

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА МОТРОНОВСКО-АННОВСКОМ КАРЬЕРЕ

*Б.Е. Собко, Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», Украина
А.М. Лазников, Вольногорский ГМК ЧАО «Крымский ТИТАН», Украина
И.И. Зозуля, ООО «Институт «ГОРХИМПРОМ», Украина
А.М. Гайдин, ООО «Институт «ГОРХИМПРОМ», Украина*

Приведены рекомендации по организации и проведению гидрогеологического мониторинга на Мотроновско-Анновском карьере Малышевского россыпного титано-циркониевого месторождения.

До настоящего времени в Украине открытым способом разрабатывают россыпные месторождения, расположенные выше уровня грунтовых вод. Освоение россыпей осуществляют с применением бестранспортной, транспортной и комбинированной систем открытой разработки с использованием механических лопат, шагающих экскаваторов и роторных комплексов. Отработка рудной залежи включает доставку руды к узлу «распульповки», где осуществляется её размыв гидромонитором. Гидросмесь подаётся по трубопроводу на обогатительную фабрику.

В 2014 г. начато вскрытие Мотроновско-Анновского участка Малышевского титано-циркониевого месторождения, расположенного в Пятихатском и Верхнеднепровском районах Днепропетровской области на расстоянии 12-14 км от действующего Вольногорского горно-металлургического комбината. Условия отработки Мотроновско-Анновского участка существенно отличаются от разрабатываемых месторождений. Главным отличием является расположение рудного пласта (пески полтавской серии –Р₁) ниже уровня подземных вод.

Проектом строительства и эксплуатации участка предусматривается отработка месторождения открытым способом, по известной автотранспортной системе разработки, применяемой на необводненных участках. Для осушения карьера предусмотрен открытый водоотлив с устройством водосборных канав и зумпфов.

В настоящее время ведутся работы по вскрытию месторождения общей траншеей внешнего заложения, строятся линии коммуникаций и вспомогательно-бытовой комплекс на прикарьерной площадке.

Однако инженерно-геологические и гидрогеологические условия обводнённой части месторождения недостаточно изучены. Параметры водоносного комплекса неоген-палеогеновых отложений определены только по двум кустовым откачкам, из скважин, расположенных в днищах балок. Ожидаемый приток подземных вод в карьер от 16 до 20 тыс. м³/сут. На действующих карьерах Вольногорского ГМК водоприток на порядок меньше [1].

Полученные результаты не увязываются с водно-физическими свойствами водоносных отложений. В связи с этим вызывает сомнения достоверность расчётов водопритока в будущий карьер, а также работоспособность проектируемой системы осушения.

В этой связи разработка рекомендаций по организации и проведению гидрогеологического мониторинга на карьере Мотроновско-Анновского участка является своевременной и актуальной задачей.

В настоящее время принято решение на строящемся Мотроновско-Анновском карьере параллельно с горно-капитальными работами провести полевые и камеральные гидрогеологические исследования, в том числе:

- 1) проведение гидрогеологических наблюдений в период вскрытия рудного пласта с целью уточнения гидрогеологических параметров водоносного горизонта;
- 2) создание цифровой гидрогеологической модели и моделирование изменений

гидрогеологической ситуации на разных этапах эксплуатации участка;

3) проведение оценки влияния деятельности рудника на гидрогеологические условия прилегающего района.

Проблема экологического мониторинга природно-технических систем возникла в семидесятых годах прошлого столетия, когда противоречия между деятельностью человека и природной средой достигли критического уровня.

Мониторинг – система наблюдений за состоянием ландшафта и его элементов, которая отображает динамику проходящих в нём изменений, и позволяет эти изменения прогнозировать. **Экологический мониторинг** – система регулярных наблюдений во времени и пространстве, которая дает информацию о состоянии окружающей среды с целью оценки сегодняшних и прогноза будущих её параметров, которые имеют значение для человека и сохранения самой среды [2]. Целью мониторинга являются наблюдения, прогноз и управление природно-техническими системами для предупреждения отрицательных явлений и оптимизации использования природной среды.

В период строительства карьера необходима организация работы гидрогеологической службы, задачей которой является изучение гидрогеологических условий месторождения, надзор за мероприятиями по осушению и охране природной среды. В период эксплуатации задачи службы следующие – детальное стационарное изучение режима подземных вод и связанных с влиянием воды техногенных процессов; надзор за мероприятиями по охране и защите окружающей природной среды на всей территории производства горных работ, хвостохранилищ, водозаборов, внешних осушительных устройств. Мониторинг предусматривает не только сбор и анализ информации, но и уточнение прогнозов, разработку мероприятий по защите водной среды от негативного влияния горных работ, наряду с мерами по защите горных работ от вредного влияния воды.

По рекомендации проф. Г.И. Рудько [3] в составе мониторинга целесообразно различать следующие этапы:

первый — формирование базы данных относительно экологического состояния исследуемой природно-технической системы с помощью имеющейся информации, а также новой, которую получают с применением системы наблюдений;

второй — создание модели природно-технической системы, которая позволяет с определенной степенью адекватности получить изображение элементов системы в их взаимосвязи;

третий — прогнозирование на основе созданной модели изменений экологического состояния природно-технической системы в пространстве и времени, оценка экологических рисков;

четвертый — управление и разработка рекомендаций, организация мониторинговых исследований, авторский надзор, принятие согласованных решений.

Мониторинг природно-технических систем горных предприятий входит в общую систему мониторинга естественной среды, которую осуществляют организации министерства охраны природы и другие ведомства. Однако природно-технические системы существенно отличаются от естественных своей динамичностью, неуравновешенностью, специфичностью процессов, наличием влияния техногенных действий или их следствий. Поэтому общие методики нуждаются в конкретизации для решения специфических задач деятельности предприятий горнодобывающей промышленности.

Конечной целью мониторинга является устранение рисков – возможного ущерба для добывающего предприятия, для местного населения и для экосистемы в целом. Для этого необходимо выполнить с одной стороны прогноз опасных явлений, связанных с негативным влиянием воды на условия ведения добычных работ, с другой стороны оценить возможное негативное влияние горно-обогатительного комплекса на гидросферу прилегающего района. На основании прогнозов выбираются направления и методики мониторинговых исследований.

Исходя из гидрогеологических условий залегания горных пород на Мотроновско-

Анновском участке Малышевского месторождения ожидаются проявления водопритока из водоносного горизонта четвертичных отложений в местах, где мощность суглинка максимальна и его подошва находится на низкой отметке, то есть в тальвеге балок.

Из водоносного горизонта сарматских и полтавских отложений проявления водопритока ожидаются в месте первоначального вскрытия, а после проходки разрезной траншеи в рабочем борту, где будут обнажены перемытые пески сармата.

Водопроявления на уступе четвертичных отложений могут сопровождаться оползнями, особенно там, где контакт суглинка с подстилающими глинами наклонён в сторону борта карьера. Необходимо проводить обход бортов карьера, фиксировать случаи водопроявления, оценивать степень их влияния на устойчивость бортов и проводить необходимые противооползневые мероприятия.

Контроль количества воды, поступающей в карьер, осуществляется по работе насосов. Персонал, обслуживающий насосную станцию, фиксирует время включения и выключения каждого насоса, а также давления в выпускном трубопроводе в каждый период. Производительность насосов определяется по их техническим характеристикам. Однако эти данные не всегда достоверны, так как со временем характеристики насосов изменяются из-за износа рабочих колёс. Поэтому желательно проводить систематическое непосредственное измерение расхода откачиваемой воды. Один из способов - запуск красителя в зумпф около всасывающей трубы насоса. В качестве красителя применяют флюоресцеин, дающий яркую зелёную окраску. Раствор выливают под всасывающую трубу насоса, и фиксируют время появления окрашенной воды на сливе. Разделив длину трубопровода на время движения красителя, определяют скорость движения воды. Расход воды определяется произведением измеренной скорости движения на сечение трубопровода.

Для постоянного автоматического контроля за расходом откачиваемой воды необходимо иметь на начальном участке трубопровода манометр. Известно, что расход воды связан с давлением на входе в трубопровод зависимостью $Q=c \cdot H^{0.5}$ [6]. Значение напора H определяется по манометру. Величина коэффициента c зависит от длины трубопровода, его диаметра и материала труб. Его можно определить по результатам измерения расхода вышеуказанным или иным способом. Таким образом, контролируется расход откачиваемой воды без применения специальных расходомеров.

Чтобы отдельно определить расход количества откачиваемых поверхностных и подземных вод, используют помесичный или подекадный график водопритока. Минимальный приток соответствует поступлению подземных вод, а разность между максимальным и минимальным расходами показывает количество откачанной поверхностной воды. Аналогичным образом ведётся контроль количества откачиваемой воды из ёмкостей-накопителей.

Результаты наблюдений позволяют определить важнейшую для решения проблем водоотведения величину – коэффициент стока в водосборной площади. Для этого на водоёмах должны быть установлены автоматические приборы для измерения уровня воды или же водомерные рейки. Коэффициент стока определяется отношением объёма выпавших на водосборную площадь за один ливень дождевых вод к приращению объёма накопителя при выключенных насосах. Объём выпавших осадков определяется умножением площади водосбора на количество осадков (по данным метеослужбы). Приращение объёма воды в накопителе определяется по графикам зависимости объёма от уровня воды.

Контроль качества воды карьерного водоотлива проводят для определения необходимости разбавления воды перед её сбросом в природные водотоки. Так как руды и вмещающие породы Малышевского месторождения не содержат растворимых токсических веществ, добыча руды и складирование отходов не приводят к загрязнению природной среды. Однако минерализация первоначально пресных подземных вод может возрасти из-за вымывания гипса из глин внутреннего отвала и дамб накопителей. Поэтому рекомендуется ежемесячно отбирать пробы воды на химический анализ из зумпфа в карьере и в месте сброса воды из накопителя дренажных вод.

Для контроля за водопритоком в карьер и влиянием объектов горно-обогатительного комплекса на окружающую природную среду необходимо дополнить существующую на Мотроновско-Анновском участке систему наблюдательных скважин, колодцев и гидрометрических постов. Существующая сеть пунктов гидрогеологического мониторинга и рекомендуемое расположение дополнительных наблюдательных скважин представлены на рис.1.

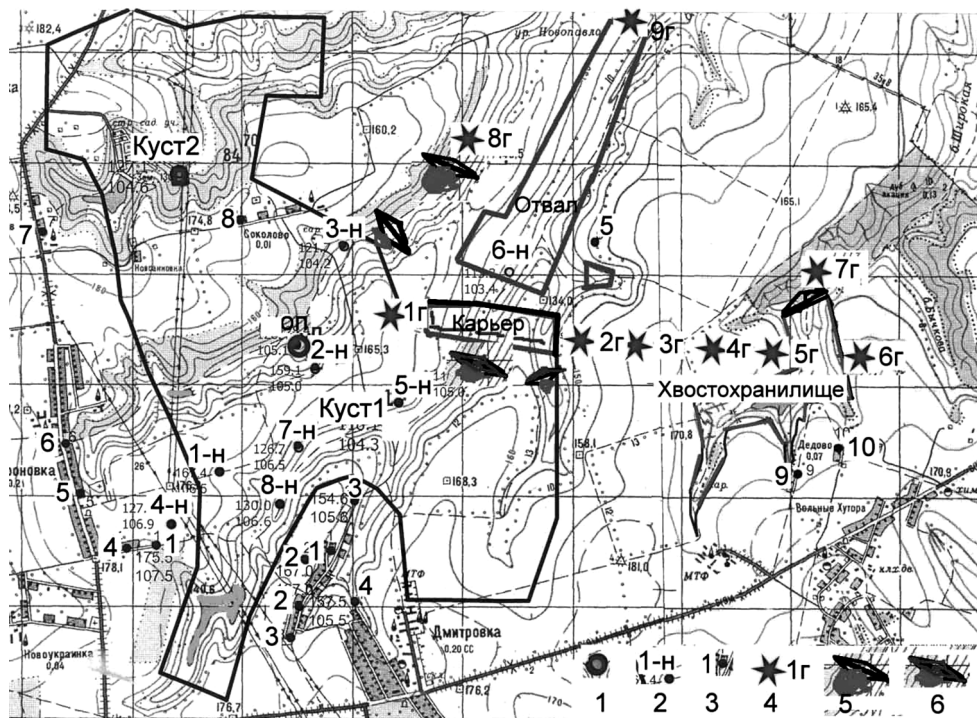


Рис.1. Схема расположения существующих и рекомендуемых пунктов гидрогеологического мониторинга. Водопункты: 1-опытные скважины, 2-наблюдательные скважины, 3-колодцы, 4-рекомендуемые скважины, 5-накопитель дренажных вод, 6-временные водоёмы.

Основной задачей периодического опробования колодцев является получение информации о влиянии горных работ на условия водоснабжения местного населения. Как показали результаты моделирования, это влияние в ближайшие годы будет отсутствовать вследствие удалённости карьера от населённых пунктов.

Имеющиеся и рекомендуемые скважины служат для определения направления потоков подземных вод путём построения карт гидроизогипс неогенового водоносного комплекса, а также для контроля за изменениями химического состава воды под влиянием горных работ. Рекомендуется пробурить луч наблюдательных скважин №№2г-5г между карьером и хвостохранилищем, что позволит определить возможное развитие ореола воды с измененным химическим составом, а также выявить роль хвостохранилища в обводнении карьера.

Скважина 6г позволит оконтурить ореол с восточной стороны. Скважина 7г даст информацию об изменении химического состава подземных вод за счёт утечек оборотной воды через дно хвостохранилища. Скважина 1г наряду с существующими скважинами 2-н, 3-н, 5-н даст информацию о потоке подземных вод в карьер с западной стороны. Скважина 8г служит для контроля изменений химического состава воды в результате утечек дренажных вод через плотину и днище накопителя. Скважина 9г покажет влияние на состав подземных вод пород отвала, из которых возможно будет наблюдаться выщелачивание гипса.

При вынесении скважин в натуру допускается их смещение в профиле лучей в зависимости от условий местности. Расположение скважин должно обеспечивать свободный к ним подъезд. Глубина скважин различна в зависимости от рельефа местности. Все скважины должны быть инструментально привязаны по высоте. По мере отработки карьера

сеть наблюдательных скважин должна расширяться в увязке с развитием горных работ.

Скважины оборудуются фильтровой колонной диаметром 89 мм с сетчатым фильтром в интервале обводнённых отложений полтавской серии.

Измерения уровней воды в скважинах и колодцах, а также их гидрохимическое опробование рекомендуется проводить ежеквартально. По результатам замеров строятся карты изогипс и графики изменений уровней воды и химического состава в зависимости от времени.

Для наблюдений за состоянием плотин хвостохранилища, накопителя дренажных вод и временных водоёмов отдельным проектом предусмотрены пьезометры. Для разработки и выполнения мероприятий по эксплуатации сооружений хвостового хозяйства организуется специальная служба.

На участке первоочередного освоения в естественном состоянии дренируемые карьером подземные воды неогенового водоносного комплекса имеют химический состав, удовлетворяющий нормам для питьевой воды. Однако развитие зоны аэрации под влиянием осушения карьера может привести к выщелачиванию растворимых веществ из отвалов, к окислению сульфидных минералов, понижению pH воды. При гидротранспорте руды в карьер могут поступать оборотные воды. Поэтому необходим постоянный контроль химического состава дренажных и оборотных вод.

Различают следующие виды анализов воды: общий сокращённый, общий полный, микрокомпонентный, радиологический.

Общий сокращённый анализ применяют для предварительной оценки типа и качества воды. Анализ включает определение pH, Ca, Mg, (Na+K), Cl, SO₄, HCO₃, жесткости, сухого остатка. Na+K определяют по разнице между суммами миллиграмм-эквивалентов катионов и анионов. Содержание магния - по разнице между общей жесткостью и содержанием Ca. Для оценки общей минерализации может быть использован полевой солемер, основанный на зависимости электропроводности от минерализации воды. Величину pH также определяют на месте полевым pH-метром. На месте измеряют также температуру воды и содержание кислорода. Для сокращённого анализа достаточно 0,5 л воды. Сокращённый анализ дренажных вод из карьера рекомендуется проводить ежемесячно.

Общий полный анализ наряду с перечисленными компонентами включает отдельное определение содержания натрия, калия, магния, O₂, а также микроэлементов, характерных для вод в районе кристаллического щита: Ti, Fe, Mn, Sr, P. Объём проб 1 л. Полный анализ рекомендуется выполнять 4 раза в год, ежеквартально: в январе, апреле, июле, октябре.

Микрокомпонентный анализ включает определение тяжёлых металлов, содержание которых нормируется санитарными нормами: Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, F, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, Sr, Zn [4]. Пробы на микрокомпонентный анализ отбирают в три сосуда объёмом 1 л каждый. Одну пробу отбирают без добавки консервантов. Другую пробу для определения содержания Cu, Zn, Pb, Ni, Co, U, Ra необходимо подкислить соляной кислотой в количестве 3 мл концентрированной (26%) кислоты на 1 л воды. Третью пробу для определения содержания Hg и Ag подкисливают серной кислотой (96%) в количестве 1 мл на 1 л [5]. Микрокомпонентный анализ нужно проводить ежегодно. Если анализом будет установлено превышение ПДК каким-либо компонентом, этот компонент следует включить в состав общего полного анализа и определять ежеквартально. Выполнение микрокомпонентного анализа связано с использованием сложного атомно-адсорбционного, спектрального и другого специального оборудования. Поэтому желательно поручать выполнение этих анализов специализированной лаборатории.

Радиологический анализ рекомендуется проводить в случае возникновения опасности радиоактивного загрязнения местности, не обязательно связанного с деятельностью горного предприятия. Определяют Sr -90, Cs -137, U, Ra с применением приборов радиационного контроля.

Отбор проб воды из водосборного резервуара (зумпфа) карьера проводят батометром при сухой погоде. Из скважин пробы отбирают из струи после откачки воды в количестве 2-3

объёмов затопленной части скважины. Пробы помещают в термоконтейнер, доставляют в лабораторию и хранят в холодильнике при температуре 5-7 град.

Данные об отборе проб заносят в базу данных, куда после выполнения анализа записывают также результаты. Методика анализов регламентирована стандартами.

Оценка качества воды как источника водоснабжения проводится в том случае, если дренажные воды карьера планируют использовать для хозяйственно-питьевых нужд.

Концентрации химических элементов, влияющих на органолептические свойства воды, не должны превышать указанных в табл.1.

Таблица 1

Концентрации химических веществ, влияющих на органолептические свойства воды

Название	Норматив	Метод определения
Водородный показатель, рН	6,0-9,0	Измеряют рН-метром
Железо (Fe), мг/л, не больше	0,3	ГОСТ 4011-72
Общая жесткость, мг-экв/л, не больше	7,0	ГОСТ 4151-72
Марганец (Mn), мг/л, не больше	0,1	ГОСТ 4974-72
Медь (Cu ²⁺), мг/л, не больше	1,0	ГОСТ 4388-72
Полифосфаты остаточные (PO ₄ ³⁻), мг/л, не больше	3,5	ГОСТ 18309-72
Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/л, не больше	500	ГОСТ 4389-72
Сухой остаток, мг/л, не больше	1000	ГОСТ 18164-72
Хлориды (Cl ⁻), мг/л, не больше	350	ГОСТ 4245-72
Цинк (Zn ²⁺), мг/л, не больше	5,0	ГОСТ 18293-72

Сумма концентраций хлоридов и сульфатов, выраженная в долях ПДК каждого из компонентов, не должна превышать единицу. По согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы допускается к употреблению вода с минерализацией до 1500 мг/л, жесткостью до 10 мг-экв./л, содержанием железа до 1 мг/л, марганца до 0,5 мг/л.

Для получения полной и достоверной информации об изменении гидрогеологических условий желательно использовать современные технические средства. Заслуживает внимания датчик CTD-Diver, который размещается в скважине и автоматически проводит измерения уровня воды, её температуры и электропроводности. Общий вид датчика CTD-Diver приведен на рис. 2.

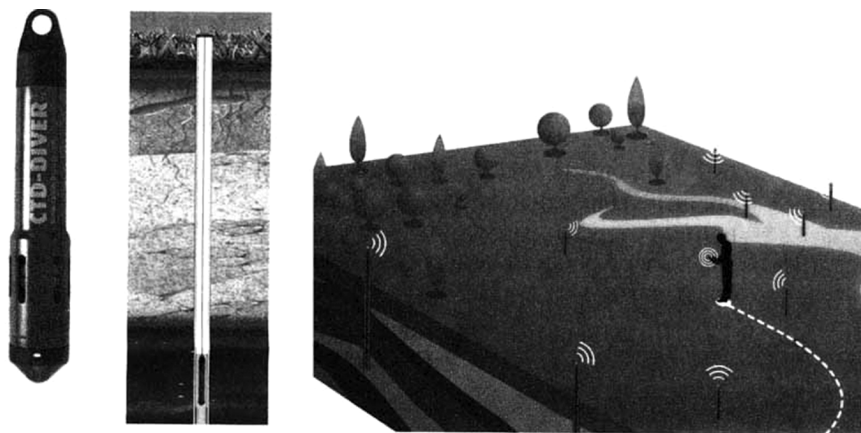


Рис. 2. Датчик CTD-Diver, его размещение в скважине и проведение наблюдений в поле

Датчик можно устанавливать и в водоёмах. Данные запоминаются памятью прибора, рассчитанной на 48 000 измерений. В оголовке скважины устанавливают радиоприбор,

который передаёт данные на мобильный телефон пользователя на расстояние 500 м от скважины.

Таким образом, на горнодобывающем предприятии должна быть организована служба гидрогеологического мониторинга в задачи которой входит: 1) наблюдения за притоком, сбросом и уровнем воды в карьере и технических водоемах; 2) наблюдения за развитием депрессионной поверхности по системе наблюдательных скважин; 3) контроль изменений химического состава поверхностных, дренажных, оборотных и подземных вод. Для накопления и обработки результатов гидрогеологического мониторинга лучше всего использовать программу «Эксель». Может использоваться также специальная программа, которая позволяет обрабатывать данные в табличной и графической форме при использовании описанных выше датчиков фирмы Schumberger Water Services.

Список литературы

1. Отчёт о изучении гидрогеологических условий Мотроновско-Анновского участка Малышевского титано-циркониевого месторождения. ДП «Центрукргеология». – Черкассы.- 2002.- 205 с.
2. Снакин В.В. Экология и охрана природы. Словарь - справочник. Под ред. акад. А.Л. Яншина.- М. -Академия.- 2000.- 355 с.
3. Рудько Г.І., Шкіца Л.Є. Екологічна безпека та раціональне природокористування.- К.: ЗАТ «НІЧЛАВА».- 2001.- 528 с.
4. Панас Р.М. Рекультивация земель. Навчальний посібник. –Львів: Новий світ- 2000.- 2005.- 224 с.
5. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. – М.- Логос.- 2000.-340 с.
6. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. Том 1. – М.: Изд. МГУ.- 1968.- 232 с.
7. Лазников А. М., Собко Б. Е. Краснопер В. П. К вопросу выбора рациональных землесберегающих технологических схем разработки россыпных титано-циркониевых руд. //Сб. научн. трудов НГУ, 2010.- №35.- С.39-44.
8. Гайдин А.М., Лазников А.М., Собко Б.Е. Рациональная технология разработки обводнённых россыпей. Сб. научных трудов Академии горных наук Украины. – Кривой Рог: «Дионис». -2012.- С.130-137.