

УДК 577.4:621.1(477.62)

И. В. УДАЛОВ

(Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Украина)

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ «МОКРОЙ» КОНСЕРВАЦИИ ШАХТ ДОНБАССА НА ЭКОЛОГО-РАДИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Аннотация. Рассмотрен комплекс эколого-радиологических проблем сопровождающих «мокрую» консервацию шахт Донбасса. На основании комплекса геологических, экологических и радиометрических исследований проведен анализ и дана оценка состоянию подземных вод района исследований.

Ключевые слова: реструктуризация, «мокрая» консервация, шахта, радон, загрязнение, радиоактивность, подземные воды, мониторинг.

Тірек сөздер: қайта құрылымдау, «ылғал» консервациясы, шахта, радон, лайлану, радиоактивтілік, жерасты сулары, мониторинг.

Keywords: restructuring, «wet» conservation, mine, radon, pollution, radioactivity, groundwater monitoring.

Введение. Проблема реструктуризации угледобывающей отрасли Украины, как правило, рассматривается в экономической плоскости. Понятие «реструктуризация» предполагает превращение угольной шахты в безопасный, с экологической точки зрения объект, поскольку именно экологический ущерб от закрытия шахт часто существенно превышает все возможные потери от их функционирования. Закрытие шахт путем «мокрой» консервации, а 90% шахт в Украине закрываются этим способом, является наименее затратным. Однако этот способ существенно увеличивает техногенную нагрузку на геологическую среду и гидросферу. Большие площади вскрытия угленосных пород горными выработками и резкое увеличение их проницаемости привели к активному влиянию шахт на гидрогеологические условия не только шахтных полей закрывающихся шахт, но и прилегающих к ним территорий [1, 2]. Основными негативными процессами, вызванными массовым закрытием шахт являются:

- поступление высокоминерализованных шахтных вод в подземные и поверхностные водные объекты, с последующим их загрязнением, ускорение миграции техногенных загрязнений в геологической среде;

- подтопление и заболачивание земельных угодий и территорий промышленно-гражданской застройки;

- проседание земной поверхности и активизация оползневых процессов, с общим увеличением сейсмоактивности;

- практически неконтролируемое расширение путей миграции газов к поверхности.

Несмотря на огромное количество работ связанных с экологическими оценками последствий «мокрой» консервации угольных шахт Донбасса, некоторым вопросам уделено недостаточное внимание. Радиационно-экологическая ситуация возникшая на некоторых шахтах Луганской области является сложной и недостаточно изученной. Наличие в шахтных отстойниках, породных отвалах, и в целом на территории шахтных полей отходов угледобычи с техногенно-усиленной естественной радиоактивностью осложняет экологическую обстановку в регионе.

Целью исследования было выявление влияния «мокрой» консервации шахт на эколого-радиологическое состояние подземных вод. Кроме того, большое внимание уделялось радиоэкологическим исследованиям на территории шахтных полей ликвидируемых шахт.

Анализ материалов по закрытию угольных шахт Донбасса позволил выявить территорию, оптимально демонстрирующую сложность и комплексность происходящих процессов. Территорией

исследования является один из крупнейших в Луганской области Светличанский водозабор (1 Донецкий) и, находящееся в непосредственной близости от него, шахтное поле шахты «Пролетарская». Для достижения цели исследований, необходимо было решить следующие задачи:

- проанализировать особенности вод шахтного водоотлива;
- выявить возможное изменение качественного состава подземных вод, используемых Светличанским водозабором, вследствие производственной деятельности шахты;
- выявить наличие влияния «мокрой» консервации шахт на качественный состав подземных вод;
- провести радиометрическую съемку шахтного поля шахты «Пролетарская»;
- провести радоновую съемку на территории промплощадки шахты «Пролетарская» и выявить возможное наличие радона в подземных водах исследуемой территории.

В описываемом случае на относительно небольшой территории функционировали два предприятия, существенно влиявшие на подземную гидросферу. С одной стороны, производственная деятельность шахты «Пролетарская», с другой – добыча кондиционных подземных вод Светличанским водозабором.

Установлено, что исследуемая территория относится к Алмазно-Марьевскому геолого-промышленному району Луганской области, в пределах которого расположены шахтные поля угледобывающих предприятий Государственной холдинговой компании (ГХК) «Луганскуголь»: ликвидированных шахт «Пролетарская», «Луганская», и некоторых других.

Определено, что рассматриваемая территория находится в северной части Донецкого складчатого сооружения. Площадь шахтного поля шахты «Пролетарская» приурочена к зоне Северной мелкой складчатости – области развития практически параллельных друг другу пликативных структур, в частности к северо-восточному крылу одной из них – Матросскому куполу. Территория Светличанского водозабора попадает в промежуточную подзону, ограниченную с юга Северо-Донецким надвигом, с севера (за пределами шахтного поля) – Краснорецким сбросом, характеризующуюся прерывистыми складками в виде цепочки куполов, разделенных нескладчатыми интервалами. Форма северо-восточного крыла Матросского купола, к которому относится шахтное поле шахты «Пролетарская», сложенного палеозойскими отложениями является достаточно сложной: во-первых, по мере погружения ступенчато меняются углы падения пород – от 0-15° до 60-85°, во-вторых, зафиксированы крупные дизъюнктивные нарушения: Диагональный и Чехировский надвиги, сопровождающиеся зоной дробления пород, имеющей ширину 25–63 м.

Шахта «Пролетарская», была введена в эксплуатацию в 1961 г. по проекту института «Днепргипрошахт» с проектной мощностью 400 тыс. тонн угля в год, шахта отработывала угли марки Д и ДГ, используемые в качестве энергетического топлива. Природная метанообильность угольных пластов изменяется от 0,03 до 10 м³/т с.б.м. Шахта отнесена к сверхкатегорийной по газовому фактору. Угольная пыль взрывоопасна.

Определено, что исследуемая территория относится к Северному гидрогеологическому району Донбасса [3]. По химическому составу воды мелового водоносного горизонта, эксплуатируемые для питьевого водоснабжения Светличанским водозабором преимущественно гидрокарбонатные кальциевые и натриево-кальциевые. В связи с частичной разгрузкой подземных вод каменноугольных отложений по региональному Северо-Донецкому надвигу со стороны Старобельско-Миллеровской моноклинали при проходке горных выработок некоторыми шахтами («Пролетарская», «Луганская», «Кременная», «Имени Г. Г. Капустина») вскрыты пласты высокоминерализованных вод (например, шахта «Пролетарская», глубина 684 м, песчаник k₂sk₃, минерализация воды – 82,3 г/дм³). Так, средняя минерализация шахтных вод, перечисленных выше угледобывающих предприятий, составляет соответственно: 16,0–20,0 г/дм³; 20,0 г/дм³; 27,0 г/дм³; 11,0 г/дм³.

Анализ архивных материалов показал, что в связи с интенсивным загрязнением речных вод Северского Донца в последние 40 лет, и тесной взаимосвязью четвертичных аллювиальных и меловых водоносных горизонтов по действующим водозаборам с инфильтрационным питанием наблюдается ухудшение качества подземных вод. Происходит увеличение минерализации, жесткости, содержания хлоридов, железа и марганца. Так, по эксплуатационным группам скважин Светличанского водозабора выявлена область хлоридного загрязнения; минерализация воды к 1993 году по Левобережной и Бобровской группам достигает 1,5–1,9 г/дм³, а жесткость – 16,5–20,1 мг-экв/дм³. В Правобережной группе скважин загрязнение подземных вод хлоридами

отмечено в 1961–1962 годах, а с 1965 года наблюдается их стабильный рост во всех скважинах. Наибольшие содержания хлоридов (до 2325 мг/дм³) фиксировались в 1989 году в воде скважин №18 и №24а. В 1993 году среднее значение хлоридов по 4-м работающим скважинам – 1860 мг, при средней минерализации 3992 мг/дм³.

Как показал анализ наблюдений за качественным составом подземных вод, причиной хлоридного загрязнения мелового водоносного горизонта является сброс высокоминерализованных вод шахтного водоотлива шахты «Пролетарская» в балку Светличная. Установлено, что кроме хлоридного загрязнения, подземные воды на пойменной террасе содержат растворенные соли железа в количествах значительно превышающих ПДК для питьевых вод. При этом содержание железа в воде неуклонно увеличивалось. Так на наиболее загрязненной Левобережной группе скважин Светличанского водозабора содержание железа в воде к 1998 году достигало 14,2 мг/дм³, на Песочной группе составляло 1,9 мг/дм³, Бобровской – до 5,0 мг/дм³, Ольховской – до 10,0 мг/дм³. Использование воды этих групп скважин для питьевых целей производится только после очистки от железа. В этих группах скважин также отмечается повышенное содержание марганца. Его содержание в 1998 году в воде составляло 0,44–0,49 мг/дм³, при ПДК 0,1 мг/дм³.

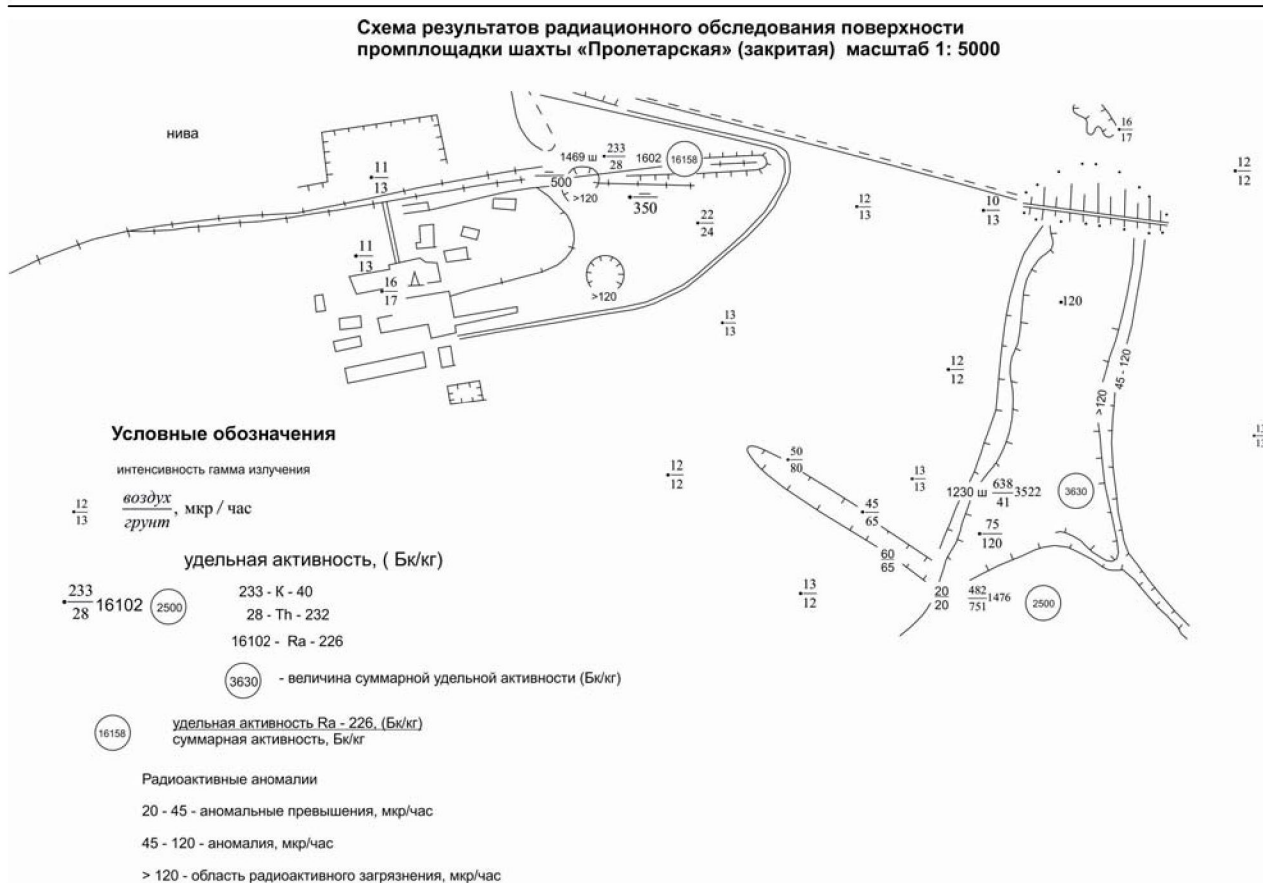
Исследованиями установлено, что повышенное содержание марганца в подземных водах объясняется его глубинным происхождением и перетоками в тектонически ослабленной зоне, какой является долина р. Северский Донец.

Пробуренная в 1965 году Луганской комплексной геолого-разведочной экспедицией (КГРЭ) в средней части трассы сброса шахтных вод скважина К-1391 вскрыла в меловом водоносном горизонте воду с аномальным составом: сухой остаток 2,8 г/дм³, хлориды – 1,3 г/дм³. Проведенные Луганской КГРЭ в 1984–1986 годах методом вертикального электрического зондирования исследования, позволили оконтурить площадь хлоридного загрязнения. Наибольшая интенсивность загрязнения была отмечена в тальвеге балки Светличной (глубина 30–40 м, минерализация воды более 3,0 г/дм³) и Правобережной группе скважин Светличанского водозабора. На левобережье максимальная минерализация воды была зафиксирована северо-западнее устья балки Светличной – в южной части Бобровской и Левобережной водозаборных площадок Светличанского водозабора и составляла от 1,0–3,0 г/дм³.

Определено, что после вывода из эксплуатации шахты «Пролетарская» нарастает нарушение равновесия геологической среды в системе «минеральный скелет горных пород – подземные воды», сложившийся за 40 лет работы шахты [4]. В результате этого возник ряд необратимых геологических процессов, к которым относятся:

- подвижки породного массива в зонах прямого влияния горных работ;
- снижение механической прочности пород, развитие техногенной трещиноватости, осложненное зоной дробления горных пород, а также вследствие влияния водонасыщения, выщелачивания и других процессов;
- активизация вертикальной миграции высокоминерализованных вод глубоких горизонтов, с угрозой дальнейшего ухудшения качества запасов питьевых вод мелового водоносного горизонта, эксплуатируемого Светличанским водозабором, а также изменение структуры и увеличение интенсивности потоков радиоактивных и взрывоопасных газов;
- развитие гидрогеомеханических напряжений и ударов, вследствие затопления горных выработок и объемного распределения гидростатических давлений, результатом которых могут быть локальные землетрясения (с деформацией дневной поверхности и разрушением наземных сооружений).

В процессе исследований, сопровождавших ликвидацию шахты «Пролетарская» в пределах промплощадки, в местах мойки вагонеток, вдоль бывшего железнодорожного пути и на разрушенном участке трубопровода трассы слива шахтных вод, были выявлены отходы с техногенно-усиленной естественной радиоактивностью. В процессе исследований было принято решение о захоронении этих отходов в рекультивируемом пруде отстойнике шахтных вод. Для этого, была произведена детальная радиометрическая съемка промплощадки шахты и шахтного поля, позволявшая оконтурить около 22 тыс. м³ отходов с техногенно-усиленной естественной радиоактивностью (см. рисунок).



Радиационное обследование промплощадки шахты «Пролетарская»

Радиометрическая съемка шахтного поля преследовала следующие цели:

- обследование шахтного поля на возможное наличие бесконтрольных источников ионизирующего излучения;
- изучение мощности дозы γ -излучения и плотности α - и β -излучения грунтов и оценка радиационной обстановки на площади шахтного поля;
- детализация и оконтуривание, в случае обнаружения площадей, локальных участков или отдельных точек с повышенным радиационным фоном.

Отобранные образцы грунтов и пробы породных масс шахтных отвалов подвергались геохимическому гамма-спектральному анализу в Харьковском национальном университете им. В. Н. Каразина и Украинском НИИ атомных технологий. Кроме того, определялись величины суммарной удельной активности естественных радионуклидов: ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и ^{137}Cs . Радиационное качество породных масс шахтного отвала оценивалось в соответствии с классификацией допустимых уровней суммарной удельной активности естественных радионуклидов в строительных материалах [5, 6].

По результатам исследований можно сделать следующие обобщения:

- загрязнение радиоактивными отходами распространено по площади локально, но в основном вдоль бывшего железнодорожного пути. Наиболее высокой радиоактивностью обладают породы в месте мойки вагонеток, где мощность экспозиционной дозы γ -излучения достигает 1800 мкР/ч. Площадь распространения радиоактивных отходов составляет около 0,60 га, при средней мощности 0,3–0,5 м;
- содержание радона в приземном слое воздуха колеблется в пределах 2,50–39,0 Бк/м³ и не превышает ПДК. В заглубленных сооружениях, где отсутствует вентиляция, содержание достигает 274,0 Бк/м³, что в 6 раз превышает ПДК для жилых помещений и в 2,5 раза превышает ПДК для производственных помещений.

Отложения, по показаниям α -, β - и γ -активности, а также по содержанию радионуклидов относятся к 1 группе низко активных твердых радиоактивных отходов.

С целью установления возможной взаимосвязи сточных вод шламонакопителя и подземных вод водозабора были произведены анализы по определению радионуклидов, как наиболее показательных независимых индикаторов загрязнения. Определялись характерные для данного района радионуклиды ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K и одновременно проводился замер содержания радона в подземных и поверхностных водах.

Из результатов анализа и данных замеров видно:

- содержание ^{232}Th повышено в стоках с пруда и скважины №2 Ольховской группы скважин Светличанского водозабора, где их удельная активность соответственно равна 291 и 129 Бк/м³, но не превышает ПДК;

- удельная активность ^{226}Ra и ^{40}K выше ПДК в скважине № 30 Правобережной группы и ниже в стоках пруда-отстойника;

- определено, что содержание ^{222}Rn в подземных водах водозабора выше, чем в поверхностных водах пруда-отстойника и в сливных колодцах после пруда. Так, в поверхностных водах пруда-отстойника содержание радона достигает 90 Бк/дм³, в колодце слива шахтных вод ниже дамбы – 114 Бк/дм³, а в подземных водах достигает: в скважине №30 Правобережной группы – 140 Бк/дм³, в скважине №2 Ольховской группы – 200 Бк/дм³, в скважине №4 Капитоновской группы – 38 Бк/дм³. Согласно нормам НРБУ-97, содержание природных радионуклидов в источниках хозяйственно питьевого водоснабжения должно составлять: для ^{222}Rn – 100 Бк/дм³. Установлено, что для скважины №30 и скважины №2 нормативный уровень превышен в 1,5–2,0 раза.

Проектом захоронения радиоактивных отходов в пределах пруда отстойника шахтных вод предусмотрены мероприятия, полностью исключающие возможность миграции радионуклидов за пределы полигона захоронения. Главным условием в этом случае является обустройство противифльтрационных экранов с коэффициентом фильтрации 10^{-7} см/с по поверхности шламовых отложений в основании складирования радиоактивных отходов, и с поверхности их укрытия.

Обосновано, что в постликвидационный период в зоне санитарной охраны Светличанского водозабора и примыкающего к ней шахтного поля шахты «Пролетарская», должны осуществляться постоянные наблюдения и контроль за происходящими гидрогеологическими и геомеханическими процессами, миграцией шахтного газа, сбросом загрязняющих веществ с шахтными водами, за объемом и составом выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Все эти работы можно классифицировать как систему мониторинга на локальном уровне. Приоритетными задачами мониторинга на локальном уровне для данной территории могут являться:

- контроль и изучение изменения уровня и качественного состава подземных вод во времени и по площади;

- получение информации о газовой обстановке в потенциально опасных зонах по выделению газа;

- получение данных о наличии или отсутствии сдвижения земной поверхности при затоплении шахты;

- получение новых данных и выявление закономерностей по выделению радона, возможности его накопления в подвалах жилых и производственных помещений, кроме того контроль за наличием радона в подземных водах района.

В процессе исследований, проведенных институтом УкрНИИЭП в данном регионе было отмечено, что кроме естественных радионуклидов на территории закрывающихся угольных шахт присутствуют и искусственные радионуклиды – ^{137}Cs и ^{90}Sr , накопление которых в почво-грунтах связано с Чернобыльской катастрофой. Шахтные поля шахт: «Бежановская», «Максимовская» и «Имени И. В. Чеснокова» попадают в полосу радиоактивного загрязнения по линии Дебальцево-Стаханов-Старобельск (зона северо-восточного направления). Выявлено, что концентрация ^{137}Cs в почво-грунтах исследуемого района составляет 18–55 кБк/м² (0,5–1,5 Ки/км²). Для сравнения, радиоактивное загрязнение по ^{137}Cs в г. Чернобыль составляет 9,0 Ки/км², в поселках зоны радиоактивного отчуждения (ПЗРО «Б») – 3,7 Ки/км².

Выводы. В статье проанализировано влияние «мокрой» консервации угольных шахт на эколого-радиологическое состояние подземных вод на примере шахты «Пролетарская» и Светличанского водозабора Луганской области. Установлено негативное влияние в процессе эксплуатации шахты «Пролетарская» на качество подземных вод Светличанского водозабора, которое особенно остро проявлялось на Правобережной группе скважин. Выявлено общее ухудшение состояния

подземных вод проявившееся в увеличении минерализации, наличии загрязнения подземных вод хлоридами, железом и марганцем. Определено, что «мокрая» консервация шахты «Пролетарская» интенсифицировала процессы газовой миграции и создала угрозу загрязнения подземных вод ²²²Rn. Предлагается в зоне санитарной охраны Светличанского водозабора и примыкающего к ней шахтного поля шахты «Пролетарская», осуществлять постоянные наблюдения и контроль за гидрогеологическими и геомеханическими процессами, миграцией шахтного газа и радона.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Беседа Н.И., Сляднев В.А., Яковлев Е.А. и др. Проблемы охраны водных ресурсов в горнопромышленных районах на примере Донбасса // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1997. – № 3.
- 2 Гавриленко Ю.Н., Ермаков В.Н. и др. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины: Монография / Под ред. Ю. Н. Гавриленко, В. Н. Ермакова. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 631 с.
- 3 Суярко В.Г. Геохимия подземных вод восточной части Днепровско-Донецкого авлакогена. – Харьков: ХНУ им. В. Н. Каразина, 2003. – 225 с.
- 4 Удалов И.В. Изменение вертикальной гидрохимической зональности в процессе мокрой консервации угольных шахт // Збірник наукових праць. «Геологія – географія – екологія». – Харків: ХНУ ім. Карабіна, 2011. – № 956. – С. 77-82.
- 5 Нормы радиационной безопасности Украины НРБУ-97/Д-2000. – Киев, 2000.
- 6 Удалов И.В. Особенности техногенного загрязнения подземных вод (на примере Светличанского водозабора Луганской области). – Харьков: НТУ ХПИ, 2005. – С. 115-121.

REFERENCES

- 1 Beseda N.I., Sliadnev V.A., Iakovlev E.A. i dr. Problemy okhrany vodnykh resursov v gomopromyshlennykh raionakh na primere Donbassa. Ekotekhnologii i resursosberezhenie. 1997. № 3. P. 45-48. (in Russ.).
- 2 Gavrilenko Yu.N., Ermakov V.N. i dr. Tekhnogennye posledstviia zakrytiia ugoľnykh shakht Ukrainy. Doneck: Nord-Press, 2004. 631 p. (in Russ.).
- 3 Suiarko V.G. Geokhimiia podzemnykh vod vostochnoi chasti Dneprovsko-Donetskogo avlakogena. Khar'kov: Khnu im. V. N. Karazina, 2003. 225 p. (in Russ.).
- 4 Udalov I.V. Izmenenie vertikal'noi gidrokhimicheskoi zonal'nosti v protsesse mokroi konservatsii ugoľnykh shakht. Khar'kov: KhNU im. Karazina, 2011. № 956. P. 77-82. (in Russ.).
- 5 Normy radiatsionnoi bezopasnosti Ukrainy NRB-97/D-2000. Kiev, 2000 P. 84. (in Ukr.).
- 6 Udalov I.V. Osobennosti tekhnogennoho zagriznennia podzemnykh vod (na primere Svetlichanskogo vodozabora Luganskoi oblasti). Khar'kov: NTU KhPI, 2005. P. 115-121. (in Russ.).

Резюме

И. В. Удалов

(В. Н. Каразин атындағы Харьков ұлттық университеті, Украина)

ДОНБАСС ШАХТАЛАРЫ «ЫЛҒАЛ» КОНСЕРВАЦИЯСЫНЫҢ ЖЕРАСТЫ СУЛАРЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫНА ЭКОЛОГИЯЛЫҚ-РАДИОЛОГИЯЛЫҚ ӘСЕРІН ТАЛДАУ

Донбасс шахтасының «мокрой» консервациясын шығаратын экологиялық-радиологиялық мәселелердің кешені қарастырылған. Геологиялық, экологиялық және радиометрикалық зерттеу кешенінің негізінде талдау жүргізілген және зерттеу аумағының жерасты суы жағдайына баға берілген.

Тірек сөздер: қайта құрылымдау, «ылғал» консервациясы, шахта, радон, лайлану, радиоактивтілік, жерасты сулары, мониторинг.

Summary

I. V. Udalov

(Kharkov national university named by V. N. Karazin, Ukraine)

THE IMPACT ANALYSIS OF A «WET» CONSERVATION MINES OF DONBASS ON ECOLOGY-RADIOLOGICAL CONDITION OF UNDERGROUND WATERS

In the article the complex ecology-radiological problems accompanying the «wet» conservation of mines of Donbass. On the basis of comprehensive geological, environmental and radiometric studies is carried out the analysis and evaluation of the condition of underground waters of the study area.

Keywords: restructuring, «wet» conservation, mine, radon, pollution, radioactivity, groundwater monitoring.

Поступила 10.07.2014 г.