

спікання (наприклад, гранітних відсівів) або складання шихтових композицій з використанням легкотопких темнозабарвлених Ново-Красноторських глин, що, до того ж, дозволить розширити кольорову гаму готових виробів.

**Список літератури:** 1. <http://www.koush.donetsk.ua>. 2. *Маяцкий А.Б., Гасий Р.Р., Грицков С.А.* Особенности развития сырьевой базы керамических (огнеупорных и тугоплавких) глин в северной части Донецкой области // Матеріали IV Міжгалузевої науково-практичної наради «Сировинна база для виробництва фарфору, фаянсу, будівельної кераміки та скла. Розвиток керамічного виробництва». Гурзуф, АР Крим, 6 – 10 жовт. 2008 р. – Гурзуф, 2008. 3. Держбаланс запасів корисних копалин України. Глина тугоплавка.– К.: 2007, Вип. 30. 4. *Августиник А.И.* Керамика. – Л.: Стройиздат, 1975. – 590 с. 5. Термический анализ минералов и горных пород / *Иванова В.П., Касатов Б.К., Красавина Т.Н.* и др. – Л.:Недра, 1974. – 399 с. 6. *Соколов Я.И.* Клинкер и его производство. – М.: Гизпром, 1937. – 215 с. 7. *Рыщенко М.И., Федоренко Е.Ю., Цыбулько Э.С., Щукина Л.П., Стрельникова Е.А.* Применение палеогеновых глин Харьковского яруса в технологии клинкерных материалов // Вопросы химии и химтехнологии. – 2007, № 6. – С. 68 – 72. 8. *Рыщенко М.И., Федоренко Е.Ю., Михеенко Л.А., Фирсов К.Н., Слюсарев Р.Б.* Исследование глин Днепропетровского региона с целью использования в производстве клинкерных строительных материалов // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Технология и применение огнеупоров и технической керамики в промышленности». – Харьков: Каравелла, 2007. – С. 52 – 53.

*Надійшла до редколегії 15.10.08*

УДК 556.33/34:556.3 (1/9)

***И.В. УДАЛОВ***, канд.тех.наук, ***Н.К. МАРКИНА***, ***Я.С. МАРКИНА***,  
***Я.В. ЯРОХА***, УкрНИИЭП, г. Харьков

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ЗАХОРОНЕНИЯ ШАХТНЫХ ВОД ШАХТЫ «ЛЮБЕЛЬСКАЯ» В ГЛУБОКИЕ НЕПРОДУКТИВНЫЕ ВОДОНОСНЫЕ ГОРИЗОНТЫ ЛЬВОВСКО-ВОЛЫНСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО БАССЕЙНА**

У статті розглядаються шляхи рішення екологічних задач, пов'язаних з можливим техногенним забрудненням підземних вод на прикладі шахти «Любельська» Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Розглянуто аспекти міграції забруднюючих речовин та їх вплив на підземні води.

The ways of solving of ecological problems, which are connected with technological waste of underground waters on the example of coal minings of «Lubelskaya» in Lvovsko-Volynski coal area, are discussed. Migration aspects of wastes and their influence on underground waters are described.

**Постановка проблемы.** Одним из источников наполнения ресурсного рынка Украины высококачественным углем является строительство новых современных шахт. Одной из них будет шахта «Любельская», расположенная на территории Жовковского района Львовской области. Целью строительства шахты является добыча 5,2 млн. тонн рядового угля или 4,2 млн. тонн угольного концентрата. Это в полтора раза больше угля, чем добыча на всех ныне действующих 13 шахтах Западной Украины.

В регионе, где продолжается процесс закрытия шахт, с точки зрения экономического и социального эффектов, альтернативных решений строительства шахты нет.

Шахтой будет обрабатываться Любельская площадь Тягловского месторождения Львовско-Волынского каменноугольного бассейна. Глубина обработки составляет 900 – 930 м. Функционирование угледобывающего предприятия будет сопровождаться многофакторным воздействием на компоненты природной среды. Наиболее значимым фактором неблагоприятного воздействия среди прочих является формирование шахтных вод.

Формирование химического состава шахтных вод происходит в результате попадания подземных вод в выработки, где они претерпевают изменения на контакте с углем и породой, рудничной атмосферой, оборудованием и т.д. Гидрохимический тип шахтных вод обуславливается составом подземных вод, а последний – особенностями геолого-гидрогеологических условий данного месторождения. Изменение состава подземных вод при переходе их в шахтные зависит от индивидуальных особенностей горного предприятия: глубины и протяженности выработок, способа ведения горных работ, состояния водоотливного хозяйства и пр.

Основным и характерным показателем состава является, как правило, минерализация, обусловленная содержанием хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов, кальция, магния и натрия.

Учитывая особенности геологического строения территории и глубину обработки угольных пластов, будет формироваться 150 м<sup>3</sup>/час шахтных вод гидрокарбонатно-сульфатного магниевого и хлоридно-натриевого типов. Прогнозная минерализация будет достигать 20 – 31 г/дм<sup>3</sup>.

Так как расходы рек в районе незначительные, принимая во внимание количество и качество шахтных вод, их сброс является категорически неприемлемым в связи с низкой самоочищающей способностью рек.

Исходя из этого, встал вопрос выбора путей утилизации шахтных вод,

одним из которых является организация их деминерализации, другим – закачка подземных вод в непродуктивные глубокие водоносные горизонты.

Исследования по выбору технологий деминерализации шахтных вод свидетельствуют о значительных капитальных и эксплуатационных затратах, что не рентабельно, в связи с чем появилась необходимость рассмотреть возможность экономически более выгодного метода – закачки шахтных вод в глубокие водоносные горизонты девона.

*Анализ публикаций и определение нерешенных проблем.* Поскольку опыт захоронения шахтных вод в настоящее время весьма ограничен, для оценки возможности совместимости их с пластом-коллектором можно руководствоваться теоретическими предпосылками и очень незначительными специальными исследованиями.

Основной интерес представляет направленность происходящих при захоронении шахтных вод процессов: растворение породы или образования осадка. Растворение породы имеет положительное значение, так как при этом увеличивается пористость, а, следовательно, улучшаются фильтрационные свойства пород. Так экспериментальными данными установлено, что захоронение промышленных стоков, содержащих сульфаты, хлориды и натрий, в водоносный горизонт средне-нижнекаменноугольных известняков, заключающих хлоридно-натриевые рассолы, способствует разложению известняков и улучшению их фильтрационных, в данном случае коллекторных свойств.

В то же время захоронение сточных вод в средне-нижнекаменноугольный водоносный горизонт, содержащий сульфатно-хлоридные натриевые воды с повышенным содержанием кальция и магния, приводит к осадкообразованию и, следовательно, ухудшению фильтрационных свойств.

В этих случаях наиболее характерно выпадение в осадок гипса и ангидритов. Заметное влияние на интенсивность реакций оказывает увеличение пластовых давлений и температур.

Кроме химического состава, одним из факторов, существенно воздействующих на подземные воды и вмещающие породы, является повышенная, а в ряде случаев очень высокая минерализация жидких отходов.

Так, например, изменение проницаемости песчано-глинистых пород обусловлено неодинаковой степенью набухания глинистого материала в зависимости от минерализации закачиваемой жидкости, при этом если минерализация последней выше минерализации пластовых вод, то возможно увели-

чение проницаемости пород, и, наоборот, ее уменьшение, если пластовые воды более минерализованы, чем захороняемые. Таковы в кратком виде теоретические предпосылки.

Как указывалось выше, специальные исследования, связанные с захоронением шахтных вод, крайне ограничены. Одной из ведущих организаций, непосредственно занимающейся данными вопросами, в 60 – 70 годы прошлого века являлось Харьковское отделение ВНИИ ВОДГЕО. В ряде их работ рассматривались физико-химические процессы, происходящие при захоронении токсичных вод Рубежанского ПО «Краситель», щелочных рассолов содового производства и шахтных вод проектируемого Богдановского месторождения угля.

Для Богдановского месторождения были проведены экспериментальные лабораторные и натурные исследования, заключающиеся в изучении взаимодействия подлежащих захоронению гипотетических кубовых рассолов (минерализация 100 г/дм<sup>3</sup>), получаемых после деминерализации шахтных вод, с пластовыми водами и водовмещающими породами при соблюдении термодинамических условий пласта-коллектора. В результате проведенных исследований было установлено:

- при закачке кубового остатка шахтных вод с минерализацией 100 г/дм<sup>3</sup> выпадение осадка карбонатов и сульфатов кальция не ожидается;
- в пласте происходит растворение карбонатной породы.

Расчеты проводились на 15 и 50 лет продолжительности захоронения, в течение которого неблагоприятных изменений пласта-коллектора не предполагается. Напротив, ожидается некоторое улучшение фильтрационных показателей пласта-коллектора в результате растворения карбонатных пород в призабойных зонах поглощающих скважин.

Такие результаты служат предпосылкой для анализа и оценки возможности захоронения шахтных вод шахты «Любельская» в глубокие водоносные горизонты девонских отложений, что и являлось *целью настоящих исследований*.

**Основной материал исследований.** Необходимо отметить, что целевые работы по поиску коллекторов для захоронения шахтных вод на территории Львовско-Волынского угольного бассейна раньше не проводились. Геологическое строение территории района работ изучалась в ключе поиска нефтегазовых структур на территории гг. Нестеров, Рава-Русская, Дубляни и В. Мосты.

Результаты структурно-поискового бурения (1960 – 1963 гг.) позволили уточнить геологическое строение и тектонику района исследований. Результатом работ по поиску перспективных отложений для закачки в них высокоминерализованных шахтных вод. Ими явились верхнедевонские отложения франского яруса.

В границах площади работ и на прилегающей территории пройдено несколько глубоких параметрических скважин (3 в г. Нестеров (Жовква), 4 в г. Дубляны), в которых проводилось опробование отдельных интервалов девонских и силурийских отложений.

По результатам опробования установлена водоносность разреза девонских отложений, хлоридно-натриевый состав и высокая минерализация (до 20 г/дм<sup>3</sup> и выше) связанных с ними подземных вод.

Проведенный анализ материалов работ, выполненных в разные годы и разными организациями показал, что наиболее перспективными структурами для поиска коллекторов являются антиклинальные структуры, в которых на домезозойскую поверхность выходят верхнедевонские отложения франского яруса. Породы золочевской свиты этого яруса характеризуются повышенными коллекторскими свойствами, и на площади исследований перекрыты мощными до 1000 м и более отложениями преимущественно выветрелых мезозойских отложений.

После бурения первых трех скважин, и проведения в них опытно-фильтрационных работ стало очевидным, что наибольший интерес по выполнению поставленной задачи представляет верхнедевонский водоносный комплекс. В то же время коллекторские свойства юрского водоносного комплекса очень низкие, и в этой связи юрские породы не являлись объектом дальнейших исследований.

Учитывая эти данные, и материалы сейсморазведки и тектонического геоструктурного районирования площади исследований для выполнения геологического задания было пробурено две гидрогеологические скважины (№№ 7003 и 7004) на верхнедевонский водоносный комплекс.

Максимальная длительность проведения опытно-фильтрационных работ по скважинам составляла 5 суток. Проведенный комплекс буровых, фильтрационно-исследовательских, геофизических и лабораторных работ в гидрогеологических скважинах, и полученные в процессе расчетов гидрогеологические параметры – дают основание для подтверждения некоторых локальных факторов, от которых зависит пригодность водоносного горизонта для

захоронения шахтных вод, а именно: пласт-коллектор имеет значительную мощность (250 – 450 м) и расположен в зоне замедленного водообмена; особо отмечается изолированность водоносного горизонта, как коллектора, от вышележащих водоносных горизонтов зоны активного водообмена сенонтуронскими отложениями; анализ лабораторных исследований показал совместимость шахтных вод и вод верхнедевонского коллектора.

Оценивая полученные результаты можно отметить, что наиболее перспективными для захоронения шахтных вод являются отложения золочевской и ремизовской свит девонской системы в районе г. Жовква (в пределах шахтного поля шахты «Любельская»).

Анализ материалов опытно-фильтрационных работ, фондовых материалов, теоретических исследований и литературных данных позволил сделать следующие заключения:

1. Предполагаемые к захоронению шахтные воды шахты «Любельская» с прогнозной минерализацией 25 – 30 г/дм<sup>3</sup> будут иметь хлоридно-натриевый состав. Их количество будет достигать 150 м<sup>3</sup>/час.

2. Опытно-фильтрационными работами в пробуренных скважинах установлено, что единственным до глубины 2000 м перспективным пластом-коллектором в районе работ является водоносные сульфатно-карбонатные отложения франского яруса верхнего девона (золочевская и ремизовская свиты).

Эти отложения распространены на площади угольного месторождения и представлены частично пористыми (пористость 8 – 10 %) и трещиноватыми известняками. Коэффициент водопроводимости колеблется в пределах 12,2 – 127,2 м<sup>3</sup>/сутки. Приемистость при нагнетании составляет 264 м<sup>3</sup>/сутки при давлении 2 – 5 атм. в устье скважины. Глубина кровли верхнедевонских отложений в границах указанной площади 940 – 1300 м.

3. Анализ лабораторных исследований показал совместимость шахтных вод и вод верхнедевонского коллектора.

4. Проведенные в скважинах исследования с целью поиска коллекторов под закачку промстоков для данного района работ является недостаточным. Это связано с тем, что малый диаметр бурения не позволяет выполнить детальные исследования (более полно результаты этих исследований описаны в «Геологічному звіті на пошуки колекторів для захоронення шахтних вод в південно-західній частині Львовсько-Волинського вугільного басейну в 1988 – 1993 рр.» виконаного ДГП «Західукргеологія»). В тоже время потен-

циальные объекты в отложениях девона очень сложные по типу порового пространства.

5. Автором представляется недостаточно корректным вывод о возможности закачки по работам, проводившимся 5 суток. Это крайне мало, и результат не является репрезентативным. Поскольку исследования проводились краткосрочно, их результаты не могут гарантировать надежность этого метода захоронения шахтных вод.

6. Кроме того, проанализировав геолого-тектонические и стратиграфические особенности строения района исследований необходимо отметить, что тектоническое строение территории очень сложное (рисунок).

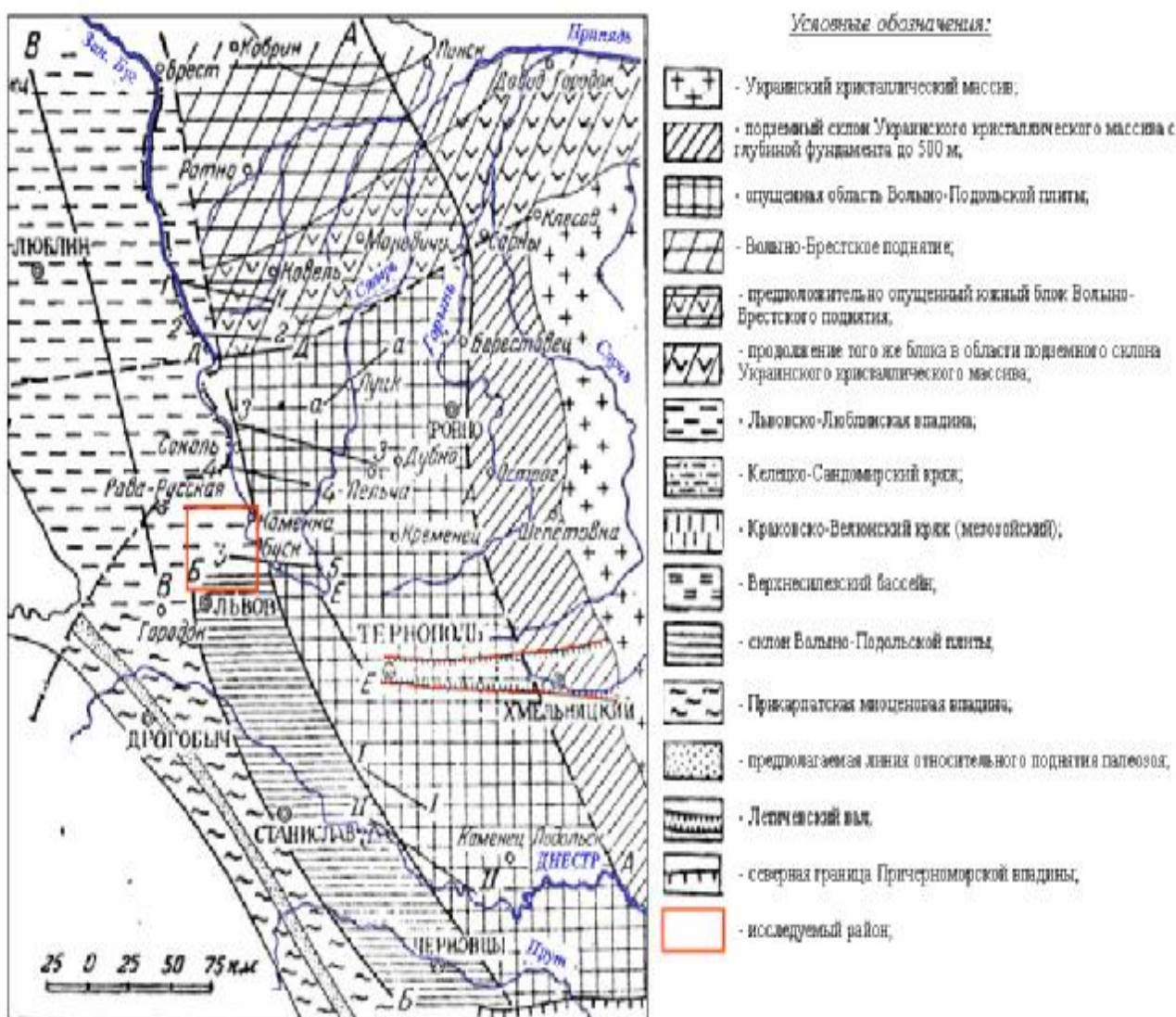


Рисунок – Карта тектонического строения района исследований

Львовско-Волинский каменноугольный бассейн расположен в пределах Львовско-Волинского тектонического региона. Восточная его часть – Воли-

но-Подольская плита – представляет собой западный склон Украинского кристаллического массива (УКМ), а западная часть – Львовско-Волинская впадина – глубокий палеозойский синклиальный прогиб.

На юго-западе регион окаймляется альпийскими складчатыми сооружениями Карпат. Между этими регионами расположен Предкарпатский краевой прогиб. С севера Волыно-Подольскую плиту ограничивает Белорусский выступ кристаллического фундамента. Львовско-Волинский каменноугольный бассейн расположен в северо-западной части Львовского прогиба. Естественными границами бассейна являются на северо-западе, на юго-западе – Рава-Русский разлом, на востоке бассейн ограничен выклиниванием пород карбона на склоне УКМ. Вместе с тем, поглощающие горизонты должны залегать на глубинах, для которых бурение и оборудование поглощающих скважин не настолько дорого и сложно, чтобы сделать нецелесообразной саму закачку.

7. Проанализировав материалы исследований можно с уверенностью говорить о том, что зоны тектонических нарушений, сопровождающиеся зонами повышенной трещиноватости, являются участками, где возможны перетоки, разгрузка и миграция закачиваемых рассолов в продуктивный водоносный горизонт меловых отложений.

8. Следует также выполнить специальные эколого-экономические расчеты для определения целесообразности проведения дополнительных гидрогеологических исследований, связанных с обоснованием закачки высокоминерализованных вод в верхнедевонские отложения.

**Выводы.** Теоретические исследования по формированию шахтных вод на основе природных вод тех продуктивных горизонтов, которые разрабатываются шахтами Львовско-Волинского угольного бассейна позволяют сделать вывод о возможности подобного способа утилизации высокоминерализованных шахтных вод с химической точки зрения. В связи с этим их можно назвать попутными водами, а их удаление рассматривать как обратную закачку. В таком случае подготовка их к захоронению более простая, чем для других категорий сточных вод.

Так как притоки шахтных вод несопоставимы с возможной приемистостью глубоких пластов-коллекторов, то захоронению должны подлежать только высокоминерализованные шахтные воды и остаточные рассолы после деминерализации. Вопросы об их совместимости в каждом конкретном слу-



чае вирішуються спеціальними дослідженнями з урахуванням специфіки умов структури заховання, пласта-колектора і характеру захованих вод.

**Список літератури:** 1. Геологія СРСР. Том V. Українська ССР, Молдавська ССР. Частина 1. Геологічне описання платформної частини. – М.: Госгеолтехиздат, 1958. – 1000 с. 2. *Гудзенко В.В., Жексенбаєв Ю.М., Онищенко І.П. і др.* Формування підземного складу підземних вод України. – К., 1986. – 49 с. 3. *Шестопалов і др.* Водобмін в гідрогеологічних структурах України. Методи вивчення водобміну. АН СРСР, Ін-т геологічних наук. – К.: Наукова думка, 1988. 4. *Вопросы гидрогеологии и гидрохимии Украины.* Комплекс авторів. Препринт Інститута геологічних наук АН УРСР. – К. – 59 с. 5. *Вопросы генезиса динамики, формирования подземных вод и водно-физических свойств пород УССР.* АН УРСР, Ін-т геологічних наук, збірник наукових праць. – К.: Наукова думка, 1978. – 196 с. 6. *О.А. Шоттрін, К.С. Гавриленко.* Підземні води західних областей України. АН УРСР Інститут геології та геохімії горючих копалин. – К.: Наукова думка. – 1968. 7. *Сляднев В.А.* Оцінка уязвимості підземних вод як методологія аналізу їх екологічного стану в районах активного змінення стану геологічної середовища. Охорона довкілля та екологічна безпека // Збірка доповідей науково-практичної конференції. Том 1. – Донецьк: Шахтар, 2001. – С. 89 – 92.

*Поступила в редколлегию 28.08.08.*

УДК 66. 048. 05

**І.А. СУЩЕНКО**, канд. тех наук, **А.Н. СУЛИМА**, канд. тех наук,  
**І.П. ШЕПОТЬКО**, **Л.С. МОЛОДЦОВА**, **Т.А. КУРОЧКА**,  
**С.П. НЕГОДА**, **Т.Г. ЯШИНА**, ОАО «УкрНИИхиммаш», г. Харків

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ МАССОБМЕНА ПРИ ПОВЫШЕННЫХ НАГРУЗКАХ ПО ЖИДКОЙ ФАЗЕ В ТАРЕЛЬЧАТЫХ КОЛОННЫХ АППАРАТАХ**

У статті розглянуті проблеми створення ефективного обладнання для процесів масообміну в умовах підвищеного навантаження з рідинної фази. У результаті досліджень та конструктивних опрацювань створена нова конструкція десорбера (регенератора), промислове впровадження якого підтвердило доцільність використання методів подовжньо-поперечного секціонування апарата та апаратурно-конструктивної інтенсифікації технологічних процесів взаємодії газів та рідин.

In article problems of creation of the effective equipment for processes of mass transference in the conditions of the raised loadings on a liquid are considered. As a result of researches and constructive studies the new design of desorber (regenerator) is created. Its industrial introduction has confirmed expediency of use of methods is longitudinal-cross sectionalization of the device and a hardware-constructive intensification of technological processes of interaction of gases and liquids.