Определены основные факторы, обусловившие изменение естественного гидродинамического режима региона, а именно:

- объединение, в результате проходки многочисленных квершлагов и сбоек, в единую систему всех водоносных песчаников, разобщенных в естественных условиях пластами слабопроницаемых пород;

- повышение проницаемости массивов пород в направлении простирания в результате проходки штреков;

- улучшение условий (повышение интенсивности) поступления подземных вод в

систему горных выработок в результате образования за счет обрушения кровли угольных пластов, зоны техногенной трещиноватости, достигающей земной поверхности.

В исследуемом случае на небольшой территории действовали два предприятия, существенно влиявшие на подземную гидросферу. Добыча угля шахтой “Пролетарская” существенно влияла на качественный состав подземных вод эксплуатируемых Светличанским водозабором.

В результате анализа многолетних наблюдений выявлено, что минерализация шахтной воды была 7,0 г/дм<sup>3</sup> в начале эксплуатации, но уже в 1972 году достигла 22,4 г/дм<sup>3</sup>, а при проходке горизонта 680 м минерализация шахтной воды составила 82 г/дм<sup>3</sup>, что в целом является аномальным для Донбасса. В последние годы эксплуатации шахты минерализация составляла 17,0 - 18,0 г/дм<sup>3</sup>. Шахтный водоотлив в среднем составлял 3-4 тыс.м<sup>3</sup>/сутки на протяжении всего времени эксплуатации (1961 - 1996 годы).

Установлено, что поверхностный сброс высокоминерализованных шахтных вод привел к образованию линзы загрязнения подземных вод в тальвеге балки Светличная. Вода с аномальным составом - сухой остаток 2,8 г/дм<sup>3</sup>, хлориды - 1,3 г/дм<sup>3</sup> находилась в меловом водоносном горизонте, в непосредственной близости от Правобережной группы скважин Светличанского водозабора. В 80 – 90 годах площадь хлоридного загрязнения была оконтурена с помощью наземных геофизических исследований методом вертикального электрического зондирования. На срезе 30-40 м наибольшая интенсивность загрязнения (минерализация воды более 3,0 г/дм<sup>3</sup>) была отмечена в тальвеге балки Светличной и Правобережной группы скважин Светличанского водозабора. На левобережье максимальная минерализация воды была зафиксирована северо-западнее устья балки Светличной, в южной части Бобровской и Левобережной водозаборных площадок и составляла от 1,0-3,0 г/дм<sup>3</sup>.

Выявлено, что после закрытия шахты “Пролетарская” отмечался замедленный рост содержания хлоридов в воде работающих скважин и перераспределение различ-

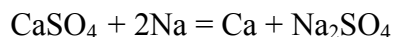
ных видов загрязнения в водоносном горизонте.

Анализируя гидрогеологические условия района исследований, отметим, что подземные воды в исследуемом районе содержатся практически во всех стратиграфических горизонтах. В каменноугольных отложениях водоносными являются отложения песчаников, известняков и песчаных сланцев. Подземные воды циркулируют в большей части по трещинам, особенно это относится к верхней части разреза (на глубинах до 150 м). Здесь, по материалам исследований, трещиноватость достигает 6-7 %. Разнообразие геологического строения, условий залегания, питания и дренирования обусловили очень пестрый состав и минерализацию подземных вод карбона. Для верхней части разреза характерна низкая минерализация, в районе 1 г/дм<sup>3</sup> и гидрокарбонатный, и гидрокарбонатно-сульфатный тип воды. Ниже 200 м характерен переход в сульфатный тип и ниже 500 м – хлоридные воды. В зоне влияния Северо-Донецкого надвига, в районе исследований на шахты “Пролетарская” и шахты “Луганская” вода хлоридно-натриевая с минерализацией 18-20 г/дм<sup>3</sup>. [4, 6]

Установлено, что вертикальная гидрохимическая зональность по типам вод в природных условиях существует длительное время практически без изменений. Но в процессе эксплуатации и последующего закрытия угольных шахт химическая обстановка резко меняется.

Анализ данных показывает, что в период эксплуатации шахты, когда в выработках, где содержание серы в углях и вмещающих породах достигает 3 -4 %, подается воздух, интенсивно протекают окислительные процессы. Значительное количество шахтных вод имеют кислую реакцию, а по типу они все сульфатные с минерализацией 2-3 г/дм<sup>3</sup>.

Показано, что после закрытия шахт подземные хлоридно-натриевые воды из глубоких слоев начинают быстро заполнять выработанное пространство, соединяясь с сульфатно-кальциевыми водами верхней зоны. При этом происходит обмен ионов кальция воды на адсорбированные ионы натрия (по А.М.Овчинникову) по реакции:



Далее в условиях анаэробной среды в присутствии метана (CH<sub>4</sub>), а шахты “Пролетарская” и “Луганская” по газовому фактору являются сверхгазоносными, развивается деятельность десульфидирующих бактерий, ведущая к восстановлению сульфатов:



Установлено, что в результате восстановления сульфатов формируются щелочные воды гидрокарбонатно-натриевого типа. Этот процесс происходит по шахтам: “Пролетарская”(рН-11,0), “Луганская”(рН-11,5), “Замковская” (рН-10,5).

Длительность существования щелочных вод в затопленных горных выработках никем не изучалась.[5]

Анализ данных показывает, что ухудшение качества воды в меловом водоносном горизонте возможно при смешении с высокоминерализованными (до 82,3 г/л) водами карбона. Этому способствует большое количество горных выработок на территории шахтного поля и наличие разрывных нарушений (Северодонецкий, Чехировский и Диагональный надвиги), а так же сопутствующая им зона дробления горных пород.

Данные наблюдений за качественным составом вод в горных выработках затопляемых шахт показывают сложную гидрохимическую структуру заполнения шахтного пространства подземными водами. [2, 3, 5]

Анализ воды на соседней с шахтой “Пролетарская” шахте “Луганская”, имеющей сходные тектонические и гидрогеологические условия, показал, что в наблюдательной скважине Л - 1152 содержание солей в воде в 2003 году составило 1,7 г/дм<sup>3</sup>, а рН составило 11,7-11,8.

Опыт показывает, что в горных выработках происходит катионное умягчение воды из-за высокого содержания в подземной воде катионов натрия. Однако, необходимо отметить, что в разных частях затопленных горных выработок, несмотря на гидравлическую связь, содержатся различные по своим химическим характеристикам воды. При этом на данном этапе не прослеживается гидрохимическая зональность ни по общей минерализации, ни по составу вод. В настоящее время происходит формирование хи-

мического состава шахтных вод по линии насыщения ее сульфат- ионами и двухвалентным железом. Основным процессом формирования этой воды является окисление сульфидов железа. [2, 6]

Учитывая расположение шахтного поля в области питания Светличанского водозабора, необходимо предусмотреть возможное увеличение минерализации вод в верхнемеловом водоносном горизонте при подъеме уровней и принять меры по недопущению продвижения высокоминерализованных вод к эксплуатационным скважинам.

Проведенные расчеты показывают, что достижение фронтом высокоминерализованных вод эксплуатационных скважин Правобережной группы, при коэффициенте фильтрации 10 м/сут., возможно в течение 3 лет, поэтому мониторинг качества химического состава подземных вод целесообразен в течение минимум 10-15 лет.

В связи с этим автором предлагается:

а) Организация двух створов гидрогеологических скважин глубиной до 100 м, либо двух “конвертных” площадок с общим количеством скважин 10;

б) Осуществление режимных наблюдений с замерами уровней подземных вод и контроль их химического состава;

в) Организация наблюдений за подъемом уровня шахтных вод и отбор проб для определения их минерализации.

В качестве одного из путей выхода из сложившейся ситуации предлагается рассмотреть возможность перевода шахты “Пролетарская” на полусухую консервацию.

**Выводы.** В связи с нарушением сложившейся гидрогеологической обстановки в

районе после закрытия путем «мокрой» консервации ряда угольных шахт, подъема высокоминерализованных вод к поверхности и их смешивания с грунтовыми и поверхностными водами, ожидается качественное изменение последних. Нами предполагается повышение минерализации воды в действующих водозаборах, появление в воде тяжелых металлов и радионуклидов, характерных для глубоких горизонтов. [2 – 4, 6] В частности, по результатам эколого-геохимических работ УкрНИИЭП в 1998-2003 гг. отмечается накопление естественных радионуклидов и тяжелых металлов в отстойниках шахтных вод (шахты «Луганская», «Пролетарская»), высокие содержания радона в подземных водах в районе шахт «Пролетарская», «Луганская», «Максимовская» и на Светличанском водозаборе. [1, 2, 4]

В этой связи становится очевидным необходимость проведения работ по мониторингу загрязнения подземной гидросферы, на выделенном участке. Это позволит своевременно оценивать характер и масштабы загрязнений, тенденцию его изменения, и, как следствие, оперативную реализацию необходимого комплекса водоохранных мер. В настоящее время действуют 5 наблюдательных скважин, по которым ведется локальный мониторинг укрытия отходов с повышенной естественной радиоактивностью, в районе пруда-отстойника бывшей шахты «Пролетарская». Они могли бы стать первой очередью предлагаемой системы мониторинга.

#### *Литература*

1. Заключение и рекомендации по стабилизации экологической обстановки на шахте “Пролетарская” ГХК Луганскуголь, УкрНИИЭП, 2000.
2. Удалов И.В. Особенности техногенного загрязнения подземных вод (на примере Светличанского водозабора Луганской области)//Вестн. Харьк. политехн. ин-та. 2005. №27. Хим., хим. технологии и эколог. с.115-121
3. Ермаков В.Н., Улицкий О.А., Спужакин А.И. Изменение гидродинамического режима шахт при затоплении//Уголь Украины., 1998., №6., с.11-13
4. М.В.Бабаев, Б.Я.Пятко, И.В.Удалов “Особенности радиационной ситуации при закрытии угольных шахт (шахта” Пролетарская” ГХК Луганскуголь)”, ННЦ ХФТИ, 2003г. с.133-136
5. Котелевец Е.П., Тарахало А.В. Отчет о результатах выполненных работ по теме: “Мониторинг за состоянием геологической среды на территории закрытых шахт Стахановского региона”. - № 402 к /02 от 25.07.02. - Луганск, 2003.- Т. 1: Гидрогеологический мониторинг. – 104 с.
6. Удалов И.В., Решетов И.К. К вопросу «мокрой» консервации шахт и ее влияния на качество подземных вод Луганской области// Збірник наукових праць. Тематичний випуск “Хімія, хімічна технологія та екологія”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2007. – № 8. – С. 34–40.