

УДК 556.3:528.9(082)

UDC 556.3:528.9(082)

КАРТОСЕМИОТИЧЕСКАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КАК ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

CARTOSEMIOTIC GEOINFORMATIC MODEL AS A BASIS OF HYDRODYNAMIC MODELS

Коноплев Александр Владимирович
к.т.н., доцент
Естественнонаучный институт ФГБОУ ВПО Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Konoplev Alexander Vadimirovich
Cand.Tech.Sci., associate professor
Natural Sciences Institute of Perm State National Research University, Perm, Russia

Красильников Павел Анатольевич
к.г.н.

Krasilnikov Pavel Anatolyevich
Cand.Geog.Sci.

Красильникова Светлана Александровна
ФГБОУ ВПО Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Krasilnikova Svetlana Aleksandrovna
Perm State National Research University, Perm, Russia

Клёцкина Оксана Владимировна
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Уральский государственный научно-исследовательский институт региональных экологических проблем», Россия

Kletskina Oksana Vladimirovna
Ural Environmental Research Institute, Russia

В статье описывается преимущество использования готовых картосемиотических геоинформационных моделей при подготовке банка исходных данных для создания геофильтрационной и геомиграционной моделей грунтового потока с использованием современных программных средств гидродинамического моделирования на примере территории ОАО «Кирово-Чепецкого химического комбината». Описывается технология моделирования

The article describes the advantages of using cartosemiotic GIS models in a preparation of the bank data source to create a geofiltrational and geomigrational groundwater flow models using modern software simulation. It also describes the technology of modeling

Ключевые слова: ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, МИГРАЦИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Keywords: HYDRODYNAMIC MODELING, GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, MIGRATION OF CONTAMINANTS, ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS

В основе создания гидродинамической модели грунтового потока на основе современных программных комплексов положено два принципиальных подхода. Первый подход формируется на основе создание грид модели территории объекта исследования и внесения необходимой гидрогеологической информации непосредственно в пространственную сетку модели. Второй подход основан на создание концептуальной модели, которая в дальнейшем трансформируется в трехмерную сетку (3D Grid), автоматические формируя значения в каждой ячейке. Наиболее удобным является

второй метод. Для его реализации необходимо создание единого информационно-картографического пространства объекта исследования, которое и будет представлять собой концептуальную модель. Эта модель является современной электронной картой, на которой помимо визуализированной информации хранятся и дополнительная - атрибутивная. Именно наличие этой составляющей позволяет в полуавтоматическом режиме формировать пространственную изменчивость гидродинамических параметров в 3D сетке.

Современные геоинформационные системы обладают всеми вышеуказанными свойствами. Их использование позволяет не только сформировать концептуальную модель, но и подготовить кондиционный картографический материал, отвечающий требованиям современной картографии.

Авторы используют данный метод для решения задач миграции загрязняющих веществ в подземных водах. В статье приводится подобное решение на примере создания гидродинамической модели территории Кирово-Чепецкого химического комбината (КЧХК).

Целью данной работы стала подготовка исходных данных, и создание региональной гидродинамической модели фильтрации грунтового потока на территории расположения хвостохранилища мела ОАО «ЗМУ КЧХК» для последующего формирования геомиграционной модели как основы для прогнозирования зоны влияния хвостохранилища на окружающую среду и оконтуривание территории реабилитации.

Исходная информация была предоставлена заказчиком. Создание региональной геофильтрационной модели для решения плановой квазитрехмерной задачи выполнялось при помощи свободно распространяемой программы для моделирования фильтрации Modflow-2000 (USGS) <http://water.usgs.gov/nrp/gwsoftware/modflow.html>

Создание единой геоинформационно-картосемиотической модели

Первым шагом для решения поставленной задачи стало обобщение и сведение воедино материалов предшествующих исследований по территориям КЧХК: инженерно-геологических, гидрогеологических и опытно-фильтрационных работ, которые проводились разными подрядными организациями и в разный временной период. Комплексный анализ полученных результатов никто не проводил. Авторы посчитали, что наиболее полно эту задачу можно решить с использованием геоинформационных технологий [2]. Создание ГИС-проекта района исследований стало основой для разработки гидродинамической модели территории ОАО «КЧХК». Единая ГИС объекта исследования позволит в дальнейшем специалистам-экологам в комплексе оценивать всю имеющуюся пространственную информацию и выявлять пространственные закономерности распространения загрязнения.

Хотелось бы отметить, что геоинформационные системы значительно упрощают работу при подготовке первичных данных для создания квазитрехмерной модели потока и являются хорошим решением для представления результатов моделирования в картографической форме. Хочется акцентировать внимание на том, что не всякая геоинформационная система становится картой. Чтобы назвать результаты геоинформационных построений картографической моделью, необходимо обоснованно выбрать систему координат, подготовить и разработать легенду, подобрать и обосновано использовать картографические приемы для отображения информации, будь то картознаки, графознаки, кванти-, квали- ареалы либо другие методы отображения информации, то есть привести оформление карты в соответствии с требованиями картосемиотики. Только после этого мы имеем право назвать наше произведение картой или картосемиотической моделью.

Наличие в программном комплексе Modflow функций экспорта-

импорта атрибутивной информации и тематических слоев в популярные ГИС-системы позволяет создавать качественные модели в кратчайшие сроки и, в то же время, экспортировать результаты гидродинамического моделирования в информационные системы для последующей обработки.

Для решения нашей задачи ГИС-проект был создан на основе программного продукта ArcGis 9.2 (рис.1) в прямоугольной системе координат Pulkovo 42 (СК-42), зона 9. Система координат основана на проекции Гаусса — Крюгера в виде зонального проецирования, которое подразумевает проецирование не для всего сфероида, а для отдельных зон. Эта зона соответствует пространственному расположению объекта исследования.

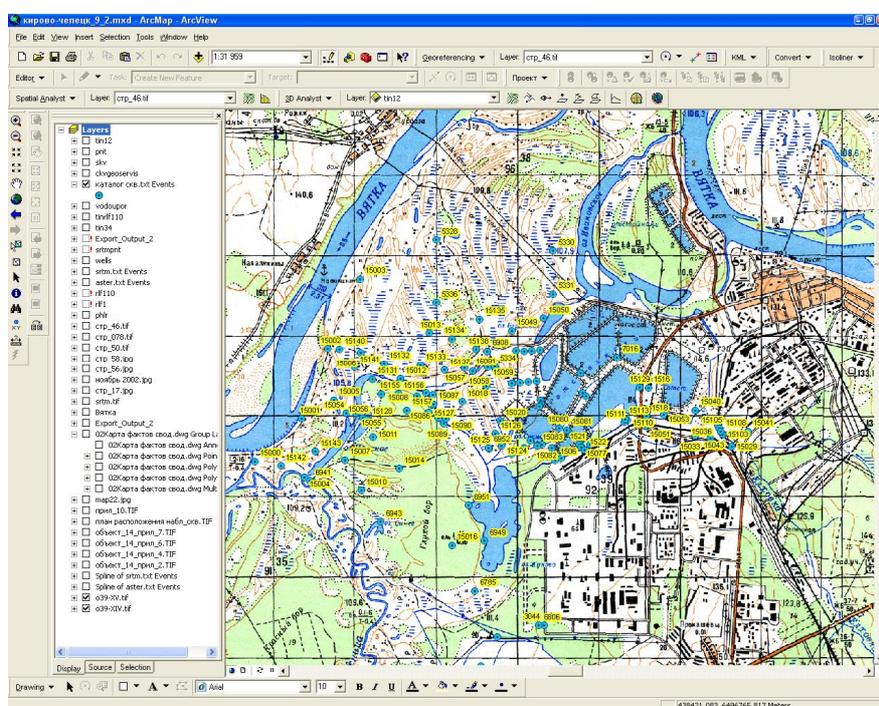


Рисунок 1 – ГИС ОАО «КЧХК»

В созданную геоинформационную систему вошли следующие материалы:

- Фактические материалы (местоположение инженерно-геологических, гидрогеологических скважин, основных инфраструктурных объектов);
- топографические карты;
- результаты геохимических и геоэкологических исследо-

ваний;

- результаты мониторинга за состоянием грунтовых вод.

Для создания модели поверхностного стока была использована бесплатно распространяемая цифровая модель рельефа SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) уточненная данными с абсолютными отметками поверхности земли по паспортам скважин (рис 2.).

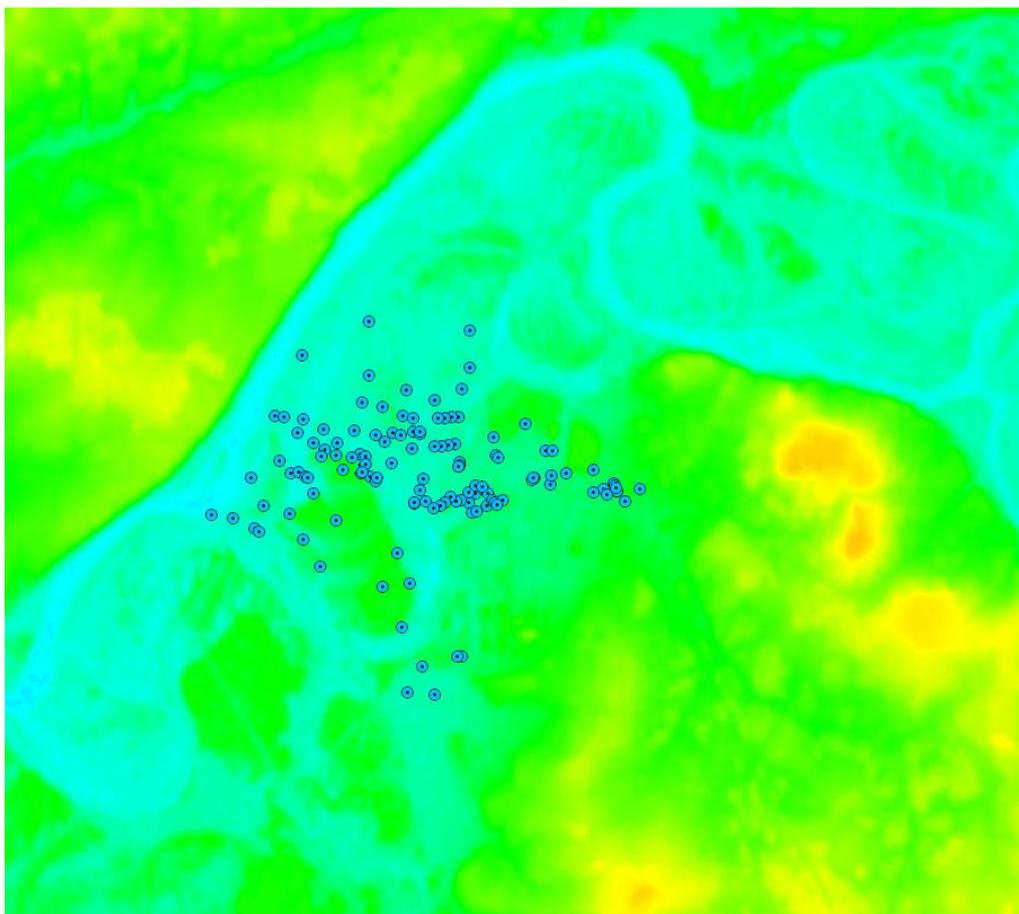


Рисунок 2 – Цифровая модель рельефа территории исследования

Радарная интерферометрическая съемка поверхности земного шара была проведена в феврале 2000 г. с борта космического корабля многоцелевого использования "Шаттл". Данная съемка проведена почти на всей территории Земли между 60-м градусом северной широты и 54 градусом южной широты с помощью двух радиолокационных сенсоров SIR-C и X-SAR установленных на борту корабля. Результатом съемки стала цифровая модель рельефа 85% поверхности Земли.

В атрибутивную базу данных также были внесены значения абсолютных отметок кровли и подошвы основных литологических разностей и присвоены соответствующие им гидродинамические параметры (коэффициенты фильтрации, коэффициенты водопроницаемости). Затем на основе внесенных данных были получены поверхности: водоупора, кровли и подошвы основных элементов разреза. Водоупором в нашем случае являются верхнепермские глины, мощность которых, согласно литературным источникам, составляет 27 - 56 метров.

Разработка блок-схемы и создание региональной гидродинамической модели территории

Создание гидродинамической модели фильтрационного потока начинается с определения количества слоев, определяющих вертикальное расчленение разреза до локального водоупора [1]. В геологическом строении территории принимают участие четвертичные отложения и подстилающие их верхнепермские отложения татарского яруса.

Четвертичные отложения представлены толщей аллювиальных песчано-глинистых отложений, перекрытых с поверхности грунтами почвенно-растительного слоя, местами торфом.

Верхнепермские отложения представлены глинами, суглинками твердыми и полутвердыми. Гидрологические условия территории характеризуются развитием грунтового водоносного горизонта, приуроченного к аллювиальным четвертичным отложениям. Горизонт преимущественно безнапорный, местами, где имеются в верхней части толщи прослойки суглинков и глин, обладает местным напором до 1,5 м. Направление грунтового потока от хранилища в сторону реки Вятки практически соответствует ранее определенному работами 2001 года. Водоупором служат верхнепермские глины. Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, поверхностных вод рек Елховка, Просница, старич-

ных пойменных озер, а также утечек сточных вод из хранилища отходов ОАО «КЧХК».

Разгрузка грунтовых вод происходит в реку Вятка, являющейся основной дреной подземных вод в районе. Максимальные уровни грунтовых вод будут располагаться у поверхности земли. Все четвертичные отложения ниже максимально ожидаемого уровня грунтовых вод обводнены.

При создании геофильтрационной модели необходимо учитывать, что количество слоев должно отвечать максимальной подобности природных обстановок и в то же время не перегружать модель [3]. Общая региональная модель территории включала верхний безнапорный слой, решение для которого нуждается в указании величин горизонтального и вертикального коэффициентах фильтрации. Для остальных слоев модели задается проводимость, отображающая интегрально способность всего слоя проводить воду, и коэффициент вертикальной фильтрации, определяющий перетекание между слоями. Исходные значения проводимостей и коэффициентов горизонтальной фильтрации взяты из предоставленных материалов.

Согласно всего вышесказанного региональная гидродинамическая модель территории ОАО «КЧХК» создавалась трехслойной, локальным водоупором которой стали верхнепермские глины, мощность их составляет 27-56м.

К верхнему слою отнесены делювиальные суглинки, второй слой представлен пойменной фацией, сложенной песком мелкой и средней крупности, третий слой модели представлен песком крупным с гравелистым материалом. Выбранные границы являются едиными для всех слоев модели.

Коэффициенты фильтрации приведены ниже:

1 – глина делювиальная. Коэффициент фильтрации горизонтальный и вертикальный принят равным 0,6 м/сут.

2 – песок мелко- и средне- крупный. Коэффициент фильтрации гори-

горизонтальный и вертикальный принят равным 6 м/сут.

3 – песок крупный с включениями гравия. Коэффициент фильтрации горизонтальный и вертикальный принят равным 24 м/сут.

4 – глина элювиально-делювиальная. Коэффициент фильтрации горизонтальный и вертикальный принят равным 0,0000067 м/сут.

В процессе калибровки модели и переходе к локальной модели коэффициенты фильтрации будут уточняться.

Геометрия поверхностей, разделяющих слои, определялась на основании интерполяции абсолютных отметок этих границ по существующему набору скважин.

Структура потока грунтовых вод на основании карт гидроизогипс представляется плановой, практически не претерпевающей сильных деформаций в вертикальных плоскостях.

Режим фильтрационного потока региональной модели во времени принимается стационарным. Для калибровки модели этот вариант единственный возможный вследствие использования разновременных измерений напоров подземных вод.

Область моделирования. Граничные условия

Региональная модель территории исследования была ограничена с севера рекой Вяткой, являющейся основной дренающей подземных вод в районе. С запада границей стала р. Просница, являющаяся постоянным водотоком с фиксированным напором. С юга и востока региональная модель (рис.4а) ограничена водораздельными линиями, которые разделяют области атмосферного питания (рис. 4б).

Распределение инфильтрации по площади проводилось по геоморфологическим элементам, количественным выражением которых являлся уклон земной поверхности. На водораздельных площадях с минимальным уклоном инфильтрация принималась большей. На склонах она уменьша-

лась. Выдерживался суммарный расход инфильтрации по территории. Реки задаются обычным граничным условием третьего рода, определяемого на модели основным параметром коэффициентом перетока (отношением коэффициента вертикальной фильтрации русловых отложений к их мощности (k_0/m_0)).

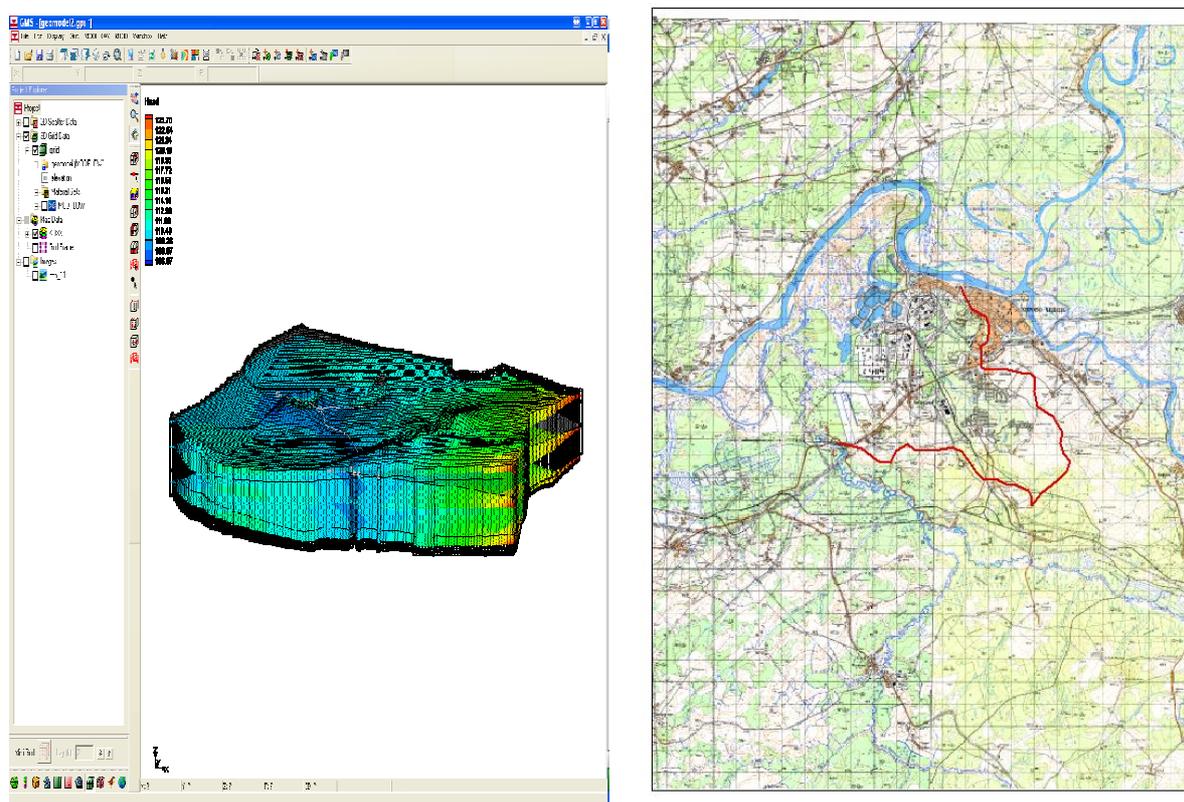


Рисунок 4 – слева- 3D гидродинамическая модель, справа - границы модели грунтового потока

На заболоченной территории задана возможность эвапотранспирации с критической глубиной 1,5 м и испарением на поверхности земли 0,00168 м/сут. Это соответствует суммарному летнему испарению, деленному на годовой период. При увеличении глубины уровня подземных вод от поверхности земли испарение линейно падает и на глубине 1,5 м прекращается.

Заключение

В ходе выполнения работ была создана геоинформационная карто-

семиотическая модель, включающая данные фактического материала (местоположение инженерно-геологических, гидрогеологических скважин, основных инфраструктурных объектов), топографические данные, результаты геохимических исследований, результаты мониторинга за состоянием грунтовых вод.

На основе созданной ГИС разработана трехслойная геофильтрационная модель грунтового потока и определены граничные условия региональной модели. Также проведено районирование территории по величине инфильтрации и выявлена пространственная неоднородность фильтрационных свойств территории.

Список литературы

1. Анпилов В.Е. Формирование и прогноз режима грунтовых вод на застраиваемых территориях. М.:Недра, 1976. 185с.
2. Геоинформационное картографирование природных ресурсов Пермского края/ А.В. Коноплев, П.А. Красильников// Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Сборник научных трудов. Выпуск 2 – ПГУ. – Пермь. – 2009. – С. 30-39.
3. Румынин В.Г. Геомиграционные модели в гидрогеологии. СПб. : Наука, 2011. 1157с.