

УДК 556.491:622

Природоохранные аспекты закрытия шахт за рубежом

С. К. Колопац

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, e-mail: xzol@ua.fm

По мере развития горнодобывающей отрасли развивались способы извлечения сырья - от карьеров до шахт и скважин, но забота об окружающей среде стала наиболее актуальной только в последнее время. Отработанные карьеры забрасывались и становились искусственными оврагами или затапливались и превращались в озера. Истощенные шахты обваливались и затапливались. В настоящее время, когда человечество увидело, какой ущерб наносится окружающей среде такими действиями, решение экологических проблем, связанных с закрытием мест добычи полезных ископаемых, превращается в один из важных аспектов горнодобывающей отрасли. В данной работе приведены примеры природоохранных мероприятий, в частности, эколого-гидрогеологической направленности, применяемых за рубежом при закрытии шахт.

Ключевые слова: гидрогеологический мониторинг, охрана окружающей среды, водные ресурсы

Environmental aspects of mine closure abroad

S. K. Kolopats

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, e-mail: xzol@ua.fm

Since ancient times, the humanity has been involved into the exploration and production of minerals from the Earth's crust. It is building materials, oil or precious metals. With the industry development, the extraction methods have changed - from quarries to mines and wells (e.g. for oil extractor by fountain manner, or extraction of drinking and industrial water). However, the environment concern has become actual only recently. Extracted careers were wasted and become artificial at ravines or were flooded and turned into lakes. Depleted mines collapsed and were flooded. The article aims at showing possible ways of solving ecological and hydrogeological problems that inevitably arise in the mining industry, as well as at the analyzing need for their implementation in the mining regions of Ukraine. This research is actual, because it considers the possibility to gain experience of the countries, which are more developed in this sphere. On the territory of mining regions of Ukraine (including Western Donbas) out-of-date nature protection methods are used and large, potentially useful (for example, for agriculture) territories are covered with mine dumps. Ponds-stores are exploited without a screening for the downthrow of mine waters of high mineralization. All this has a negative impact on the environment, hydrogeological terms and underwaters, therefore it is necessary to consider alternative methods that are used abroad. For the decision of problems arising as a result of out-of-date technologies, after the closure of mines there remain a great number of negative technogenic factors that must be properly removed by the effective complex of nature protection measures of hydrogeological focus. This article gives the review of foreign publications and submits certain examples of mine closure in the last years, together with the current plan of mine closure. According to the achieved results in solving of nature protection problems in foreign countries, it is possible to draw a conclusion, that similar measures can successfully be used for the mining regions of Ukraine, in particular on Western Donbas. One of the mentioned decisions is the imposition the responsibility for contaminated sites for a company-miner, rather than the state.

Keywords: hydrogeological monitoring, environmental protection, water resources

Вступление. Горнодобывающая промышленность является временной деятельностью с продолжительностью от нескольких лет до нескольких десятилетий, поскольку со временем заканчивается сырье или добыча становится не рентабельной. В таком случае горнодобывающий объект необходимо закрыть и восстановить нанесенный им ущерб окружающей среде. Большинство во-

зможных решений, которые рассматриваются применительно к эколого-гидрогеологическим условиям различных зарубежных горнодобывающих регионов, и известные примеры закрытых шахт рассмотрены в статье. В дальнейшем зарубежный опыт закрытия шахт и устранение загрязнений и нарушений в гидрогеологической сфере целесообразно применить в горнодобываю-

щих регионах Украины в частности на Западном Донбассе.

Актуальность этого исследования заключается в том, что есть возможность использовать опыт стран, которые решали подобные проблемы. На территории горнодобывающих регионов Украины (в том числе и Западного Донбасса) используются устаревшие природоохранные методы и имеются большие, потенциально полезные, например, для сельского хозяйства, территории, засыпанные шахтными отвалами. Пруды-накопители эксплуатируются без экранизации для сбросов шахтных вод высокой минерализации. Все это оказывает отрицательное влияние на окружающую среду, гидрогеологические условия и подземные воды, поэтому необходимо рассмотреть альтернативные методы, которые используются за рубежом.

Постановка проблемы. В результате закрытия шахт остается большое количество отрицательных техногенных факторов, которые необходимо надлежащим образом устранять эффективным комплексом природоохранных мероприятий, в том числе гидрогеологической направленности.

Цель статьи - показать возможные способы решений эколого-гидрогеологических проблем, которые неизбежно возникают при горнодобывающей деятельности и которые могут быть применены в горнодобывающих регионах Украины.

Изложение основного материала. Под закрытием объектов горнодобывающей промышленности подразумевают процесс окончания горных работ на временной или постоянной основе. Такие объекты имеют ограниченный срок эксплуатации, который определяется размером и качеством месторождения полезных ископаемых, которые добываются. Шахты закрывают, когда запасы руды заканчиваются или цены на сырьевые товары уменьшаются настолько, что в результате шахта становится не рентабельной. Для того, чтобы закрыть шахту требуется от двух до десяти лет, но это может занять больше времени, если требуется долгосрочный мониторинг или, например, очистка загрязненных вод. Возможные источники загрязнения подземных вод указаны на рисунке.

I. P. G. Hutchison и R. D. Ellison в своей монографии («Mine Waste Management» (Управление шахтными отходами, 1992) приводят пример управления водными ресурсами после закрытия шахты.

По мнению авторов, мероприятия, которые следует проводить при закрытии шахт, должны непременно включать в себя методы, позволяю-

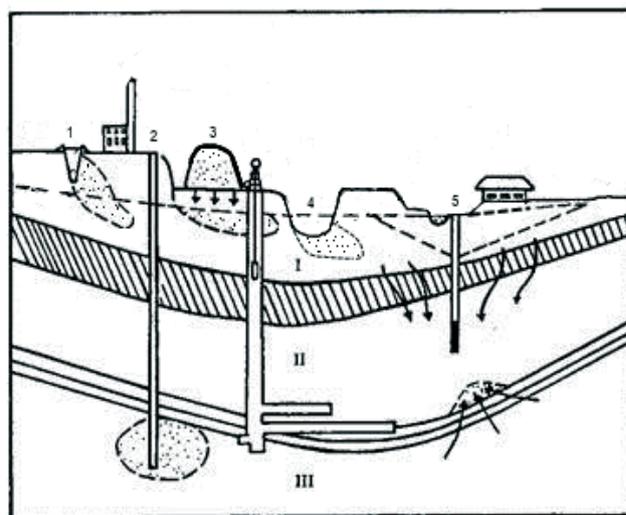


Рис. Схема загрязнения подземных вод (по В. А. Шемелиной 1989):

I — грунтовые воды, II — напорные пресные воды, III — напорные соленые воды;

1 — хвостохранилище, 2 — подземные захоронения промстоков, 3 — шахтные отвалы, 4 — пруд-накопитель, 5 — водозабор.

щие предотвратить контакт загрязненных вод с природными водными ресурсами. Самым хорошим способом борьбы с загрязнением природных вод, по мнению авторов, является полное удаление загрязняющих материалов с территории. Последующий мониторинг и дополнительная очистка часто являются компонентами, присутствующими в плане закрытия шахты.

Канадская государственная организация Natural Resources Canada («NRCAN») (2006), ссылаясь на главного консультанта компании «The Coopers & Lybrand Consulting Group» Нормэнда Шампиньи (Normand Champigny) (1993), выделила следующие четыре этапа в закрытии объектов горнодобывающей промышленности для Канады:

1. *Остановка деятельности объекта.* После остановки операционного цикла (добыча, переработка, др.), сотрудников сокращают, и лишь небольшое их количество остаевают, чтобы извлечь горнодобывающее оборудование. В некоторых случаях, до того как объект будет закрыт, компания-добытчик обеспечивает сотрудникам, потерявшим работу, переобучение (переквалификацию) или ранние варианты выхода на пенсию.

2. *Вывод из эксплуатации.* Разбирают шахтные установки и оборудование, осушают трубопроводы, очищают и продают или переоборудуют здания (в некоторых случаях — разрушают), очи-

щают территорию от складских материалов и отходов промышленности.

3. *Восстановление окружающей среды.* Целью является возвращение почв и подземных вод до нормативного уровня для продуктивного использования, с гарантией, что любые формы рельефа и внутренние структуры являются стабильными, а любые водотоки содержат в себе воду нормативного качества. Восстановление, как правило, включает в себя ряд мероприятий, таких как удаление любых опасных материалов, восстановление рельефа и верхнего слоя почвы, посадка деревьев и кустарников для её укрепления. Более подробно это описано в плане закрытия объекта горнодобывающей промышленности.

4. *Наблюдение после закрытия:* программы мониторинга используются для оценки эффективности восстанавливающих мероприятий и определения каких-либо дополнительных, корректирующих действий, которые могут быть необходимы. Кроме того, для загрязненной территории может понадобиться долгосрочный уход и обслуживание после закрытия шахт, который может включать в себя такие составляющие как периодический мониторинг, содержание хвостохранилищ и прудов-накопителей, а также мониторинг любых текущих технологий восстановительных работ.

Хотя шаги для закрытия шахт, перечисленные выше, и являются хронологически последовательными, в процессе добычи полезных ископаемых часто начинают закрытие и восстановление непосредственно еще во время эксплуатации объекта горнодобывающей промышленности.

В международном природоохранном проекте «Mining, Minerals, and Sustainable Development (MMSD) Project» (2000 - 2002 гг.) разработан ряд решений, принятие которых может снизить негативное воздействие на окружающую среду от добычи полезных ископаемых. Эти методы включают в себя такие меры: сокращение потребления воды и энергии, минимизация нарушения целостности земель и производства шахтных отходов, предотвращение загрязнений почвы, воды и воздуха и др. Эти принципы быстро стали популярными среди природоохранного сообщества и были поддержаны множеством международных организаций, включая ООН и World Bank (Всемирный Банк).

Основываясь на этих решениях, Горнодобывающая ассоциация Канады (Mining Association of Canada) разработала свои собственные управленческие принципы и распространила их среди

организаций-членов. Благодаря этому в Канаде добыча полезных ископаемых имеет один из самых высоких показателей оборотного водоснабжения среди промышленных отраслей, а в период с 1996 по 2005 год общее потребление воды было сокращено на 33 %. Так как в то же время произошло увеличение стоимости продукции на 48 %, это привело к общему снижению потребления воды за доллар.

Британской независимой общественной организацией CL:AIRE (Contaminated Land: Applications in Real Environments) в 2004 году были подведены итоги закрытия шахты в Корнуолле (2004), которые показали следующее.

Горные выработки достигли глубины 450 метров, и, чтобы осушить шахту 10 миллионов литров воды откачивали каждый день. Откачка была остановлена в 1991 году, когда шахту закрыли. Во время наблюдения за подъемом воды было обнаружено, что она загрязнена вследствие контакта с горными породами в шахте. Первоначально компания-владелец шахты Carnon Consolidated Ltd. внедрила систему откачки и обработки воды с использованием извести и отстаиванием воды, но это было временным решением из-за высоких расходов. После аварии в 1992 году, когда в подземные воды произошла утечка больших объемов загрязненной воды, расследование и дальнейшее изучение и наблюдение поручили агентству по охране окружающей среды National Rivers Authority, которое в настоящее время изучает активные и пассивные способы очистки воды от загрязнений. Пассивную систему очистки актуально использовать, если в загрязняющих веществах нет опасных или токсичных элементов. Несмотря на то, что пассивная система не дала хороших результатов, для очистки вод на территории этой шахты она предоставила ценную возможность изучения и исследования пассивных систем очистки воды.

Профессор Кристиан Волкерсдорфер (Christian Wolkersdorfer) (2008) считает, что пассивная очистка воды эффективна в сочетании с программами мониторинга подземных вод. Такая очистка использует преимущества естественных физических, химических и биологических процессов, которые удаляют загрязнение из воды без дополнительных физических или химических материалов. Примеры таких процессов включают в себя фильтрации через почву и донные отложения. Хотя пассивная очистка воды успешно применяется для очистки городских сточных вод, её использование в горнодобывающей промышленности еще

находится в стадии разработки, в основном из-за невозможности полной очистки очень кислых вод. Несмотря на эти трудности, низкие затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание продолжают вызывать интерес в пассивной очистке вод, особенно для использования после закрытия шахт.

Пруды-накопители, по мнению профессора, являются наиболее распространенной формой пассивной технологии очистки воды. Такие пруды действуют как естественные системы очистки, которые способны путем фильтрации очистить воду, прежде чем она перетечет в другую водную среду. Тем не менее, трудно достичь идеальных условий удаления загрязнений, и пассивная очистка воды в настоящее время требует постоянного обслуживания и наблюдения.

Австралийская компания McArthur River Mining Pty Ltd в 2008 году подготовила полный план закрытия комплекса шахт на севере Австралии. План интересен тем, что разработан с учетом того, что компания планирует заниматься выработкой на этой территории до 2036 года.

Что конкретно касается эколого-гидрологических аспектов, то по истечении срока эксплуатации шахтного комплекса на территории будет развернут обширный экологический мониторинг и произведена оценка потенциального воздействия на поверхностные и подземные воды, наземную и морскую флору и фауну, качество воздуха. План закрытия шахты охватывает также область вокруг местных поселков и каналов. В настоящее время него, включены такие эколого-гидрогеологические аспекты как: программа мониторинга, консервация пустых и вскрышных пород, вывод из эксплуатации хвостохранилищ, частичная ликвидация прудов-накопителей. Далее об этом подробнее.

1. Программа мониторинга после закрытия шахты предназначена для достижения следующих целей:

- подтверждения соответствия выполненных мероприятий с нормативными актами;
- оказания содействия местным экологическим службам в совершенствовании стратегий управления окружающей средой, в том числе по вопросам регионального биоразнообразия;
- выявления возникающих экологических проблем и потенциальных последствий;
- методики мониторинга со дополнительными параметрами в первые года после закрытия шахты, с специальными параметрами для подземных,

поверхностных и морских вод, и мониторинг донных отложений в местных реках.

Программа мониторинга включает следующее:

- замер пьезометрических уровней, дополнительные скважины для замеров будут добавляться по мере роста используемых территорий в процессе эксплуатации;
- ежемесячные осмотры поверхностного водотока, а также осмотры после выпадения значительных осадков;
- бурение скважин наблюдения непосредственно около прудов-накопителей для оценки эффективности пассивной очистки и контроля просачивания;
- тестирование качества воды из прудов-накопителей каждый второй месяц;
- регулярные сравнения текущего уровня воды в пруде-накопителе с максимальным;
- регулярные осмотры насыпей с особым акцентом на поверхностную экспрессию, просачивание и эрозию;
- мониторинг хвостохранилищ;
- специализированный ежемесячный анализ токсичных или потенциально опасных хвостохранилищ для общего содержания серы (S), флуорида (F-) и шестивалентного хрома (Cr^{+6}), а также на основные катионы Ca, K, Mg, металлы As, Cd, Cu, Pb, Zn и окисление ANC (Acid Neutralising Capacity), NAPP (Net Acid Producing Potential), MPA (Maximum Potential Acidity) и NAG (Net Acid Generation).

Программа мониторинга шахтных вод также включает в себя автоматизированный контроль уровня вод во всех основных хранилищах шахтных вод, счетчики воды во всех магистральных трубопроводах по переносу воды, счетчики на трубах подачи воды для пылеподавления и повторного использования в технологических установках.

2. По всей территории шахтного комплекса проводится мониторинг поверхностных вод в местных реках, который будет продолжаться и после закрытия шахты (Barney Creek, Surprise Creek and McArthur River), с целью:

- постоянного сбора информации и анализа характеристик качества поверхностных вод, и их изменения по течению;
- оценки и мониторинга потенциального воздействия загрязняющих веществ из шахтного комплекса (в том числе шахтных вод и утечек из прудов-накопителей);
- дополнения местных природоохранных программ мониторинга речной воды, донных отложений и прибрежных морских вод;

- мониторинга физико-химических характеристик поверхностных вод.

В плане закрытия детально расписаны ежемезячные проверки и параметры их проведения на каждом из объектов шахтного комплекса и прилегающих к нему территорий, поселков и прибрежных океанских вод.

3. Окончательная прогнозируемая площадь на севере Австралии, которая будет занята хвостохранилищами, составляет 480 гектаров. Предполагается, что по завершении срока эксплуатации шахтного комплекса они будут выведены из эксплуатации и законсервированы.

План закрытия шахты предполагает, что хвостохранилища станут частью рельефа и не будут оказывать загрязняющее воздействие в будущем.

Основными моментами снятия с эксплуатации хвостохранилищ являются:

- профилирование окончательной поверхности хвостохранилища для предотвращения запруживания и облегчения поверхностного стока;
- строительство крыш (колпаков) из слабопроницаемых грунтов над хвостохранилищами;
- создание на колпаке растительного слоя из трав и кустарников для стабилизации поверхности крыши и дополнительного содействия в удалении воды;
- сбор чистой дождевой воды, попадающей на крышу, и отвод её в окружающую среду до контакта с хвостохранилищем;
- создание временных систем откачки воды около хвостохранилищ для контроля над уровнем подземных вод;
- контроль уровня грунтовых вод в течение пяти лет после того как системы откачки воды будут выведены из эксплуатации.

Толщина крыш, которыми согласно плану закрытия шахты будут накрывать хвостохранилища, составит минимум 2,1 метра, и они будут иметь следующую структуру:

- полметра слабопроницаемой глины для ограничения инфильтрации и капиллярного поднятия солей в покровном слое;
- полтора метра пород, не поддающихся окислению;
- минимум десять сантиметров верхнего слоя почвы.

4. Пустые и вскрышные породы, согласно прогнозам, будут занимать территорию в 860 гектаров. План закрытия шахты предусматривает, что эти отходы будут разделены по степени потен-

циального загрязняющего воздействия и к местам складирования таких пород будет разный подход. Например, потенциально неопасные породы будут захоронены в неровностях рельефа и покрыты лишь крышей из грунтово-растительного слоя, без дополнительной защиты. В другом случае будут применяться сложносоставные крыши, как в случае с хвостохранилищами.

5. Часть прудов-накопителей после закрытия шахтного комплекса, будет удалена сразу после осушения и очистки. Остальные водохранилища будут сохранены для сельскохозяйственного пользования.

Профессор Университета Эксетер из Великобритании, Бернд Лоттермоссер (Bernd Lottermosser), в своей работе «Шахтные отходы» («Mine Wastes») (2010) предлагает следующие способы контроля воды после закрытия шахты для снижения вероятности загрязнения подземных вод и для минимизации объема вод, требующих очистки. Эти методы включают в себя:

- перехват и перенаправление поверхностных вод (стоки от дождя и талые стоки, потоки и ручьи) от участка горнодобывающего объекта путем строительства плотин выше по течению, чтобы уменьшить вероятность загрязнения воды из-за контакта с открытой рудой и пустой породой;
- повторное использование воды с целью уменьшения объема воды, требующей очистки;
- отвод дренажных вод на участке шахты с использованием специальных рукавов и труб в пруд-накопитель с целью предотвращения попадания потенциально загрязненной воды в грунтовые воды;
- установка крыш над местами складирования пустой породы и добытой руды, чтобы уменьшить вероятность контакта с осадками и последующего загрязнения подземных вод.

Британский профессор Вильям Джон Ранкин (William John Rankin) (2011) указывает, что технология очистки, которая будет использоваться на шахте после её закрытия, зависит от степени загрязнения воды, которую нужно удалить, ее количества воды, а также от норм качества воды в регионе.

В своей работе «Минералы, металлы и устойчивость» («Minerals, Metals and Sustainability») он выделяет такие способы активной очистки вод:

- добавление извести, известняка или каустической соды для повышения pH. После того как pH повышается, растворенные металлы выпада-

ют в осадок и оседают на дно или специальные отстойники, где они могут быть удалены. Можно добавлять химические вещества, известные как коагулянты или флокулянты, чтобы собрать более мелкие частицы в более крупные комки, которые оседают в воде быстрее;

- в зависимости от требуемого качества очищенной воды на территории шахты могут использоваться другие технологии, в том числе метод ионного обмена, мембранные фильтры и обратный осмос. Полутвердую часть или шлам удаляют из пруда-накопителя и сушат для утилизации либо под землей в шахте, либо в специальной установке для захоронения отходов.

В настоящее время изучаются способы переработки ила, например, производство товарного железного концентрата из окисленных вод угольных шахт. Тем не менее, большинство шлама имеет низкую экономическую ценность и обрабатывается как отходы. В крайних случаях, когда шлам богат на кадмий или мышьяк, он может быть классифицирован как опасные отходы и будет требовать специальной обработки и удаления.

Согласно изданному в Канаде в 2011 году закону «About Environmental Effects Monitoring», для защиты водной среды, мониторинг воздействия на окружающую среду стал обязательным для рудников и шахт, находящихся около рек, озер или на побережье. Он включает в себя отбор экземпляров рыб и других водных организмов ниже по течению от объекта горнодобывающей промышленности и сравнение их с образцами, взятыми из близлежащих вод, не затронутых горнодобывающими работами. Специалисты-биологи сравнивают различные показатели, такие как размер и вес рыбы, содержание загрязняющих веществ в её тканях, для оценки воздействия на здоровье людей, которые могут использовать рыбу из таких водоемов в качестве источника пищи.

Профессоры В. Welchman, and С. Aspinall в работе «A Sustainable Legacy: Utilizing Mine Assets Post-Closure Island Copper Mine» рассмотрели пример реализации плана закрытия шахты на примере закрытия медной шахты в Британской Колумбии, Канада. Остров Медный Рудник начали разрабатывать в 1971 году, он был третьим по величине рудником в Канаде, пока не был закрыт в 1995-м из-за истощения ресурсов. Планирование закрытия шахты началось до построения в 1969 году, а окончательный план закрытия был разработан и представлен для местных контролирующих органов в 1994 году. План закрытия

обновлялся несколько раз для того, чтобы внести изменения в работу шахты, варианты возможного землепользования после ее закрытия, а также разработки в области мелиоративных технологий. Территория обогатительного завода в 90 гектаров была восстановлена согласно государственным стандартам для последующего использования земли, и это была первая территория шахты в Канаде, которая участвовала в процессе регулирования загрязнения территории и получила сертификат условного соответствия. Здания, эксплуатационные машины и мобильное оборудование были проданы, а все остальное было разобрано.

Обеспокоенность по поводу воздействия шахтных отвалов на здоровье и разнообразие морской флоры и фауны в Заливе Руперта (Rupert Inlet), в 1970 году привела к разработке и внедрению комплексной программы океанографического мониторинга, которая находилась под ведомством Комитета эколого-гидрогеологического направления, назначенного федеральным правительством и правительствами провинций. К 1985 году не было выявлено никаких долгосрочных последствий для морской флоры и фауны в результате системы захоронения шлама. Тем не менее, в 1986 году наблюдалось загрязнение из отвалов, и значительные усилия были предприняты для мониторинга и оценки объемов утечек и оценки содержащейся в них растворенной меди. Была внедрена программа по управлению водными ресурсами для контроля стока и водоотвода из горных отвалов, и перенаправления их потоков на металлоперерабатывающий завод.

После, 480 гектаров загрязненных земель в Британской Колумбии были преобразованы в лесистую местность и места обитания диких животных. К моменту закрытия шахты более 600 тысяч саженцев ольхи и сосны были посажены, в частности на территории, на искусственных крышах над местом складирования пустой породы. Земельные отвалы были засеяны травой и смесью семян овощей, посадками красной ольхи и сеянцев сосен, а пустую породу, складированную на пляже в заливе Руперта (Rupert Inlet), разделили на шесть отсеков. Стратегия рекультивации включала в себя использование растений, которые были родом из этой области, и на территории, как и ожидалось, восстановилось разнообразие лесов, характерное для региона. Рекультивация была настолько успешной, что леса, посаженные на свалках отходов, росли лучше или, по крайней мере, не хуже,

чем леса в окрестностях, что положительно сказало-сь на развитии фауны в этих посадках.

Измерения качества воды на участке шахты производилось до, во время и после добычи полезных ископаемых, и неизменно считалось приемлемым. Экологический мониторинг результатов рекультивации продолжался до тех пор, пока не было четко продемонстрировано, что насаженный лес прижился, и тогда территория была возвращена под местное управление. Авторы программы освоения острова Медный Рудник получили ряд наград за экологическую и социальную ответственность.

В канадской образовательной программе «Minerals Resources Education Program of BC» приводится в пример шахта Мура Falls и её природоохранная программа.

Шахта Мура Falls добывала цинк, медь, свинец, золото и даже имела серебряный рудник, расположенный на южном берегу озера Бьютт в провинциальном парке Strathcona-Westmin, в 80 километрах к юго-западу от реки Кэмпбелл на острове Ванкувер, Британская Колумбия. Комплекс начали разрабатывать в 1966 году, но в настоящее время активная добыча происходит только под землей на протяжении более 240 километров тоннелей и шахт.

В конце 1970-х было обнаружено, что концентрация цинка в озере Бьютт увеличивается в результате притока шахтных вод. В 1980-е годы был установлен ряд гидротехнических и очистных сооружений, которые преуспели в снижении уровня загрязнения, поступающего из шахты. Вся вода из пруда шахты, от мельницы и хвостохранилищ собирается в шести прудах-накопителях, где в нее добавляют известь для повышения pH и удаления металлов. Полученный осадок перекачивается в хвостохранилище для хранения. Большую часть воды, используемой в мельнице, перекачивают обратно и используют повторно, а воду проверяют ежедневно, для того чтобы убедиться, что она отвечает нормативным требованиям.

Мура Falls – единственная шахта в Британской Колумбии, расположенная в провинциальном парке (г. Страткон), который имеет класс «Б», предусматривающий определенные виды деятельности (коммерческие заготовки леса, развитие гидроэнергетики или добыча полезных ископаемых).

В этом районе были найдены особо ценные полезные ископаемые, и правительство позволило производить их добычу. В результате построенная в 1965 году шахта Мура Falls заняла площадь в

3600 га., оставив парку всего 170 гектаров. Теперь правительство составляет план закрытия шахты, цель которого – вернуть земле первоначальный статус – класс «А», то есть запрещающий все виды производственной деятельности (Заповедник).

Текущий план рекультивации предусматривает использование пустой породы для засыпки открытого карьера, а система крыш предотвратит дальнейшее выщелачивание у прудов и старых свалок. Проводятся испытания различных материалов, которые образуют систему защиты, и лучше всех показавший себя материал будет добавлен в смесь осадков и ила в пруду. Рекультивация и озеленение были проведены вокруг участка шахты после завершения строительных работ в 1985 году, вышедшие из употребления дороги и сооружения были выведены из эксплуатации и удалены, а специальные экспериментальные участки были созданы, чтобы определить типы растений, которые лучше всего подходили бы для рекультивации территории шахты. До сих пор 2 млн. канадских долларов было потрачено на восстановление окружающей среды, и еще 10 млн. долларов выделены на будущие работы. Общая стоимость рекультивации, как ожидается, составит 21,1 млн. канадских долларов.

Выводы. Основываясь на современном зарубежном опыте в решении природоохранных задач, а также на результатах, достигнутых благодаря ему, можно сделать вывод, что аналогичные мероприятия могут быть успешно использованы в горнодобывающих регионах Украины в частности на Западном Донбассе. Во многих зарубежных странах распространена практика принятия ответственности компанией-добытчиком за восстановление окружающей среды на месте объекта горнодобывающей промышленности. Государство в таком случае выступает в качестве контролирующего органа. Также немаловажно уточнить, что в таком деле как закрытие шахты параметры закрытия рассчитываются непосредственно под закрываемую шахту, что делает каждое закрытие уникальным. И в каждом конкретном случае, могут быть использованы только методы, разработанные именно под этот конкретный случай. Если шахта находится на берегу реки или на побережье, стоит проводить также мониторинг поверхностных вод или океанографический мониторинг, в том числе флоры и фауны, чтобы иметь возможность всесторонне оценить масштабы ущерба и разработать соответствующие природоохранные решения.

Бібліографічні посилання

- Canada, Natural Resources Canada. Mine Closure, Mining Sequence: Mining Information for Aboriginal Communities, 2011; Retrieved from: <http://www.nrcan.gc.ca>
- Canada, Environment Canada. About Environmental Effects Monitoring, (2011); Retrieved from: <https://www.ec.gc.ca/esee-ees/>
- Champigny, N. , 1991. International Survey of Mine Reclamation and Funding, Proceedings of the 15th Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium; The Technical and Research Committee on Reclamation. Retrieved from <https://open.library.ubc.ca>
- Contaminated Land: Applications in Real Environments. Mine Water Treatment at Wheal Jane Tin Mine, Cornwall. Case Study Bulletin (2004); Retrieved from <http://www.claire.co.uk>
- Hutchison, I.P.G. and R.D. Ellison, 1992, Mine Waste Management. Chelsea, Michigan : Lewis Publishers, Inc. Lottermoser, B., 2010, Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impacts, Springer: New York. p.400.
- Mine Closure Plan McArthur River Mine Phase 3 Development Project. (January 2012). Retrieved from <http://www.mcarthurrivermine.com.au>
- Mining, Minerals, and Sustainable Development (MMSD) Project, Breaking New Ground: Mining, Minerals, and Sustainable Development, 2002, Earthscan for IIED and WBCSD. Retrieved from <http://pubs.iied.org> Minerals Resources Education Program of BC. Myra Falls; Retrieved from <http://www.mineralsed.ca>
- Rankin, W.J., 2011, Minerals, metals and sustainability: meeting future material needs. Collingwood, Vic.: CSIRO Pub.
- Shvartsev S.L., 1996. Obshchaya Hydrogeologiya. Moskva. : NEDRA (in Russian)
- Welchman, B. and C. Aspinall. A Sustainable Legacy: Utilizing Mine Assets Post-Closure Island Copper Mine, Proceedings of the 24th Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium,; C. Aspinall The Technical and Research Committee on Reclamation. Retrieved from: <https://circle.ubc.ca>
- Wolkersdorfer, C., 2008, Chapter 11: Mine Water Treatment and Ground Water Protection in Water Management at Abandoned Flooded Underground Mines: Fundamentals, Tracer Tests, Modelling, Water Treatment. International Mine Water, Editors. 2008, Springer: Berlin. p. 235 – 277.

Надійшла до редколегії 10.11.2016