

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С ПОДТОПЛЕНИЕМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛУЧЕВОГО ДРЕНАЖА

К.И. Кузеванов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия;
E-mail: kki@tpu.ru*

Аннотация. Развитие подтопления способно существенным образом осложнить эксплуатацию инженерных сооружений. Это требует разработки эффективных мер по предотвращению негативных последствий подъема уровней подземных вод. В случае особо ответственных сооружений повышаются требования к надёжности прогноза изменения гидрогеологических условий под влиянием эксплуатации защитных мероприятий. В статье рассматриваются вопросы прогноза изменения гидрогеологических условий на участке хранения высокоактивных отходов под влиянием лучевого дренажа.

Abstract. Flooding development is capable to complicate operation of engineering constructions essentially. It demands working out of effectual measures on prevention of negative consequences of ascending gradient of levels of underground waters. In case of especially responsible constructions requirements to reliability of the forecast of change of hydrogeological conditions under the influence of operation of protective actions raise. In article questions of the forecast of change of hydrogeological conditions on a lot of storage of a highly radioactive waste under the influence of a beam drainage are considered.

Объект исследования представляет собой полигон площадью 83200 м² для хранения твердых радиоактивных отходов. В составе хранилища находятся несколько земляных траншей и железобетонных сооружения для хранения отходов низкого, среднего и высокого уровня активности. Траншеи расположены рядами, линейно ориентированными с северо-запада на юго-восток и частично заполнены. Дальнейшая эксплуатация объекта возможна только в случае понижения уровня подземных вод в соответствии с требованиями санитарных норм.

Задача исследования и прогноза изменения гидрогеологических условий связана с обоснованием инженерной защиты хранилища от подтопления грунтовыми водами и выполнением гидротехнических расчетов дренажной системы в вариантной постановке для устранения проявляющихся признаков подтопления объекта. За счет техногенного изменения рельефа, поверхностного стока и режима питания произошло изменение общей гидродинамической структуры первого от поверхности горизонта подземных вод. Предельная допустимая глубина залегания уровня грунтовых вод контролируется профилем дна незаполненных траншей переменной глубины, его отметки изменяются от 208,0 м на северо-западе до 212,8 м на юго-востоке площадки.

Гидрогеологические условия площадки характеризуются повсеместным распространением подземных вод. Первым от поверхности залегает водоносный горизонт грунтовых поровых вод со свободной поверхностью, приуроченный к четвертичным аллювиально-делювиальным отложениям (adQ).

Водоносный горизонт имеет площадное распространение. Питание осуществляется в основном при инфильтрации атмосферных осадков и, предположительно, за счет разгрузки трещинно-жильных вод, приуроченных к метаморфическим породам архейского возраста, имеющих удаленные области питания. Водоносный горизонт грунтовых вод характеризуется сильно изменяющейся мощностью и составом водовмещающих пород, но имеет единую свободную поверхность. Водупорным ложем служат элювиальные грунты коры выветривания гнейсов.

Необходимость численного моделирования для прогноза изменения гидрогеологических условий на участке проектирования лучевого дренажа обусловлена

сложностью строения гидрогеологического разреза в районе размещения хранилища радиоактивных отходов.

В таких условиях прогнозировать работу дренажной системы наиболее полно можно только с использованием приемов численного моделирования. Эта технология позволяет наиболее полно учитывать в прогнозных гидродинамических расчётах как наличие слоистого строения водовмещающей толщи, так и сложную форму внешних (русла ручьев) и внутренних (горизонтальные скважины) граничных условий [1, 2].

В основу численной модели области фильтрации положены материалы отчета об инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях в рамках комплексного инженерно-радиационного обследования площадки и проекта гидрогеологических работ по обоснованию инженерной защиты от подтопления грунтовыми водами, выполненных в 2003 году. Строение разреза формализовано на основе создания конечно-разностной сетки области фильтрации, которая учитывает наиболее существенные черты формирования фильтрационного потока в естественных и нарушенных условиях.

Использование лучевого дренажа для борьбы с повышением уровня подземных вод обусловлено особенностями хранилища. Его территория не доступна для проведения строительных работ. Дренажные горизонтальные скважины предложено проходить из колодцев за периметром площадки [3, 4].

В результате схематизации гидрогеологических условий получена действующая модель проектного лучевого дренажа в области фильтрации и выполнено прогнозное гидродинамическое моделирование. Эффективность дренажных работ показана на картах прогнозных напоров, отражающих изменение уровней подземных вод на пятидесятилетний срок эксплуатации дренажной системы.

Верхняя граница водовмещающей толщи совпадает с поверхностью рельефа. Отметки рельефа приняты по карте фактического материала для участка, ограниченного руслами естественных постоянно действующих водотоков. Численная модель охватывает площадь 500×700 м с размерами отдельной ячейки 10×10 м, т.е. имеет размерность конечно-разностной сетки в плане 50×70 ячеек.

Толща водовмещающих горных пород рассматривается по вертикали до условной границы зоны активного водообмена, за которую принята поверхность водоупорного ложа. В качестве подошвы водовмещающей толщи рассматривается поверхность кровли элювиальных грунтов коры выветривания гнейсов, на отдельных участках - юрских глин. Поверхность этого водоупора имеет уклон в сторону главной естественной дрены. Глубина залегания кровли водоупорных пород изменяется от 4 до 27 м.

Геологический разрез водовмещающей толщи представлен чередованием суглинков и супесей, имеющих в основании разреза пески и гравийные отложения. На численной модели каждая литологическая разность горных пород представлена отдельным слоем конечно-разностной сетки.

Подземный сток в районе исследования находится под существенным влиянием естественных факторов и определяется наличием избыточного (по сравнению с величиной испарения) инфильтрационного питания. По оценкам предыдущих исследований среднемноголетняя величина атмосферных осадков как основного источника инфильтрационного площадного питания оценивается на уровне 479 мм/год, что в пересчете на ежедневную интенсивность может составлять 0,0013 м/сут. На численной модели эта величина уточнялась с учетом особенностей формирования и интенсивности поверхностного стока.

В таких условиях на положение уровней подземных вод могут оказывать существенное влияние техногенные факторы, связанные в первую очередь с перераспределением поверхностного стока. Создание траншей, выемок в рельефе, протяжённых насыпей и т.п. может приводить к существенному изменению (замедлению) поверхностного стока и, как

следствие, к увеличению интенсивности инфильтрационного питания на локальных участках. Такого рода техногенные воздействия на поверхностный сток могут приводить к существенному росту уровней подземных вод, поскольку строение геологического разреза представлено в основном слабопроницаемыми грунтами с коэффициентами фильтрации не превышающими 0,1 - 0,2 м/сут.

Процесс решения геофильтрационной задачи сводится к управлению потоком подготовленных исходных данных и параметрами численного решения в соответствии с поэтапной программой прогнозного моделирования.

На первом этапе выполнялось решение геофильтрационной задачи в стационарной постановке без учета работы дренажных сооружений. Основная цель моделирования на этом этапе заключается в сопоставлении пространственного распределения напорного поля с данными замеров уровней подземных вод по гидрогеологическим скважинам. В итоге получено модельное распределение напоров в естественных условиях стационарной безнапорной фильтрации и количественные параметры дополнительного питания.

С этой целью на модели области фильтрации выполнена серия численных экспериментов, в ходе которых уточнялась количественная оценка интенсивности инфильтрационного питания. Экспериментально установлено, что на модели значения этой величины изменяются зонально: минимальное составляет 0,0001 м/сут в центральной части модели, максимальное достигает 0,009 мм/сут на юго-западе, в северной части фиксируется 0,002 м/сут. Это эквивалентно 36,5 мм/год, 730 мм/год и 3285 мм/год соответственно. При этих значениях получено удовлетворительное совпадение расчетных напоров и уровневой поверхности подземных вод, построенной результатам обработки данных режимных наблюдений (рис. 1 а). Зона повышенной инфильтрации, пространственно соответствует участкам нарушенного рельефа с затруднёнными условиями поверхностного стока.

На втором этапе моделировалась работа дренажной системы в условиях стационарного фильтрационного потока, т.е. на период окончания перестройки напорного поля под влиянием искусственного возмущения (рис. 1 б). Основная цель при этом заключается в получении карты гидроизогипс безнапорного водоносного горизонта в нарушенных условиях полной стабилизации уровней подземных вод после ввода лучевого дренажа в эксплуатацию. Изменение уровней подземных вод в контрольных точках на продольной оси хранилища, формирующееся в процессе работы дренажной системы показано в таблице.

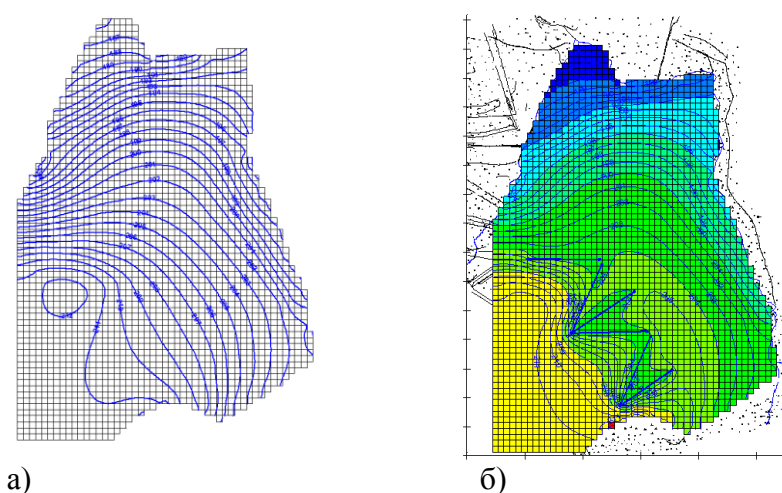


Рис. 1. Прогноз работы дренажной системы в естественных условиях (а) и в течение первого года эксплуатации (б)

Снижение уровней подземных вод под влиянием дренажа имеет явно выраженный неравномерный характер (рис. 2). Максимальные темпы снижения уровней подземных вод

формируются в течение приблизительно 2000 сут (5,5 лет). В течение последующих 10000 сут (27,4 года) формируется стационарный поток в условиях нарушенного режима фильтрации. После 12000 сут (33 года) наступает стационарная фильтрация подземных вод. В этот период эффективность действия дренажа достигает своего абсолютного максимума.

Таблица

Расчётные значения абсолютных отметок уровней подземных на продольной оси хранилища, м

Расчетный период, сут		КТ-1	КТ-2	КТ-3
сутки	год			
60	0,2	204,36	206,85	206,53
120	0,3	203,98	205,71	205,59
180	0,5	203,63	204,85	204,96
240	0,7	203,34	204,21	204,49
300	0,8	203,08	203,72	204,12
360	1,0	202,86	203,37	203,83
1800	4,9	201,12	201,50	202,20
3600	9,9	200,71	201,25	201,99
10800	29,6	200,37	201,05	201,84
14400	39,5	200,35	201,03	201,83
18000	49,3	200,34	201,03	201,83
19800	54,2	200,34	201,02	201,83

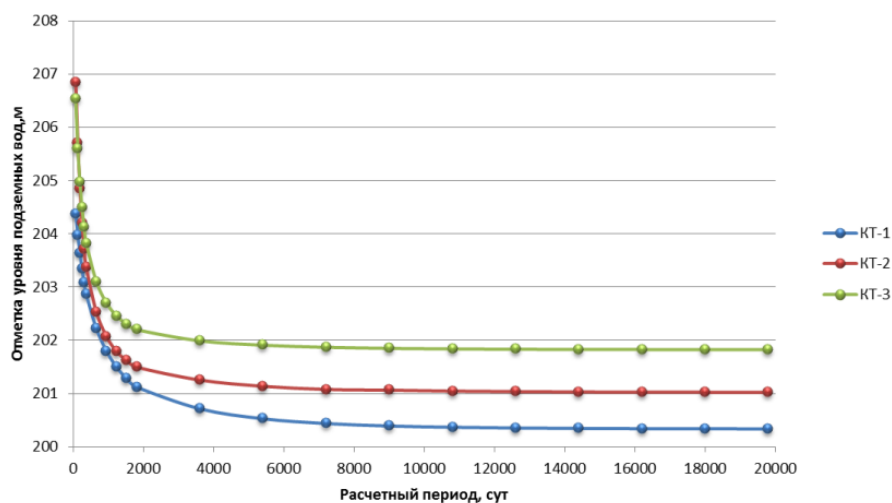


Рис. 2. Изменение уровней подземных вод по продольной оси хранилища под влиянием работы лучевого дренажа

Темпы снижения уровней подземных вод наиболее интенсивны в начальном периоде эксплуатации дренажной системы. Уже через два месяца после начала работы дренажа уровни подземных вод начинают заметно снижаться. На северо-западной границе площадки хранилища уровень подземных вод падает на 1,6 м, в центральной части снижается на 2,1 м, а возле юго-восточной границы уменьшается на 3,5 м.

В результате выполненного моделирования гидрогеологических условий площадки хранилища установлено, что запроектированная дренирующая система может работать эффективно и способна обеспечить снижение уровня до отметок близких к горизонту заложения лучевых дрен.

Литература

1. Гавич И. К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. М., Недра, 1980. – 358 с.
2. Ломакин Е. А., Мироненко В. А., Шестаков В. М. Численное моделирование геофильтрации. М.: Недра, 1988. - 228 с.
3. Дегтярев Б. М. Дренаж в промышленном и гражданском строительстве. М.: Стройиздат, 1990. – 238 с.
4. Гидрогеологические исследования в горном деле / под редакцией В.А. Мироненко. М.: Недра, 1976. – 352 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПАЛЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

К.К. Кузеванов¹, А.А. Балобаненко²

¹ *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, E-mail: kuzevanovkk@mail.ru*

² *АО «Томскгеомониторинг», Томск, Россия, E-mail: ejay_qwan@mail.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены методические аспекты обработки картографической и табличной информации, направленные на получение статистических данных о химическом составе подземных вод. Рассмотрена последовательная обработка гидрогеологической информации средствами ГИС-технологий. Приведены результаты визуализации регрессионного анализа данных химического анализа подземных вод палеогеновых отложений Томской области.

Abstract. The article describes the methodological aspects of processing cartographic and tabular information aimed at obtaining statistical data about the chemical composition of groundwater. Consider the sequence of processing the hydrogeological information using GIS technology. The results of the regression analysis of data visualization chemical analysis of groundwater Paleogene deposits of Tomsk region.

Применение географических информационных системы (ГИС) прочно вошло в инструментарий специалистов, изучающих гидрогеохимический состав подземных вод. Широкое использование ГИС-технологий приобрели благодаря большому разнообразию предлагаемого на сегодняшний день программного обеспечения, простотой использования и возможностью его совершенствования. Таким образом, развитие ГИС снимает ограничения на постановку и решение задач, связанных с обработкой больших объемов информации, статистических расчетов, множественных картографических построений, пространственного анализа и т. д [8,9].

Однако функции отдельных инструментов, входящих в стандартный набор программных продуктов зачастую недостаточны для решения отдельных гидрогеологических задач в силу сложности изучаемого объекта. Преодоление возникающих препятствий возможно благодаря комбинированному использованию предлагаемого инструментария.

Исследование химического состава подземных вод Томской области ведется на протяжении многих лет. За это время накоплено большое количество гидрогеологической информации. Объединенная в электронную базу данных гидрогеохимического опробования подземных вод и набора картографических построений эта информация легла в основу данной работы.

Построение модели пространственного распределения минерализации подземных вод средствами ГИС требует решения ряда задач.

Одной из основных является подготовки выборки результатов опробования из информационной таблицы гидрогеологического содержания. Исходная база данных, представленная в виде единой информационной таблицы, содержит около 10 000 записей, соответствующие разовым определениям химического состава подземных вод. Объекты имеют различные по количеству записей режимы наблюдений или единичные замеры, что