

УДК 622.271.322.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ ОТРАБОТКЕ МОТРОНОВСКО-АННОВСКОГО УЧАСТКА МАЛЫШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*Лазников А.М.**, д.т.н., проф. *Полищук С.З.***, д.т.н., проф. *Рудаков Д.В.****, д.т.н., проф. *Собко Б.Е.****, *Перкова Т.И.****,
к.ф.-м.н. *Полищук А.С.*****

*Филиал «Вольногорский ГМК» ЧАО «Крымский ТИТАН»

** ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

*** ГВУЗ «Национальный горный университет»

**** ГВУЗ «Днепропетровский национальный университет»

Постановка проблемы. Хвостохранилища представляют собой сложные природно-технические системы, существенно изменяющие режим подземных вод в зонах ведения горных работ и складирования горной массы. Формирование гидроотвалов в результате складирования пульпы хвостов обогащения сопровождается фильтрационными потерями и, соответственно, подъемом уровня подземных вод, снижением их качества.

Характерным примером объектов такого типа является сооружаемое хвостохранилище на Мотроновско-Анновском участке Малышевского месторождения (Вольногорский ГМК) в верхней части б. Широкая [1], предназначенное для складирования отходов добычи титановых и циркониевых руд. При эксплуатации хвостохранилища возможны утечки воды через основание и плотину. В результате следует ожидать повышения уровня подземных вод и увеличения водопритока в ближайший карьер.

Связь с научными и практическими заданиями и анализ последних исследований и публикаций. Существует значительное количество различных методик оценки утечек и подтопления вблизи подобных объектов [2, 3]. Однако основной достоверный прогноз фильтрационных потерь является сложной задачей, поскольку они зависят от нескольких компонентов водного баланса, фильтрационных свойств пород и их изменений при эксплуатации, потерь на испарение и т.д.

По степени экологической опасности хвосты относятся к четвертому классу опасности, и являются малотоксичными. Элементы с высоким содержанием в хвостах (Ti и Zr) являются нерастворимыми, их водная миграция крайне замедлена. Поэтому вероятной проблемой при эксплуатации данного объекта является повышение уровня подземных вод и возможное поступление фильтрующихся вод в русла р. Домотань и Самоткань – притоки Днепра.

Формулировка целей. Целью проведения данных исследований является определение объема фильтрационных потерь из хвостохранилища и разработка рекомендаций по его экранированию. Для ее достижения необходимо выполнить оценку возможных изменений физико-механических и фильтрационных свойств при эксплуатации и возможные технические способы экранирования хвостохранилища. Следующим этапом является расчет водного баланса и фильтрационных потерь из хвостохранилища, вызванного этим повышением уровня подземных вод при различных вариантах проницаемости основания хвостохранилища, в зависимости от способа экранирования.

Изложение основного материала исследований. Анализ гидрогеологических и инженерно-геологических условий в районе расположения хвостохранилища на данном участке показал, что слой четвертичных суглинков на дне б. Широкая с коэффициентом фильтрации 0,05 м/сут обладает невысокими водоудерживающими свойствами. Залегающий ниже неогеновый водоносный горизонт станет, вероятно, основным водоносным горизонтом, по которому будут распространяться фильтрующиеся из хвостохранилища воды. Надежные данные о его гидравлической взаимосвязи с нижележащими водоносными горизонтами отсутствуют.

Вследствие компрессии под весом складированных хвостов следует ожидать снижения проницаемости слоя суглинков в основании хвостохранилища. Расчетные оценки с использованием методик [4, 5] и аналитической зависимости между пористостью и проницаемостью [6] показали уменьшение коэффициента фильтрации суглинков на 20–28% в зависимости от толщины слоя хвостов. На основании анализа гранулометрического состава хвостов и суглинка в тальвеге балки Широкой установлено, что

процесс механической кольматации суглинка протекать не будет, следовательно, уменьшение проницаемости естественного основания за счет кольматации не ожидается.

Для обеспечения необходимой водоудерживающей способности хвостохранилища необходимо устройство глинистого экрана в его основании. В качестве материала целесообразно использование местных красно-бурых глин с коэффициентом фильтрации 0,005 м/сут. Поскольку такая проницаемость недостаточна для гидроизоляции хвостов, необходимо полное соблюдение технологии послойной укладки и уплотнения катками и пневмошинами, что позволит, согласно расчетам по [5], уменьшить коэффициент фильтрации экрана до $6,5 \cdot 10^{-4}$ м/сут.

На основе уравнения водного баланса разработана расчетная схема по определению фильтрационных потерь из хвостохранилища. Кроме поступления воды с хвостами схема учитывает такие составляющие, как поверхностный и подземный сток, осадки, испарение, фильтрацию через плотину и основание хвостохранилища, отбор воды для оборотного водоснабжения, а также фильтрационную неоднородность пород под слоем хвостов.

Расчетная схема реализована путем численного решения нестационарного уравнения водного баланса, дискретизированного во времени с малым шагом, что позволило адекватно отразить динамику заполнения обеих секций хвостами и изменения уровня воды в них в период заполнения (3,6 года), после прекращения подачи хвостов (продолжительностью 4 года) и после рекультивации.

Выполнены расчеты фильтрационных потерь из хвостохранилища при различных параметрах проницаемости основания: без глинистого экрана и при его устройстве с полным соблюдением технологии укладки. Среднесуточные утечки при отсутствии экрана составят в секции с песчаной фракцией 1156 м³/сут в период заполнения балки, 470 м³/сут после ее заполнения; в секции с глинистой фракцией 573 м³/сут в период заполнения балки, 287 м³/сут после ее заполнения. При наличии глинистого экрана толщиной 0,6 м с коэффициентом фильтрации $6,5 \cdot 10^{-4}$ м/сут утечки составят в секции с песчаной фракцией 446 м³/сут в период заполнения балки, 384 м³/сут после ее заполнения; в секции с глинистой фракцией 169 м³/сут в период заполнения балки,

109 м³/сут после ее заполнения. Таким образом, устройство глинистого экрана снизит фильтрационные потери в 2,6–3,4 раза из обеих секций в период их заполнения, и в 1,2–2,6 раза – в период после заполнения до начала рекультивации. Экран позволит уменьшить общие фильтрационные потери из секций с песчаной и глинистой фракциями с 1,52 млн. м³ и 753 тыс. м³ воды на 61% и 71% соответственно.

Устройство экрана приведет к повышению уровня воды в хвостах, что увеличит долю потерь на испарение в общем балансе с 3,9 до 13,1% для секции с песчаной фракцией, с 22,4 до 34,7 для секции с песчаной фракцией. на 3–5 м ниже поверхности хвостов, при наличии глинистого экрана – превышать уровень хвостов на 1–2 м. Для глинистой фракции положение уровня воды будет аналогичным. При наличии данных о фильтрационных свойствах хвостов данный вывод может быть уточнен.

Рассчитана инфильтрация в неогеновый горизонт в периоды заполнения хвостами б. Широкая и после прекращения их подачи. Для секции с песчаной фракцией она составит 2,75 мм/сут в период заполнения и 1,2 мм/сут после прекращения подачи хвостов при отсутствии экрана, 1,06 мм/сут в период заполнения и 0,9 мм/сут после прекращения подачи хвостов при наличии экрана. Для секции с глинистой фракцией техногенная инфильтрация составит 2,6 мм/сут в период заполнения и 1,3 мм/сут после прекращения подачи хвостов при отсутствии экрана; 0,77 мм/сут в период заполнения и 0,5 мм/сут после прекращения подачи хвостов при наличии экрана.

С использованием аналитических методов теории фильтрации [7] выполнен прогноз повышения уровня воды в неогеновом горизонте, в соответствии с которым определена зона влияния хвостохранилища (рис. 1). Форма секций хвостохранилища аппроксимирования прямоугольными источниками, для каждого из которых задана переменная во времени инфильтрация.

К моменту заполнения хвостохранилища площадь зоны с повышением уровня воды в неогеновом горизонте более 0,5 м составит от 1,6 до 3,6 км² в зависимости от наличия глинистого экрана. Площадь этой зоны увеличится в 2–3 раза спустя 20 лет с начала эксплуатации. Максимальное повышение уровня воды в неогеновом горизонте прогнозируется на участке хвостохрани-

лица и уменьшится от максимума 10-12 м к моменту его заполнения до 1-3 м спустя 20 лет.

Для сопоставления результатов прогноза фильтрации и миграции в неогеновом горизонте, выполненного аналитическим методом, разработана численная модель в программном обеспечении Modflow (Schlumberger W.S., Канада). В модели учтена нестационарная техногенная инфильтрация из хвостохранилища, влияние строящегося карьера. Численная модель показала аналогичные количественные показатели, что служит подтверждением корректности выполненного прогноза относительно повышения уровня воды в неогеновом горизонте под влиянием фильтрационных потерь.

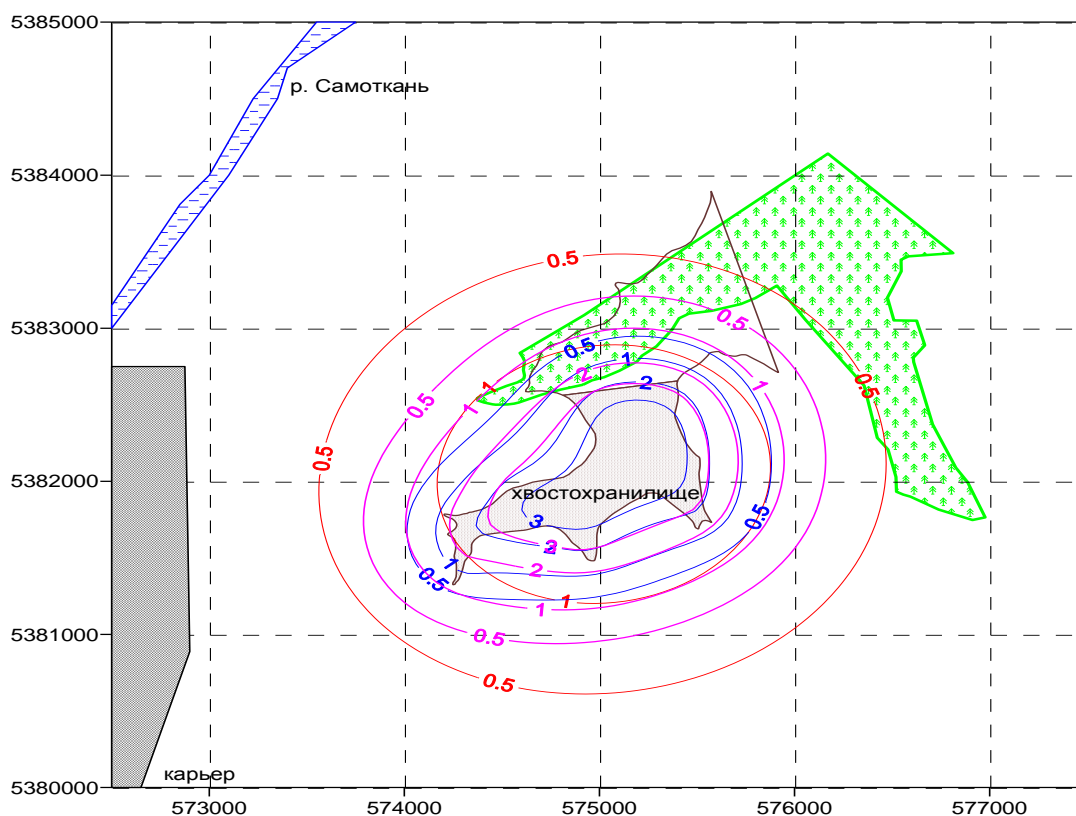


Рис. 1. Прогнозное повышение уровня подземных вод в неогеновом водоносном горизонте при варианте эксплуатации хвостохранилища с глинистым экраном в его основании

За 20 лет влияние хвостохранилища не распространится до русла р. Домоткань. Спустя 8–9 лет с начала эксплуатации ожидается частичная разгрузка фильтрующейся воды в карьер, предварительно ожидаемый дополнительный водоприток в карьер при понижении неогенового горизонта на 5 м составит 100-150 м³/сут

спустя 10–15 лет с начала эксплуатации. Если отработка карьера будет вестись без понижения уровня воды в неогеновом горизонте, ожидаемый водоприток составит 3–45 м³/сут.

Обсуждение результатов. Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы о целесообразности устройства глинистого экрана в основании хвостохранилища.

При полном соблюдении технологии укладки [8] глинистый экран позволит на 60–70% сократить фильтрационные потери и уменьшить площадь зоны повышения уровня воды в неогеновом горизонте в 1,5–2 раза. При наличии экрана обеспечивается возможность отбора воды для оборотного водоснабжения.

С другой стороны, даже при отсутствии экрана зона влияния хвостохранилища фактически не распространится до ближайших значимых объектов (русла р. Домоткань и карьера), и спустя 15–20 лет при условии проведения рекультивации произойдет существенное растекание этой зоны и снижение уровня воды в неогеновом горизонте. Однако в случае отсутствия экрана уровень воды в секциях может быть ниже поверхности хвостов из-за фильтрационных потерь, что существенно осложнит отбор воды для оборотного водоснабжения.

Выводы. и перспективы дальнейшего развития в данном направлении. Методика может быть использована для анализа водного баланса и достоверного прогноза фильтрационных утечек из хвостохранилищ, шламоотстойников, прудов-отстойников шахтных и рудничных вод и т.д.

Использованная литература

1. Хвостовое хозяйство: Банковское ТЭО Мотроновско-Анновского участка Малышевского месторождения ЧАО «Крымский ТИТАН». НЗ41998-0000-07-122-0001, Rev. В. НАТСН.
2. Гидротехнические сооружения – справочник проектировщика / Г. Железняков, Ю. Ибадзаде, П. Иванов, и др. Под общ. ред. В. П. Недриги. Москва, Стройиздат, 1983. – 543 с.
3. Водохранилища и водооградительные сооружения ГАЭС, ТЭС и АЭС / Гавриш П.Д., Канарский В.Ф., Кондратьев В.М. и др. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 192 с.
4. Методические рекомендации по сооружению земляного полотна автомобильных дорог из грунтов повышенной влажности. – М.: СоюзДорНИИ, 1980. – 58 с.
5. Першин М.Н., Артюхина Г.И. Возведение земляного полотна автомобильных дорог: учеб. пособие / СПбГАСУ. – СПб., 2007. – 117 с.
6. Гольдберг В.М. Проницаемость и фильтрация в глинах / Гольдберг В.М., Скворцов Н. П. – М.: Недра, 1986. – 160 с.
7. Методы прогноза солевого режима грунтов и грунтовых вод [Текст] / [Н.Н. Веригин, С.В. Васильев, Н.П. Куранов и др.]; под ред. Н.Н. Веригина. – М.: Колос, 1979. – 336 с.
8. ДБН В.2.4-5:2012. Хвостосховища і шламонакопичувачі. Ч. I. Проектування Ч. II. Будівництво. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 71 с.