

Маркина Н. К.,
Бабаев М. В.,
Доценко Е. А.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОТВЕДЕНИЯ ШАХТНЫХ ВОД ВО ЛЬВОВСКО-ВОЛЫНСКОМ УГОЛЬНОМ БАССЕЙНЕ

Рассмотрены варианты корректировки системы регулируемого отведения шахтной воды на период строительства угледобывающей шахты «Любелльская» № 1–2. Выполнены выбор и экологическое обоснование вариантов сброса возвратных шахтных вод в канал «Бутынский». Обоснована схема отведения разбавленных шахтных вод по каналу «Бутынский» в р. Рата (Украина). Доказана необходимость реализации водоохранного мероприятия — мониторинга качественного состава отводимых шахтных вод в речные системы.

Ключевые слова: шахтные воды, строительство угледобывающих шахт, система регулируемого сброса шахтных вод.

1. Введение

Одним из источников наполнения сырьевого рынка Украины углем высокого качества является строительство новых современных шахт. Одной из таких будет перспективная шахта «Любелльская» № 1–2 (Львовско-Волынский угольный бассейн, Украина). Целесообразность строительства шахты «Любелльская» № 1–2 вызвало наличие значительных запасов коксующегося угля на Любелльском месторождении и реалии, которые сложились в Украине в сфере энергоносителей. Это будет самая современная и высокоэффективная шахта государства. Целью строительства этой шахты является добыча более 8,0 млн. т рядового угля, или 6,2 млн. т концентрата в год, то есть в несколько раз больше угля, чем на всех ныне действующих предприятиях Западной Украины.

В соответствии с проектными решениями, при строительстве шахты «Любелльская» № 1–2 Львовско-Волынского угольного бассейна, предусматривалась технология проходки шахтных стволов с первоначальным тампоном пород верхнесеноманского водоносного горизонта, который содержит пресные подземные воды. При таком способе шахтный водоприток рассчитывался за счет притока только высокоминерализованных (около 20 г/дм³) вод нижнего каменноугольного горизонта. Это вызвало необходимость строительства комплекса по деминерализации шахтных вод перед их отведением по коллектору в р. Рата [1].

В результате изменения запроектированного способа проходки стволов, прогнозируется снижение минерализации шахтных вод на втором этапе основного периода строительства (на глубине 640–830 м) с 20 г/дм³ до 5–6 г/дм³. Строительство запроектированного постоянного комплекса по деминерализации шахтных вод, рассчитанного на обессоливание воды с минерализацией 20 г/дм³, на данном этапе является нерентабельным и неэффективным. В связи с этим возникла необходимость пересмотра и корректировки системы отведения шахтных вод на период строительства.

2. Объект исследования и его технологический аудит

Объектом исследования является технологическая схема с регулируемым режимом отведения шахтных вод в речные системы и влияние на особо уязвимые компоненты окружающей среды — поверхностные и подземные воды изучаемого угледобывающего региона.

Изначально предусматривался сброс сточных вод шахты после смешивания по канализационному коллектору в реку Рата. Дождевые и дренажные стоки — в осушительную систему. Бытовые стоки после очистных сооружений — в пруд биологической доочистки (2 км от шахты) и далее в осушительную систему.

При согласовании земельного отвода под канализационный коллектор в р. Рата возникли осложнения, связанные с распаёвкой земель. В связи с этим на период строительства планируется построить эффективные малые очистные сооружения на центральной промплощадке шахты «Любелльская» № 1–2, а отведение возвратных шахтных вод после смешивания осуществлять в реку Рата по каналу-коллектору «Бутынский» Бутынской осушительной системы.

Канал-коллектор «Бутынский» расположен на территории Жовковского и Сокольского районов Львовской области. Функциональное назначение канала «Бутынский» — борьба с подтоплением близлежащей территории.

Канал «Бутынский» впадает в р. Рата (правобережный приток). Общая его длина составляет 11,9 км, площадь водосбора — 22 км². Бассейн канала расположен в западной части Малого Полесья и относится к бассейну р. Западный Буг. В верховьях канала рельеф холмистый, ниже — равнинный с небольшим перепадом высот.

Ширина русла 1–2 м, глубина меняется от 0,1 м в верховье до 1,2 м в устье канала. Глубина воды в межень 0,2–0,5 м, скорость течения 0,1–0,4 м/с; на перекатах увеличивается до 0,3–0,6 м/с. При прохождении паводков скорость течения увеличивается до 1,4 м/с, глубина до 2,0 м. Гидрологический режим канала «Бу-

тынский» характеризуется водностью, приемлемой для транспортировки шахтных вод.

В период стабильной эксплуатации, прогнозный нормальный водоприток в шахту будет составлять 145 м³/час. Возможны кратковременные (на протяжении 1-го месяца) притоки шахтных вод до 300,0 м³/час в зоне тектонических нарушений при пуске лав в эксплуатацию. Прием такого притока предполагается в пруды-отстойники шахтных вод, а также в пруд-усреднитель шахтных вод на площадке породного отвала, емкостью 690 тыс. м³.

Для обеспечения свободной резервной емкости прудов предполагается возможность периодического спуска (в пределах ПДС) возвратных вод в составе дождевых, дренажных и предварительно накопленных осветленных шахтных вод, с разбавлением последних до ПДК, в режиме расчетной пропускной способности Бутынского канала с расходом возвратных шахтных вод — 300 м³/час.

На момент исследований канал вдоль берегов и в русле зарос кустарником и деревьями. Русло канала заилено по всей длине. Поэтому необходимо осуществить реконструкцию канала «Бутынский» для транспортировки по нему шахтных вод. Предусмотрено расчищение и углубление русла канала.

При изменении запроектированного способа проходки стволов, прогнозируется снижение минерализации шахтных вод на втором этапе основного периода строительства (на глубине 640–830 м) с 20 г/дм³ до 5–6 г/дм³. Строительство запроектированного постоянного комплекса по деминерализации шахтных вод, рассчитанного на обессоливание воды с минерализацией 20 г/дм³, на данном этапе является нерентабельным и неэффективным. В связи с этим возникла необходимость пересмотра и корректировки системы отведения шахтных вод на период строительства.

3. Цель и задачи исследования

Целью работы является повышение уровня экологической безопасности отведения шахтных вод по каналам осушительной системы в пределах Львовско-Вольнского угольного бассейна путем разработки и внедрения экологически приемлемой системы регулируемого сброса шахтных вод. Это в дальнейшем позволит минимизировать опасность, связанную с высоким уровнем минерализации сбрасываемых шахтных вод.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Обосновать целесообразность вывода деминерализационной установки из запроектированной схемы отведения шахтных вод на период строительства шахты «Любелская» № 1–2.

2. Выбрать вариант корректировки схемы отведения шахтных вод на втором этапе проходки стволов с учетом экологической безопасности.

3. Определить условия регулируемого сброса возвратных шахтных вод в разбавленном виде (после аккумуляции и смешивания шахтных с дренажными и дождевыми водами) в канал «Бутынский» Бутынской мелиоративной системы и далее — в реку Рата.

4. Анализ литературных данных

Уголь является главным энергоносителем Украины, и в условиях зависимости экономики страны от импор-

тируемых энергоносителей, в частности, природного газа и нефти, будет таковым и оставаться в перспективе [2].

Строительство шахты «Любелская» № 1–2 (Львовско-Вольнский угольный бассейн) началось в 2008 г. на территории Жовковского района Львовской области. Это будет самая современная и высокоэффективная шахта Украины. На этой шахте планируется добывать более 8,0 млн. т. рядового угля, или 6,2 млн. т. концентрата в год [3].

Однако угледобыча является одной из наиболее экологически опасных направлений отрасли, оказывающей воздействие на все компоненты окружающей среды. Характерными направлениями негативного воздействия предприятий отрасли являются:

- загрязнение водных объектов шахтными, карьерными, производственными и хозяйственными сточными водами, нарушение гидрологического режима поверхностных вод, гидродинамического и гидрохимического режима подземных вод;
- изъятие из землепользования и нарушение земель, загрязнение их отходами добычи и переработки угля;
- загрязнение воздушного бассейна выбросами горно-транспортного оборудования, промышленных и коммунальных котельных, горящих породных отвалов [4].

В число первоочередных задач в угольной промышленности Украины поставлены проблемы охраны окружающей природной среды и рационального природопользования. Практическому их решению предшествовало выполнение значительного количества поисковых, научно-исследовательских, опытно-конструкторских и проектных работ, которые направлены на создание технологических процессов и аппаратов, которые снижают вредное влияние деятельности предприятий угольной промышленности на окружающую среду.

Наиболее сложной и актуальной экологической проблемой угледобывающих регионов, по данным многих авторов [5–9], являются сбрасываемые в водные объекты шахтные воды, которые не соответствуют правилам охраны поверхностных вод по четырем критериям:

а) высокая минерализация, которая обуславливает непригодность речной воды для целей водоснабжения, рыборазведения и т. д.;

б) загрязненность взвешенными веществами (90–100 мг/дм³), что вызывает заиливание;

в) бактериальная загрязненность;

г) повышенное содержание тяжелых металлов (их содержание превышает величины ПДК в 15 раз) [10].

В общем объеме сброса загрязненных сточных вод доля угольных предприятий составляет 7,3 % [11]. В настоящее время в Украине шахтные и карьерные воды угольной промышленности следует отнести к основным источникам засоления природных водных объектов. Так, горнодобывающими предприятиями угольной промышленности сбрасывается в гидрологическую сеть более 700 млн. м³/год минерализованных вод. С карьерными и шахтными водами в природные водоемы, являющиеся источниками водоснабжения, сбрасывается около 5 млн. т. солей в год. Это существенно влияет на показатели качества воды в водных источниках, отражается на состоянии экологической безопасности водных объектов, величине затрат потребителей воды на водоподготовку и состоянии здоровья населения [12].

Шахтные воды образуются в результате вскрытия водоносных горизонтов подземными горными выработками

в процессе ведения подготовительных работ, а также путем проникновения поверхностных вод в выработанное пространство. Для обеспечения безопасных условий отработки залежей устраивается шахтный водоотлив, который действует круглосуточно.

Объем водопритока в шахту определяется климатическими и гидрогеологическими условиями месторождения, глубиной разработки, схемой вскрытия и отработки шахтного поля, системой разработки и другими факторами [13].

Обычно процессы угледобычи сопровождаются образованием значительных объемов шахтных вод, которые характеризуются высокой минерализацией в зависимости от литологического состава пород кровли и подошвы рабочих угольных пластов — горизонтов.

Основным и характерным показателем состава шахтных вод является минерализация, которая обусловлена содержанием хлоридов, сульфатов, кальция, магния и натрия, и бактериальное загрязнение. Традиционно шахтные воды отводятся в реки. Основная технология их подготовки перед сбросом в настоящее время — хлорирование, отстаивание и осветление в прудах-отстойниках [2].

Такое обращение с шахтными водами приводит к химическому загрязнению компонентов окружающей среды, особенно — поверхностных вод и взаимосвязанных с ними подземных вод.

Концентрации загрязняющих веществ в шахтных водах превышают установленные нормативы, создают повышенную экологическую опасность в местах их сброса в реки-приемники, что подтверждается результатами многолетних исследований в зависимости от этапов строительства и эксплуатации угледобывающих шахт.

Обоснованные с экологической и экономической точки зрения решения по развитию угледобывающей промышленности региона должны гарантировать экологическую безопасность населения, благоприятные условия проживания, минимальный ущерб природной среде, способствовать к внедрению современных технологий при устойчивом социально-экономическом развитии территории.

Таким образом, перспективным и актуальным направлением экологической безопасности является разработка технических решений, направленных на усовершенствование подготовки шахтных вод перед их сбросом и тем самым — на улучшение экологического состояния подземных и поверхностных вод в угледобывающих районах.

5. Материалы и методы исследований

В методическую основу решения поставленных задач вошли теоретические положения и экспериментальные исследования по изучаемой проблеме. Были использованы стандартные общепринятые методы определения макро- и микрокомпонентного состава поверхностных вод.

Обработка данных для расчетов результатов различных вариантов отведения шахтных вод проводилась с помощью математических расчетов и математической статистики, выполнялись с использованием табличного редактора Microsoft Office Excel.

В данной работе проанализированы и обобщены гидрогеохимические данные, которые были получены в ходе выполнения мониторинговых наблюдений в течение 3-х лет по контрольным наблюдательным створам канала «Бутынский» и р. Рата.

При разработке и выборе схем отведения шахтных вод в осушительную систему анализировались, оценивались и учитывались:

а) количество и концентрация шахтных вод на второй период проходки стволов с учетом расчетных сроков изменения их расходов и концентраций, а также количество и концентрация дренажных и дождевых вод;

б) возможность регулирования сброса количества шахтных вод и уменьшения в них концентраций некоторых лимитируемых загрязняющих веществ за счет отстаивания и регулируемого сброса;

в) целесообразность разбавления шахтных вод дренажными и дождевыми перед сбросом, т. е. совместного их отведения в осушительную систему при возможности полного или частичного объединения;

г) условия отведения шахтных вод, разбавленных дождевыми и дренажными, которые не противоречат «Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» и нормативным требованиям к предельно-допустимым сбросам ПДС веществ в водоемы;

д) ориентировочный прогноз качества воды в р. Рата в местах водопользования и водопотребления с учетом сброса разбавленных шахтных вод;

е) оценка экологической приемлемости транспортировки разведенных шахтных вод по каналу «Бутынский» в р. Рата.

6. Результаты исследований

В ходе выполнения расчетов и необходимых исследований было установлено, что отведение шахтных вод в период строительства может быть осуществлено в двух режимах, исходя из прогноза количества и качественного состава шахтных вод.

Первый режим — сброс в соответствии с прогнозируемой величиной шахтного водопритока: периоды минимального водопритока — 30–40 м³/час с минерализацией 20 г/дм³ и периоды повышенного водопритока — 80–90 м³/час с минерализацией 10 г/дм³.

Второй режим — накопление шахтных вод в прудах-отстойниках, смешивание их с дренажными водами, образовавшихся в результате осушения территории промплощадки шахты «Любелская» № 1–2 и с дождевыми водами, затем — усреднение и сброс в объеме до 90–100 м³/час с минерализацией до 5–7 г/дм³.

Выполнен расчет качества воды в пруде-отстойнике шахтных вод при их разбавлении дренажными и дождевыми водами перед выпуском в канал «Бутынский» на второй период проходки шахтных стволов.

Для дренажных вод, при соблюдении принятых проектом природоохраняющих технологий, масса нормируемых ингредиентов остается более или менее постоянной, а в шахтной воде их содержание будет изменяться в зависимости от характера их образования и в зависимости от глубины проходки стволов.

По химическому составу шахтные воды преимущественно относятся к хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатно-магниевому типу, с минерализацией 2,0–4,1 г/дм³, и хлоридно-натриевому типу, с минерализацией до 20,2 г/дм³. Содержание взвешенных веществ колеблется от 2 до 62 мг/дм³.

По аналогии с другими шахтными водами этого региона, прогнозная концентрация органических веществ (по БПК₅) может достигать более 20,0 мг О₂/дм³,

азота аммонийного – 0,77–1,0 мг/дм³, железа общего – 0,53 мг/дм³. Концентрация нефтепродуктов и тяжелых металлов, за исключением цинка, не будет превышать рыбохозяйственные ПДК.

По данным Львовской геологоразведочной экспедиции, прогнозный химический состав шахтных вод в период строительства и в период эксплуатации характеризуются следующими показателями (табл. 1).

При разбавлении шахтных вод дренажными водами, концентрации минеральных веществ будут значительно уменьшаться.

Результаты полевых исследований микро- (Zn, Sr, Mn, Li, Ba) и макро-компонентного состава дренажных вод в гидромелиоративных осушительных каналах существующей в данном регионе мелиоративной осушительной системы свидетельствуют, что нормы качества воды (ПДК, установленные для водных объектов рыбохозяйственного и культурно-бытового водопользования), во всех точках отбора проб воды, за исключением цинка, не превышают ПДК, то есть дренажные воды классифицируются как *незагрязненные*.

Можно с уверенностью прогнозировать (по аналогии с другими шахтами Львовско-Волынского каменноугольного бассейна), что при осушительном дренаже на территории центральной промплощадки, будут формироваться дренажные воды, идентичные

по содержанию в воде в мелиоративных каналах. При этом качество дренажных вод по химическому составу будет отвечать требованиям технологического процесса обогатительной фабрики и требованиям поверхностного технического комплекса шахты. В связи с этим, дренажные воды предполагается частично использовать в технологических процессах производства. Неиспользованные дренажные воды будут направляться в резервуары избыточной воды, откуда будут перекачиваться во вторую секцию накопителя (площадка породного отвала).

Общий расход дренажных вод, который составляет 792 м³/сут, был определен по результатам расчета расходов дренажных вод по отдельным дренам с учетом особенностей застройки территории, условий формирования и отведения дренажного стока.

Для расчета качества шахтных вод при разбавлении их только дренажными или дренажными с добавлением дождевых вод перед выпуском в осушительный канал «Бутынский» принимались жесткие ограничения. Эти ограничения будут зависеть от величин минимального стока дренажных вод, максимальных расходов и максимальной минерализации шахтных вод в периоды проходки шахтных стволов (в интервале 640–830 м). Они будут действовать в период ведения подготовительных горных работ и строительства руддвора.

Таблица 1

Прогнозные гидрохимические показатели шахтных вод на период строительства

№ п/п	Водоносный горизонт	Водоприток (водоотведение), м ³ /час	Общая минерализация, г/дм ³	Содержание микрокомпонентов, мг/дм ³					
				анионы			катионы		
				НСО ₃ ⁻	Сl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Прохождение стволов в меловых отложениях спецметодами с замораживанием пород сеноманского водоносного горизонта									
1	К ₂ сл	20	1,0	508,3	233,7	87,8	286	56,2	37,2
2	Ј, С ₁	0	29,4	76	14463,2	3004,2	8575,8	1393,1	501,7
3	Общий	20	1,0	508,3	233,7	87,8	286	56,2	37,2
Прохождение стволов в юрских и каменноугольных отложениях (ниже юрско-сеноманского водоносного горизонта) спецметодами с водоудержанием									
1	К ₂ сл	10	1,0	508,3	233,7	87,8	286	56,2	37,2
2	Ј, С ₁	20	29,4	76	14463,2	3004,2	8575,8	1393,1	501,7
3	Общий	30	19,9	220,1	9719,0	2031,9	5813,4	947,4	346,9
Стволы примыкания и руддвор в каменноугольных отложениях при оттаивании льдопородной завесы									
1	К ₂ сл	70	1,0	508,3	233,7	87,8	286	56,2	37,2
2	С ₁	20	29,4	76	14463,2	3004,2	8575,8	1393,1	501,7
3	Общий	90	7,3	412,2	3395,8	735,9	2128,2	353,3	140,4
Прохождение руддвора в каменноугольных отложениях по завершению крепления и гидроизоляции стволов (в засушливый период года)									
1	К ₂ сл	10	1,0	508,3	233,7	87,8	286	56,2	37,2
2	С ₁	30	29,4	76	14463,2	3004,2	8575,8	1393,1	501,7
3	Общий	40	22,3	184,1	10905,6	2274,9	6503,3	1058,9	385,6
Прохождение руддвора в каменноугольных отложениях по завершению крепления и гидроизоляции стволов (в дождевой период года и в период снеготаяния)									
–	Дождевые	40	0,6	3294	42,6	57,6	73,6	80,2	7,3
1	К ₂ сл	10	1,0	508,3	233,7	87,8	286	56,2	37,2
2	С ₁	30	29,4	76	14463,2	3004,2	8575,8	1393,1	501,7
3	Общий	80	11,4	1739,0	5474,1	1166,3	3288,0	5695,0	19617,5

В условиях мгновенного смешения шахтных и дренажных вод по их объему и химическому составу вычислено значение минерализации ($M_{см}$) в разбавленной воде (в потоке, выходящем из пруда-накопителя) по формуле:

$$C_{см} = \frac{Q_{др} \times C_{др} + Q_{ш} \times C_{ш}}{Q_{др} + Q_{ш}}, \quad (1)$$

где $Q_{др}$ — расход дренажных вод, м³/сут; $Q_{ш}$ — расход шахтных вод, м³/сут; $C_{ш}$ — минерализация шахтных вод, г/дм³; $C_{др}$ — минерализация дренажных вод, г/дм³.

Расчет концентрации загрязняющих веществ в разбавленной шахтной воде производился по трем вариантам. Во всех вариантах расчетное количество дренажных вод составляет 792 м³/сут с учетом инфильтрационного питания подземных вод за счет атмосферных осадков.

Вариант 1. Расчет концентрации загрязняющих веществ в разбавленной шахтной воде при проходке шахтных стволов в целом. Расход шахтных вод составляет 10 м³/час с минерализацией 20 г/дм³.

Расчетное количество дренажных вод составляет 792 м³/сут. Максимальное значение минерализации дренажных вод составляет 1,0 г/дм³. Расчетная минерализация шахтных вод, разбавленных дренажными, при этом будет равна 5,5 г/дм³.

Вариант 2. Расчет концентрации загрязняющих веществ в разбавленной шахтной воде в период повышенного водопритока. Расход шахтных вод 90–100 м³/час с минерализацией до 10 г/дм³.

При смешении дренажных вод с расходом 792 м³/сут с шахтными, минерализация разбавленных вод будет равна:

- а) при расходе шахтных вод 90 м³/час — 7,6 г/дм³;
- б) при расходе шахтных вод 100 м³/час — 7,8 г/дм³.

Вариант 3. Расчет концентрации загрязняющих веществ в разбавленной шахтной воде в период минимального водопритока. Расход шахтных вод 30–40 м³/час с минерализацией до 20 г/дм³.

При разбавлении шахтных вод дренажными с расходом 792 м³/сут, минерализация разбавленных шахтных вод будет равна:

- а) при расходе шахтных вод 30 м³/час — 10,0 г/дм³;
- б) при расходе шахтных вод 40 м³/час — 11,4 г/дм³;
- в) при расходе шахтных вод 45 м³/час — 12,0 г/дм³.

Такая минерализация полностью соответствует условиям ПДС веществ с возвратными шахтными водами в р. Рата при расходах сбрасываемых вод 140 м³/час. Кроме того, минерализация разбавленных возвратных шахтных вод, равная 10,0 г/дм³, является экологически обоснованной при транспортировке по каналу «Бутынский» с расходом от 10–45 до 100–140 м³/час и более [1].

Исходя из показателей качества воды, излишки дренажных вод и очищенные дождевые сточные воды могут быть использованы для разбавления минерализованных шахтных вод, перед сбросом последних в р. Рата, в первую очередь, во время прохождения стволов с глубины 680 м при подходе к сеноманскому водоносному горизонту. Поэтому предложен вариант их смешения перед сбросом в Бутынский канал.

Учитывая неравномерность водопритоков в шахту как по количеству, так и по качеству шахтных вод, это решение дает возможность регулирования

и контроля возвратных шахтных вод для обеспечения ПДС веществ.

Разработаны рекомендации по корректировке системы отведения шахтных вод во второй период проходки стволов, строительства шахты «Любелская» № 1–2 и комплекса постоянного водоотведения — в результате выполненных расчетов.

При этом на втором этапе, шахтная вода на поверхности отводится, после отстаивания в горизонтальных отстойниках, в пруд-отстойник шахтных вод емкостью 198 тыс. м³, как принято в проекте для первого этапа проходки стволов.

Согласно требованиям санитарных правил, в связи с высокой минерализацией (до 20 г/дм³), шахтную воду перед спуском в осушительную систему необходимо подвергать распреснению, степень которого зависит от объема сброса. С этой целью в пруд-отстойник для разбавления шахтных вод перед их сбросом в осушительную систему, подается дренажная вода и, при необходимости, дождевая вода в количестве, которое требуется для достижения максимально-допустимых концентраций.

После смешения с дренажными водами, возвратная шахтная вода из пруда-отстойника отводится в канал «Бутынский» и далее в р. Рата — левый приток р. Западный Буг.

Сброс шахтных вод с минерализацией 20 г/дм³ в количестве 10–30 м³/час и 40 м³/час соответствует условиям ПДС веществ и не требует их разбавления при сбросе в осушительную систему.

При водопритоке 45 м³/час и минерализации шахтных вод 20 г/дм³ (период проходки стволов, горизонтальных выработок и строительстве руддвора), расходы дренажной воды, необходимые для разбавления шахтных вод перед сбросом из пруда-отстойника в канал «Бутынский», в зависимости от количества и качества отводимых шахтных вод и соответствия условиям ПДС, составляют 6,3 м³/час (условия нормального режима работы).

При аварийных ситуациях, когда приток шахтных вод может составлять 300 м³/час (0,083 м³/с), а минерализация — 20000 г/м³, возникает необходимость в их разбавлении до минерализации, равной 17628 г/м³, приемлемой для сброса в канал «Бутынский» с расходом 100–140 м³/час, для чего потребуются вода для разбавления в количестве, равном 41,7 м³/час. Такое количество дренажных вод достаточно для разбавления возвратных шахтных вод при их сбросе в канал «Бутынский» и отвечает расчетным условиям ПДС веществ при отведении в р. Рата [8].

Учитывая эффективность работы действующих очистных сооружений, загрязняющее влияние разбавленных шахтных вод на качество воды канала «Бутынский» и, соответственно, на качество речных вод р. Рата, при отведении в гидрографическую сеть района, будет отсутствовать, или будет находиться в пределах допустимого.

Исходя из принятых вариантов отведения возвратных шахтных вод, следует производить контроль:

- качества дренажных вод;
- качества шахтных вод;
- степени разбавления шахтных вод после их смешения с дренажными;
- возвратных разбавленных шахтных вод и поверхностных вод в канале «Бутынский» — в 300 м после сброса разбавленных шахтных вод в канал [5].

7. SWOT-анализ результатов исследований

Strengths. В основной период строительства шахты выбрана схема регулируемого сброса шахтных вод. Предложенная схема была обоснована с учетом принятой в проекте системы водоотведения и возможного возникновения аварийных ситуаций, в соответствии с принципами рационального использования и охраны водных ресурсов, санитарно-гигиенических требований. Можно рекомендовать применение схемы регулируемого сброса шахтных вод на других шахтах в аналогичных природных условиях.

Weaknesses. Необходимо дополнительно выполнить реконструкцию канала «Бутынский», что повлечет экономические, трудовые и временные затраты. При реализации предложенной схемы отведения шахтных вод обязательным является осуществление контроля расхода и качества этих вод, подаваемых для хранения, отстаивания и разбавления, а затем и сбрасываемых шахтных вод.

Opportunities. Данная схема водоотведения позволит повысить экологическую безопасность отведения шахтных вод в поверхностные водные объекты, регулировать условия сброса шахтных вод, а также их качество в пределах допустимых концентраций веществ и, тем самым, минимизировать влияние на гидрохимический режим поверхностных вод Бутынского канала и р. Рата.

Threats. Возможны кратковременные (на протяжении 1-го месяца) притоки шахтных вод до 300,0 м³/час в зоне тектонических нарушений при пуске лав в эксплуатацию. Прием такого притока предполагается в пруды-отстойники шахтных вод, а также в пруд-усреднитель шахтных вод на площадке породного отвала, емкостью 690 тыс. м³.

8. Выводы

1. Обоснована целесообразность вывода деминерализационной установки из запроектированной схемы отведения шахтных вод на период строительства шахты «Любельская» № 1–2. В результате исследований показаны технические возможности и экологическая приемлемость корректировки схемы отведения шахтных вод на втором этапе проходки стволов (на период строительства).

2. Выбран вариант корректировки схемы отведения шахтных вод на втором этапе проходки стволов с учетом экологической безопасности. Отведение шахтных вод в период строительства может быть осуществлено в двух режимах, исходя из прогноза количества и качественного состава шахтных вод.

Первый режим — сброс в соответствии с прогнозируемой величиной шахтного водопритока: периоды минимального водопритока — 30–40 м³/час с минерализацией 20 г/дм³ и периоды повышенного водопритока — 80–90 м³/час с минерализацией 10 г/дм³.

Второй режим — накопление шахтных вод в прудах-отстойниках, смешивание их с дренажными водами, образовавшихся в результате осушения территории промплощадки шахты «Любельская» № 1–2 и с дождевыми водами, затем — усреднение и сброс в объеме до 90–100 м³/час с минерализацией до 5–7 г/дм³.

3. Определены условия регулируемого сброса возвратных шахтных вод в разбавленном виде (после ак-

кумуляции и смешивания шахтных с дренажными и дождевыми водами) в канал «Бутынский» Бутынской мелиоративной системы и далее — в р. Рата. При условии нормального режима работы (при водопритоке 45 м³/час и минерализации шахтных вод 20 г/дм³) расходы дренажной воды, необходимые для разбавления шахтных вод перед сбросом из пруда-отстойника в канал «Бутынский», в зависимости от количества и качества отводимых шахтных вод и соответствия условиям ПДС, составляют 6,3 м³/час. При аварийных ситуациях, когда приток шахтных вод может составлять 300 м³/час (0,083 м³/с), а минерализация — 20000 г/м³, возникает необходимость в их разбавлении до минерализации, равной 17628 г/м³, приемлемой для сброса в канал «Бутынский» с расходом 100–140 м³/час, для чего потребуется вода для разбавления в количестве, равном 41,7 м³/час.

Литература

1. Оцінка та обґрунтування екологічно прийнятних рішень з охорони водного середовища в умовах проходження стволів шахти «Любельська» № 1–2 та розроблення проекту ГДС в «Бутынский» канал на період будівництва [Текст]. — Харків: УкрНДІЕП, 2011. — 116 с.
2. Kroll, A. Regulation of Mine Waters in the European Union: The Contribution of Scientific Research to Policy Development [Text] / A. Kroll, J. M. Amezaga, P. L. Younger, C. Wolkersdorfer // Mine Water and the Environment. — 2002. — Vol. 21, № 4. — P. 193–200. doi:10.1007/s102300200043
3. International Assessment of Marine and Riverine Disposal of Mine Tailings [Electronic resource]: Study commissioned by the Office for the London Convention and Protocol and Ocean Affairs, IMO, in collaboration with the United Nations Environment Programme (UNEP) Global Programme of Action. — May 2013. — Available at: \www/URL: http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/LCLP/newandemergingissues/Documents/Mine%20Tailings%20Marine%20and%20Riverine%20Disposal%20Final%20for%20Web.pdf
4. Zgorska, A. Environmental risk caused by high salinity mine water discharges from active and closed mines located in the Upper Silesian Coal Basin (Poland) [Electronic resource] / A. Zgorska, L. Trzaski, M. Wiesner // Proceedings IMWA 2016, Freiberg/Germany. Mining Meets Water — Conflicts and Solutions. — 2016. — P. 85–92. — Available at: \www/URL: https://www.imwa.info/docs/imwa_2016/IMWA2016_Zgorska_95.pdf
5. Jarvis, A. P. Broadening the scope of mine water environmental impact assessment [Text] / A. P. Jarvis, P. L. Younger // Environmental Impact Assessment Review. — 2000. — Vol. 20, № 1. — P. 85–96. doi:10.1016/S0195-9255(99)00032-3
6. Матлак, Е. С. Снижение загрязненности шахтных вод в подземных условиях [Текст] / Е. С. Матлак, В. Б. Малеев. — К.: Техника, 1991. — 136 с.
7. Hahn, H. H. Pretreatment in Chemical Water and Wastewater Treatment [Text] / by ed. H. H. Hahn, R. Klute // Proceedings of the 3rd Gothenburg Symposium 1988, 1.-3. Juni 1988, Gothenburg. — Springer Berlin Heidelberg, 1988. — 260 p. doi:10.1007/978-3-642-73819-7
8. Інноваційні шляхи модернізації базових галузей промисловості, енерго- і ресурсозбереження, охорона навколишнього середовища [Текст] // Сборник научных трудов V Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, 23-24 марта 2016 г., г. Харьков. — Х.: ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», 2016. — 209 с.
9. Харионовский, А. А. Комплексная очистка шахтных и карьерных вод от техногенных загрязнений [Текст] / А. А. Харионовский. — Шахты: ЮРО АГН, 2000. — С. 3–26.
10. Про порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин та перелік забруднюючих речовин, скидання яких нормується [Електронний ресурс]: Постанова Кабінету Міністрів України від 11.09.1996 № 1100. — Режим доступу: \www/URL: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1100-96-п

11. Монгайт, И. Л. Очистка шахтных вод [Текст] / И. Л. Монгайт, К. Д. Текиниди, Г. И. Николадзе. — М.: Недра, 1978. — 173 с.
12. Черкинский, С. Н. Санитарные условия спуска сточных вод в водоёмы [Текст] / С. Н. Черкинский. — М.: Стройиздат, 1971. — 208 с.
13. Меркулов, В. А. Охрана природы на угольных шахтах [Текст] / В. А. Меркулов. — М.: Недра, 1981. — 184 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВІДВЕДЕННЯ ШАХТНИХ ВОД У ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОМУ ВУГІЛЬНОМУ БАСЕЙНІ

Розглянуто варіанти коригування системи регульованого відведення шахтної води на період будівництва вугледобувної шахти «Любельська» № 1–2. Виконано вибір і екологічне обґрунтування варіантів скидання зворотних шахтних вод в канал «Бутинський». Обґрунтовано схему відведення розбавлених шахтних вод по каналу «Бутинський» в р. Рата (Україна). Доведено необхідність реалізації водоохоронного заходу — моніторингу якісного складу шахтних вод, які відводяться в річкові системи.

Ключові слова: шахтні води, будівництво вуглевидобувних шахт, система регульованого скидання шахтних вод.

Маркіна Надежда Кузьмична, старший науковий співробітник, лабораторія екологічної гідрогеології та оцінки екологічного стану територій, Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, Україна.

Бабаєв Михайло Вікторович, кандидат геолого-мінералогічних наук, старший науковий співробітник, лабораторія еко-

логічної гідрогеології та оцінки екологічного стану територій, Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, Україна.

Доценко Елена Александровна, аспірант, науковий співробітник, лабораторія екологічної гідрогеології та оцінки екологічного стану територій, Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, Україна, e-mail: lenochkadotsenko@mail.ru.

Маркіна Надія Кузьмівна, старший науковий співробітник, лабораторія екологічної гідрогеології та оцінювання екологічного стану територій, Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Україна.

Бабаєв Михайло Вікторович, кандидат геолого-мінералогічних наук, старший науковий співробітник, лабораторія екологічної гідрогеології та оцінювання екологічного стану територій, Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, Україна.

Доценко Елена Александровна, аспірант, науковий співробітник, лабораторія екологічної гідрогеології та оцінювання екологічного стану територій, Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, Україна.

Markina Nadezhda, Research Institution «Ukrainian Research Institute of Environmental Problems», Kharkiv, Ukraine.

Babaev Mikhail, Research Institution «Ukrainian Research Institute of Environmental Problems», Kharkiv, Ukraine.

Dotsenko Elena, Research Institution «Ukrainian Research Institute of Environmental Problems», Kharkiv, Ukraine, e-mail: lenochkadotsenko@mail.ru