

**МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И КОМУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

На правах рукописи

УДК 628:004.9

ХАМИТОВ МУХАММАД-АРТЁМ ГАЙБУЛЛАЕВИЧ

**Разработка геоинформационной системы (ГИС)
Китабо-Шахрисабзкого месторождения подземных вод**

**5А330501 – Компьютерный инжиниринг
(Проектирование компьютерных систем)**

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание академической степени магистра

Допущен к защите

Зав кафедрой "КС"

_____ **Назаров А.И.**

"__" _____ **2015** год

Научный руководитель:

д.т.н., проф. Усманов Р.Н.

"__" _____ **2015** год

Ташкент – 2015

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава I. Принципы интеграции ГИС технологий для комплексного исследования условий формирования и эксплуатации Китабо – Шахрисабзкого месторождения подземных вод...	7
1.1. Краткий обзор научных работ по применению ГИС в гидрогеологических исследованиях	7
1.2. Характеристика гидрогеологический условий Китабо – Шахрисабзкого месторождения подземных вод.....	12
1.3. Обработка и анализ результатов режимный наблюдений по Китабо – Шахрисабзкому месторождению подземных вод	16
Выводы к главе I	28
Глава II. ГИС модель Китабо – Шахрисабзкого месторождения подземных вод	29
2.1. Структура ГИС модели Китабо – Шахрисабзкого месторождения подземных вод	29
2.2. Геобазированных ГИС модели Китабо – Шахрисабзкого месторождения подземных вод	33
2.2.1. Состав и структура геобазированных ГИС модели Китабо – Шахрисабзкого месторождения подземных вод	51
2.3. Тематические слои ГИС модели Китабо – Шахрисабзкого месторождения подземных вод	56
Выводы к главе II	60
Глава III. Планирование и проведение вычислительных экспериментов на базе электронно-картографической модели Китабо – Шахрисабзкого месторождения подземных вод	61
3.1. Планирование экспериментов по Китабо – Шахрисабзкому	

	месторождению подземных вод	61
3.2.	Интеграция ГИС технологии для нечетко-детерминированного моделирования условия функционирования водозабора ВУ-1..65	
3.3.	Проведение вычислительных экспериментов на основе нечетко-детерминированной модели и визуализация результатов вычислительных экспериментов	72
	Выводы к главе III	77
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	78
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	80
	ПРИЛОЖЕНИЕ	89

Введение

Обоснованность темы магистерской диссертации и её актуальность. В условиях острого дефицита водных ресурсов в Кашкадарьинской области, подземные воды являются одним из основных, а в некоторых случаях единственным источником хозяйственно питьевого водоснабжения населения.

Одним из малоизученных аспектом данной проблемы является учет пространственного характера взаимосвязей составляющих скважин КШМПВ, инфильтрационных каналов, населенных пунктов, орошаемых территорий и т.п. До недавнего времени в качестве основного источника информации считались данные режимных наблюдений, представленные в основном в числовой форме. Однако, в условиях интенсификации влияния техногенных факторов на гидрогеологические объекты, в том числе на КШМПВ, качества этих данных не всегда отвечает требованиям адекватности, точности, оперативности и надежности. К тому же в процессах поддержки принятия решений характер пространственного распределения характеристик и их параметров учитываются в основном косвенно. В этой связи перспективным является разработка ГИС модели КШМПВ, основанного на обработке данных пространственного характера (числовые, графические, изображения объектов, лингвистические и т.п.) Такой подход, представляется более перспективным в плане визуализации и принятия решений.

Такая постановка задачи позволяет эффективно решать вопросы обоснования проектов формирования и эксплуатации водозаборов подземных вод и исследовать их с точки зрения различных проблем: экономической, технической, экологической и т.д.

Разработка и обоснование проектов водозаборов подземных вод связанных с обработкой больших объемов информации разнородного и пространственного характера. В этой связи вопросы разработки

компьютеризированной системы, с целью обоснования проекта КШМПВ на ГИС основе является актуальной задачей.

Объектом исследований являются методы моделирования гидрогеологических процессов и условия формирования Китабо-Шахрисабзского месторождения подземных вод.

Предметом исследований является геоинформационная модель водозаборов подземных вод.

Цель и задачи исследования. Разработка ГИС модели КШМПВ для комплексного исследования процессов формирования и эксплуатации запасов подземных вод.

Задачами исследований являются.

1. Изучение принципов интеграции ГИС технологий для моделирования КШМПВ.
2. Анализ данных режимных наблюдений по КШМПВ.
3. Разработки и обоснования структуры ГИС модели КШМПВ.
4. Выбор и обоснование тематических слоев ГИС модели КШМПВ.
5. Разработка электронно-картографической модели КШМПВ на ГИС основе.
6. Проведение вычислительных экспериментов на базе ГИС модели КШМПВ.

Научная новизна полученных результатов:

- принципы интеграции ГИС технологий для моделирования КШМПВ.
- выбор структуры и топологических элементов КШМПВ;
- электронно-картографическая ГИС модель КШМПВ;
- результаты экспериментов полученных на базе ГИС модели КШМПВ и принимаемые решения на такой основе.

Гипотеза исследования. Территориально-распределенный характер как составляющих Китабо-Шахрисабзского месторождения подземных вод так и информации об этих составляющих представленных в ГИС как

топологические элементы водозаборов подземных вод КШМПВ. Запасы качества подземных вод КШМПВ формируется в условиях нарушенного режима подземной гидросферы.

Обзор литературы по теме исследования. Прделан обзор научных работ по моделированию геофильтрационных процессов (работы Абуталиева Ф.Б., У.У. Умарова, И.Х. Хабибулаева, Усманова Р.Н., Джуманова Ж.Х. и д.р.), геоинформационному моделированию гидрогеологических систем (работы Жуманова Ж.Х., Калинина В.Г., Савеннова Г.В., Павлова С.В. и д.р.), по обоснованию проектов водозаборов подземных вод (работы Гавич Н.К., Гольберг В.М., Умарова У.У., Мавлонов А.А., Усманова Р.Н., и д.р.)

Прделанный обзор работ по моделированию геофильтрации и условий функционирования водозаборов подземных вод показывает на слабую разработанность принципов интеграции ГИС технологий в гидрогеологических исследованиях водозаборов подземных вод.

Характеристикой методики исследований являются методы обработки данных режимных наблюдений с применением вычислительных и графических возможностей Matlab, разработки геобазданных КШМПВ.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость исследований заключается в разработке нового геоинформационного подхода позволяющего существенно улучшить и обосновать процессы математического моделирования геофильтрации

Разработанную ГИС модель КШМПВ можно применить для проектирования условий формирования и эксплуатации водозаборов подземных вод.

Характеристика структуры работы. Диссертация состоит из введение, трех глав, списка использованной литературы и приложений, объемом (86) страницы, (3) таблиц и (2) карты, (27) рисунков.

В заключении приведены основные выводы и рекомендации по проведенным исследованиям.

Глава 1. Принципы интеграции ГИС технологий для комплексного исследования условий формирования и эксплуатации Китабо-Шахрисабзского месторождения подземных вод

1.1. Краткий обзор научных работ по применению ГИС в гидрогеологические исследования

Использование ГИС технологий в практике гидрогеологических исследований является достаточно новой, перспективной и слабоизученной. Имеется ряд работ по применению ГИС в моделировании и принятия решений в гидрогеологии [1, 7, 9, 11, 13].

Так, в работе [18] рассмотрены методологические основы создания гидрологической ГИС на примере водосбора Воткинского водохранилища, особенности организации картографических и атрибутивных баз данных и функциональные возможности ГИС. Показаны примеры использования гидрографических характеристик рек и их бассейнов, определенных современными методами ГИС-технологий, в расчетах стока. Приводится сравнительный анализ показателей, полученных по картам разных масштабов.

Имеется ряд работ связанных с применением ГИС для оценки уязвимости крупных территорий на основе учёта геологических, гидрологических и гидрогеологических характеристик [49]. При этом на картах уязвимости показаны географические площади, которые в той или иной степени уязвимы к факторам загрязнения. Эти карты играют важную роль в планировании управления ресурсами подземных вод [49]. В качестве основы карт уязвимости территорий использованы географические информационные системы (GIS), которые обеспечивают управление данными и их наглядностью. Карты уязвимости являются полезным

инструментом в оценке экологического риска, так как на них суммируется потенциальный эффект от воздействия на окружающую среду стрессовых факторов в удобной визуальной форме.

В работе [50] исследованы причины неточности прогнозных гидрогеологических расчётов, с использованием геофильтрационной и математической моделей. Успех гарантирован только в том случае, когда геофильтрационная модель (плюс "расчетная схема") адекватно отражает гидрогеологические поля объекта, а математическая модель, в свою очередь, адекватно воспроизводит все элементы геофильтрационной модели и связь между этими элементами. Создание геофильтрационных моделей осуществляется на формальном уровне, опираясь на существующую информацию по объекту, которая почти всегда не соответствует предъявляемым требованиям и приводит к дальнейшему упрощению модели. По мнению авторов необходимо коренным образом изменить ход гидрогеологических исследований и придать им комплексный характер, соответствующий требованиям гидрогеологических моделей. Предлагается, кроме создания "базы данных", ведение работ по созданию "банка моделей", так как результаты гидрогеологических исследований будут представлены в виде моделей. В данной работе выделены и предложены этапы системного изучения гидрогеологических объектов для разработки адекватных геофильтрационных моделей, которые могут быть использованы для имитации гидрогеологических полей в условиях техногенного воздействия.

В статье [51] приводится специфика месторождений подземных вод, связанная с их подвижностью и возобновляемостью запасов. Анализируется структура месторождений как сложных систем, и предлагаются принципы системного подхода к их изучению.

В статье [54] приводятся результаты разработки типовой ГИС для территориальных органов водных ресурсов и её апробация в отделе водных

ресурсов по Республике Башкортостан (ОВР по РБ) Камского бассейнового водного управления (БВУ). Целью создания территориальной геоинформационной системы водных ресурсов (ТГИС ВР) является оперативное обеспечение руководства и сотрудников территориального отдела полной и достоверной пространственной информацией (справочной и аналитической), поддержка принятия решений по управлению водными ресурсами, обеспечение единого подхода к проектированию ГИС для управления водными ресурсами на территориальном уровне. Разработана типовая территориальная геоинформационная система водных ресурсов в составе подсистем, соответствующих функциональным задачам сотрудников территориального отдела водных ресурсов: - подсистемы информационно справочных задач; - подсистемы моделирования аварийных разливов и распространения загрязняющих веществ в водных объектах и при угрозе их попадания в водные объекты; - подсистемы моделирования зон затопления при строительстве и разрушении ГТС; - подсистемы обработки информации в чрезвычайных ситуациях; - подсистемы обработки и представления в картографической форме статистической информации. Внедрение ТГИС ВР позволяет: 1. Обеспечить сотрудников ТО ВР достоверной, полной и непротиворечивой информацией по водным объектам, качественно изменить состав обрабатываемой информации за счет применения ГИС (представление в электронном виде тематического картографического материала, графиков, схем, диаграмм). 2. Эффективно решать на основе ГИС функциональные задачи сотрудников ТО ВР. Разработанная ТГИС ВР прошла апробацию в отделе водных ресурсов по Республике Башкортостан Камского Бассейнового водного управления и показала свою работоспособность. Соблюдение единого подхода при создании ГИС территориального и бассейнового уровней позволяет организовать автоматизированный информационный обмен между различными уровнями управления водными ресурсами без существенной доработки подсистем.

Вопросы экологического картографирования рассматриваются в [55]. В экологическом картографировании имеется несколько параллельно развиваемых подходов к составлению экологических карт. Наиболее известными являются экосистемный, бассейновый, метод изолиний (ореолов загрязнения), дискретный (объектовый) и оценочный (балльный). Показано, что все данные подходы должны использоваться, но каждый из них только при решении конкретных экологических задач. Экосистемный метод картографирования незаменим при рассмотрении проблем, связанных с экологией животных и растений, целым рядом других экологических проблем, связанных с природной и антропогенной динамикой экосистемы. Топографические карты являются основой для составления природных экологических карт, на которых крупные экосистемы показываются цветом, а более мелкие - выделяемые внутри первых, оттенками цвета основной экосистемы. Бассейновый следует использовать при изучении путей миграции природных и техногенных загрязнений, которые тесно связаны с речными бассейнами и строго контролируются овражно-балочными и речными системами.

Проблемы методического обеспечения региональных гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических работ рассматриваются в работе [57].

Использование геоинформационной системы для обеспечения решения задач в области охраны поверхностных вод на территории разработки нефтяных месторождений рассматривается в работе [58].

Создание электронной библиотеки специализированной литературы по гидрогеологии рассматривается в статье Румынина В.Г. Она включает электронные копии печатных оригиналов, трудов монографического, учебного, методического и справочного характера по гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии. Электронная библиотека является со-

ставной частью глобальной системы — «база знаний: гидрогеология, инженерная геология, геоэкология». Она поддержана современным навигационным интерфейсом, позволяющим эффективно работать с большими объемами электронных материалов, извлекая, обобщая и систематизируя запрашиваемую информацию, осуществлять оперативный поиск информации. В систему внедрены интерактивные словари, биографические справки и другая полезная информация. Хорошо продуманная структура базы дает возможность пользователю работать не только с отдельными научными и учебными трудами, но и формировать список всей необходимой ему литературы по той или иной тематике, на которую ссылаются авторы. А это охватывает практически всю русскоязычную тематическую литературу и определенную часть зарубежной соответствующего периода. Даже при отсутствии искомых книг в большинстве случаев пользователь получит ряд литературных источников по необходимой ему научной или производственной тематике. Поэтому можно рассматривать созданную систему в качестве полноценной базы данных-знаний энциклопедического характера, в которой изначально заложены принципы непрерывного пополнения и совершенствования. Уже на сегодняшний момент база содержит в себе более 300 книг, около 200 наименований нормативно-методических и законодательных изданий и порядка 36000 литературных ссылок. Система состоит из более 100 000 отсканированных страниц.

В работе Савенкова Г.Б. и Н. Б. Филиппов представлено создание автоматизированной системы мониторинга подземных вод на территории Санкт-Петербурга [61].

1.2. Краткая характеристика гидрогеологических условий Китабо – Шахрисабзского месторождения подземных вод

Район расположен в пределах Китабо-Шахрисабзской межгорной котловины. Естественными границами являются: на северо-востоке – Каратюбинские горы, на востоке и юго-востоке – отроги Гиссарского хребта, западная граница проводится с некоторой долей условности по группе структурных поднятий неогенового ложа, проходящих в меридиальном направлении в районе Чимкурганского водохранилища.

В административном отношении площадь исследований расположена на территории Китабского, Шахрисабзского, Яккабагского и Чиракчинского районов Кашкадарьинской области Р.Узбекистан.

Китабо-Шахрисабзское месторождение подземных вод (КШМПВ) расположено в пределах одноименной котловины. В предгорной части месторождения распространены конусы выноса р.р. Аксу, Танхаздарьи, Яккабагдарьи и др. В вершинной и средней частях конусы выноса сложены двухслойной толщей, представленной супесчано-суглинистыми образованиями, ниже песчано-галечниковыми породами с прослоями супесей, суглинков и глин. Конусы выноса окаймляют аллювиально-пролювиальную слаборасчлененную равнину, в пределах которой выделяется современная долина Кашкадарьи, заполненная аллювиальным и накоплениями. Равнина имеет многослойную схему строения.

Грунтовые воды повсеместно находятся в четвертичных отложениях. В конусах выноса вскрываются несколько водоносных горизонтов. Первый из них приурочен к лессовидным супесям и суглинкам и является безнапорным. Остальные приурочены к прослоям песка и галечника, имеют напорный характер. Величина пьезометрического уровня составляет 15-20м, но не превышает уровня грунтовых вод.

Река Кашкадарья – естественная дрена грунтовых вод, где в пойме и на нижних террасах происходит выклинивание. Глубина залегания грунтовых вод изменяется от областей питания к долине Кашкадарьи. В

вершинной и средней частях конусов выноса глубина залегания уровня превышает 10м., а в долине реки она уменьшается до 1-3м. по химическому составу воды пресные с плотным остатком до 1,0г/л.

В описываемом месторождении выделяется одна группа потоков пролювиально - аллювиальных отложений подгорных равнин с депрессионной кривой спада. Мелиоративная обстановка территории благоприятная, подземный сток обеспечен. Периферийная часть месторождения естественно интенсивно дренирована, центральная – дренирована. На пониженных участках месторождения, где грунтовые и субнапорные воды выклиниваются, необходим дренаж.

В орошаемой зоне месторождения, а также на землях перспективного орошения, ухудшения мелиоративной обстановки в будущем не ожидается.

Подземные воды Китабо-Шахрисабзского месторождения в качественном отношении по органолептическим, токсикологическим показателям, по содержанию вредных компонентов, как в сезонном, так и в многолетнем разрезе довольно стабильны и в основном отвечают требованиям ÖzDSt 950-2000 «Ичимликсуви». Исключительно является низкое содержание фтора (0,12-0,27 мг/л и меньше, при норме 0,7). Общая жесткость, кроме воды на водозаборе ВУ-1 (9,0-12,0 мг-экв/л) и содержание нитратов – ниже ПДК.

На территории месторождения имеется 21 наблюдательный пункт (43 скважины) опорной региональной сети Госмониторинга подземных вод с длительностью наблюдений 30-40 лет.

Режим уровня подземных вод в многолетнем разрезе прямо зависит от водности года.

Сезонные колебания уровня подземных вод на участках за пределами влияния водозаборов связаны с гидрологическим режимом рек и водоподачей на сельскохозяйственных полях орошения. Нарастание объемов

стока с апреля-мая с максимумом в июле вызывает подъем уровня подземных вод; спад расходов поверхностных вод – ведет за собой снижение уровня подземных вод. Наибольшие амплитуды колебаний уровня отмечены в области питания.

Минерализация подземных вод на участке водозабора (ВУ-1) изменяется в широких пределах.

По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциевые и гидрокарбонатные кальциево-магниевые. Общая жесткость подземных вод не превышает 4-5 мг-экв/л.

На конусе выноса Яккабагдарьи (ВУ-1) минерализации подземных вод увеличивается до 0,7-0,8 г/л, по химическому составу преимущественным распространением пользуются сульфатные кальциево-магниевые (или натриевые воды). Общая жесткость воды достигает 9-11,7 мг-экв/л.

Граница между водами с минерализацией до 0,5 г/л (жесткостью до 7 мг-экв/л) и 0,5 – 1,0 г/л (и жесткостью более 7 мг-экв/л) проходит несколько южнее реки Танхаздарьи. В этой части площади развиты воды смешанного химического состава: сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-натриевые (магнитные).

Формирование различных по минерализации и химическому составу подземных вод на площади водозабора определяется особенностями условий их питания. На северо-востоке месторождения в питании подземных вод принимают участие пресные, мягкие гидрокарбонатно-кальциевые воды рек Кашкадарьи, Акдарьи и Танхаздарьи, и таким же качеством обладают подземные воды, стекающие сюда со стороны Каратюбинских гор.

В нижней половине площади (водозабор ВУ-1), воды поступающие со стороны отрогов Гиссарского хребта, сложенных толщей загипсованных пород мезокайнозоя. При выщелачивании их, воды обогащаются сульфатами

магния, что и обуславливает повышение минерализации, жесткости и характерный химический тип подземных вод. В многолетнем разрезе, по данным режимным наблюдений, ведущих с 1963 г., качества подземных вод не ухудшается и они по своим физическим свойствам и органолептическим показателям пригодны для питьевого использования. (Таблица 1.)

Таблица 1. Органолептические показатели качества воды

Наименование водозабора	годы	Органолептические показатели качества воды								
		сухой остаток мг/л	хлориды (Cl ⁻), мг/л	Сульфаты (SO ₄), мг/л	Железо (Fe ²⁺³), мг/л	марганец (Mg ²⁺), мг/л	медь (Cu ²⁺) мг/л	Цинк (Zn ²⁺)мг /л	Общая жесткость	Водородный показатель рН
норматив не более		1000	350	500	0,3	0,1	1,0	5,0	7,0	6,9
ВУ-1	1975	662	11	255	2	0,001	-	0,065	9,60	7,4
	1998	884	19	341	-	-	-	-	12,70	7,48
	1999	800	18	284	-	0,031	0,008	0,013	11,70	7,18
	2000	821	49	345	0,1	0,010	0,010	0,010	11,3	7,95
	2001	800	23	258	0,3	0,0018	0,0033	0,0032	11,5	7,0
	2002	736	21	260	0,2	0,0016	0,00014	0,00022	11,9	7,58
	2003	740	23	245	-	0,00077	0,00031	0,00021	11,50	7,45

Расходование подземных вод в аллювиально-пролювиальных верхне-среднечетвертичных отложениях Китабо-Шахрисабского местоположения происходит путем дренирования в русловые отложения притоков р. Кашкадарья и в её русло, отбора водозаборными сооружениями и на подземный отток за пределы месторождения.

Преимущественно для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения используются воды среднечетвертичного комплекса отложений. Поскольку целью наших исследований является водозабор ВУ-1; ниже остановимся более подробно на характеристике этого участка, методах и результатов решений поставленных задач.

1.3. Обработка и анализ результатов режимных наблюдений по Китабо – Шахрисабского месторождения подземных вод.

В настоящее время, когда производительные силы активно воздействуют на природу и существенно преобразуют её, возрастает значение проблемы охраны окружающей природной среды, в том числе подземных вод.

Одной из актуальных гидрогеологических проблем является охрана пресных подземных вод от загрязнения, поскольку они представляют собой важнейший источник питьевого водоснабжения. Поэтому изучение условий загрязнения подземных вод и их защищенности, прогнозирование процесса загрязнения и изменения качества подземных вод, выявление областей загрязнения, оценка их масштабов, изучение закономерностей движения загрязняющих веществ в подземных водах относятся к числу основных современных гидрогеологических задач.

По данным Кашкадарьинской ГГС ГП «Институт ГИДРОИНГЕО» подземные воды в Кашкадарьинской области являются одним из главных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. Они широко используются для орошения земель, технического водоснабжения, обводнения пастбищ в пустынных районах. На пресных подземных водах базируется водоснабжение всех городов и райцентров области и более половины сельских населенных пунктов. В районах с дефицитом поверхностного стока за счет пресных подземных вод орошаются, частично, сельскохозяйственные земли Китабского, Шахрисабзского, Яккабагского, Чиракчинского и Камашиского районов.

Эксплуатационные запасы пресных подземных вод области весьма ограничены, и основная часть их размещена в речных долинах Китабо-Шахрисабзского месторождения, где интенсивно развиваются сельское хозяйство и промышленность.

Из 13 районов в состав хорошо водообеспеченных районов питьевой водой входят Китабский, Шахрисабзский, Яккабагский и Чиракчинский; частично обеспеченных из Правобережного месторождения подземных вод –

некоторые хозяйства Камашиского и Касанского районов, а также хозяйства Дехканабадского района, расположенные между реками Ката и Кичик-Урадарья. Остальные районы: Гузарский, Касбинский, Каршинский, Мубарекский, Нишанский и Миришкорский – не имеют подземных источников водоснабжения питьевого качества.

Региональные эксплуатационные запасы подземных вод составляют 1721,9 тыс.м³/сут; в т.ч. разведанные и утвержденные на 01.01.2008г. составляют 990,374 тыс.м³/сут. Величина среднегодового отбора подземных вод за 2007г. – 1710,83 тыс.м³/сут. По цели использования подземных вод: для хозпитьевого водоснабжения (ХПВ) – 319,2 тыс.м³/сут; для орошения земель (ОРЗ) – 1275,65 тыс.м³/сут; для производственно-технического водоснабжения (ПТВ) – 14,43 тыс.м³/сут; для обводнения пастбищ (ОП) – 9,66 тыс.м³/сут. Для улучшения гидрогеолого-мелиоративного состояния земель работали до 392 скважин вертикального дренажа со среднегодовым отбором подземных вод 91,83 тыс.м³/сут.

Из общего отбора пресных подземных вод от 60 до 72% используется для орошения земель. Эти воды отбираются из Китабо-Шахрисабзского и Правобережного месторождений подземных вод.

Подземные воды Китабо-Шахрисабзского месторождения в качественном отношении содержания вредных компонентов как в сезонном, так и многолетнем разрезе отвечают требованиям UzDst 950-2000 «Ичимлик сув». Исключением являются низкие показатели фтора (0,2 при 0,7) или общая жесткость по водозаборам ВУ-1, ВУ-МГПЗ, ВУ-«Обихаёт» и ВУ-Яккабаг.

Исходя из выше изложенного, анализ работ посвящен изменению общей жесткости, минерализации, содержанию нитратов (NO₃) и значений водородного показателя подземных вод на Яккабагском участке Китабо-Шахрисабзского месторождения.

Яккабагский участок занимает площадь 8,8 кв.км (ширина 8,8км; длина 10км), лежащую по обе стороны от Большого Узбекского Тракта Ташкент-Термез.

Естественной границей участка на севере является р.Танхаздаря. Восточная граница участка проходит в 150км восточнее пос.Янгикишлак; западная – Яккабагский перекресток. Южная граница участка от северной на расстоянии 10км и проходит параллельно последней.

По административному делению участок принадлежит Яккабагскому району Кашкадарьинской области Узбекистана.

Основная площадь участка занята под посевы хлопчатника. В центральной и северо-западной частях участка находятся фруктовые сады и виноградники садсовхоза.

Основные крупные водопотребители – гг.Карши, Камаши, Гузар и Мубарек; ГПЗ «Шуртангаз» и «Мубарекгаз» удалены от участка на расстояние 100-170км.

Поверхность участка слабоволнистая с мягко выраженными в рельефе понижениями и возвышенностями. Общий уклон поверхности на северо-запад. Величина уклона колеблется от 0,01 до 0,006. Абсолютные отметки поверхности земли в пределах участка изменяются от 655 на юго-востоке до 570м на северо-западе.

Основным поверхностным водотоком в пределах участка является р.Яккабагдаря. Долина реки до моста (по дороге Ташкент-Термез) выражена нечетко, склоны её незаметно сливаются с прилегающей местностью. Ниже от моста по обоим берегам появляются контуры бровок долины, а далее до устья – ящикообразную форму.

Часто возникает вопрос у водопотребителя (бывшее ПУ Облводоканал, ныне «Сувокова»), что централизованный водозаборный узел

(ВУ-1) уже не пригоден в дальнейшем отборе подземных вод из-за высокого содержания общей жесткости.

А по данным многолетних наблюдений Кашкадарьинской ГГС роста общей жесткости в нарастающем плане не наблюдается. Основное изменение общей жесткости связано с водностью года.

Приводятся анализы, проведенные за последние годы (2001-2008гг.).

В зоне формирования поверхностного стока ежеквартально были отобраны пробы воды. По полученным результатам построен график зависимости минерализации, общей жесткости, содержания нитратов от расхода р.Яккабагдарьи (место отбора проб воды на анализ – гидрологический пост Татар).

По графику видно, что при расходе воды меньше $2,0\text{ м}^3/\text{с}$ растет минерализация, общая жесткость и содержание нитратов, соответственно: М- 900 г/л ; Ж – $11,5\text{ мг-экв/л}$ и NO_3 – $22,0\text{ мг/л}$. А при расходе воды $10,0\text{ м}^3/\text{с}$ и более наблюдается резкое уменьшение, соответственно: М – $250,0\text{ мг/л}$, Ж – $3,5\text{-}4,0\text{ мг-экв/л}$ и NO_3 – $5,0\text{ мг/л}$ и меньше.

Для данной реки характерен период расхода реки более $10,0\text{ м}^3/\text{с}$ в большинстве случаев с апреля по июль при среднегодовом расходе с $6,0$ до $8,5\text{ м}^3/\text{с}$; а в маловодные годы при среднегодовом расходе $2,25\text{ м}^3/\text{с}$ (2001г) или $3,81\text{ м}^3/\text{с}$ (2006г) расход реки больше $10,0\text{ м}^3/\text{с}$ можно наблюдать один-два месяца (май или май-июнь).

Гидрохимический режим на Яккабагском участке Китабо-Шахрисабзского месторождения также связан с водностью года, соответственно с повышением и снижением уровня подземных вод или увеличением или уменьшением эксплуатационных запасов подземных вод. По результатам многолетних наблюдений за последние 10 лет можно сделать некоторые выводы:

1. Северо-восточный участок водозабора ВУ-1. Изменение качества подземных вод при снижении и повышении уровня сопровождается изменением содержания сухого остатка, общей жесткости и нитратов.

При этом максимальный сухой остаток составил 1089 мг/л., общая жесткость 15,9 мг-экв/л; содержание нитратов 42,0 мг/л (23.11.2007г.), а минимальный соответственно М – 580 мг/л, Ж – 8,15 мг-экв/л, NO₃ – 31,0 мг/л (11.11.2003г.).

2. В центральной части водозабора ВУ-1 максимальная минерализация 844 мг/л, общая жесткость 12,9 мг-экв/л, NO₃ – 20,0 мг/л (01.08.2001г.); а минимальная М – 700 мг/л, Ж – 10,3 мг-экв/л и NO₃ – 15,0 мг/л (09.03.2005г.).

3. На южном участке водозабора ВУ-1: максимальная М – 790 мг/л, общая жесткость – 12,15 мг-экв/л, NO₃ – 6,0 мг/л (20.12.2004г.); минимальная М – 520 мг/л, Ж – 8,5 мг-экв/л, NO₃ – 4,0 мг/л.

4. У источников, формирующих запасы подземных вод на Яккабагском участке, химический режим нижеследующий.

При этом фактические химические анализы проб воды по гидропосту Татар (р.Яккабагдарья) за последние 10 лет показывают нижеследующее: максимальная минерализация 888 мг/л при общей жесткости 11,5 мг-экв/л и NO₃ – 8,0 мг/л; а минимальная М – 200 мг/л при общей жесткости 2,85 мг-экв/л и NO₃ – 4,0 мг/л (20.06.2005г.).

Левый приток – Турнадарья (выше Яккабагского гидроузла 5км). Результаты химанализов: в маловодные годы – максимальная минерализация 1825 мг/л при общей жесткости 22,5 мг-экв/л и NO₃ – 20 мг/л (11.11.2003г.). в многоводные годы – минимальная минерализация 360 мг/л при общей жесткости 5,5 мг-экв/л и NO₃ – 2,0 мг/л (20.06.2005г.).

В настоящее время Кашкадарьинская ГГС ведет комплексные наблюдения за режимом уровня, качеством и отбором подземных вод, а со

стороны водопользователей центральных водозаборов наблюдения за режимом уровня не ведутся.

По рекомендациям ГКЗ протокол № 8993 от 28.04.1982г. планируемые водохозяйственные мероприятия не должны изменять существующим условиям питания, но за последние 10-15 лет в маловодные годы резко сокращаются поверхностные расходы рек, в связи с разбором их для полива сельхозкультур.

При подаче воды на общий водовод по рекомендациям ГКЗ максимальная величина общей жесткости смешанной воды должна составлять

$$N_{\text{общ.ж}} = \frac{Q_1 N_1 + Q_2 N_2}{Q_1 + Q_2} = 7,5 \text{ мг-экв/л}$$

где N – общая жесткость смешанной воды, мг-экв/л;

N_1 – жесткость воды Китабского участка, мг-экв/л;

N_2 - жесткость воды Яккабагского участка, мг-экв/л;

Q_1 – проектный расход Китабского водозабора (включая междуречье Аксу-Кашкадарья), м³/с;

Q_2 – проектный расход Яккабагского водозабора, м³/с;

Эта рекомендация при подаче воды из Яккабагского участка в настоящее время не соблюдается, поэтому часто общая жесткость водовода увеличивается больше 9-10 мг-экв/л.

Выводы: все предлагаемые нами фактические данные достоверны и сопровождаются друг друга контролирующими параметрами. На Яккабагском участке основным негативным фактором, влияющим на качество воды является общая жесткость. Но он тесно связан с водностью года. В дальнейшем необходимо обеспечить пропуск поверхностных вод через Яккабагский гидроузел до Кашкадарьи. А также при подаче воды на водовод соблюдать рекомендации ГКЗ (пропорция смешанной воды).

Ниже приведены результаты анализа данных режимных наблюдений по скважине № 3 ржв. Вычислительные эксперименты проведены на базе пакета Matlab (Рис. 1,2).

Исходные и вычисляемые данные скважине № 3ржв представлены далее:

Таблица 2

Данные Matlab взятые на основе табличного представления

```
>> x= [ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38
39 40 41 42 43 44 45 46 47 48];
```

```
>> y= [ 8.38    8.25    8.33    8.18    8.51    8.91    9.3    9.61    9.32    8.96    9.17    8.74    8.35
      8.24    8.25    8.45    9.01    9.56    10.04    10.3    9.85    9.16    8.87    8.76         8.62
      8.48    8.19    7.9    8.24    8.71    8.9    8.95    9.1    8.73    8.35    8.19         8.33
      8.94    8.48    8.18    8.18    8.53    8.88    8.87    8.71    8.53    8.41    8.26];
```

```
>> ym=polyval(p,x);
>> tab=[x;y;ym;y-ym]'
```

tab =

1.0000	8.3800	8.6110	-0.2310				
2.0000	8.2500	8.6416	-0.3916	25.0000	8.6200	8.8875	-0.2675
3.0000	8.3300	8.6705	-0.3405	26.0000	8.4800	8.8783	-0.3983
4.0000	8.1800	8.6977	-0.5177	27.0000	8.1900	8.8674	-0.6774
5.0000	8.5100	8.7233	-0.2133	28.0000	7.9000	8.8549	-0.9549
6.0000	8.9100	8.7473	0.1627	29.0000	8.2400	8.8408	-0.6008
7.0000	9.3000	8.7696	0.5304	30.0000	8.7100	8.8250	-0.1150
8.0000	9.6100	8.7902	0.8198	31.0000	8.9000	8.8075	0.0925
9.0000	9.3200	8.8092	0.5108	32.0000	8.9500	8.7884	0.1616
10.0000	8.9600	8.8265	0.1335	33.0000	9.1000	8.7676	0.3324
11.0000	9.1700	8.8421	0.3279	34.0000	8.7300	8.7452	-0.0152
12.0000	8.7400	8.8561	-0.1161	35.0000	8.3500	8.7211	-0.3711
13.0000	8.3500	8.8685	-0.5185	36.0000	8.1900	8.6953	-0.5053
14.0000	8.2400	8.8792	-0.6392	37.0000	8.3300	8.6679	-0.3379
15.0000	8.2500	8.8882	-0.6382	38.0000	8.9400	8.6389	0.3011
16.0000	8.4500	8.8956	-0.4456	39.0000	8.4800	8.6082	-0.1282
17.0000	9.0100	8.9013	0.1087	40.0000	8.1800	8.5758	-0.3958
18.0000	9.5600	8.9054	0.6546	41.0000	8.1800	8.5418	-0.3618
19.0000	10.0400	8.9078	1.1322	42.0000	8.5300	8.5061	0.0239
20.0000	10.3000	8.9085	1.3915	43.0000	8.8800	8.4687	0.4113
21.0000	9.8500	8.9076	0.9424	44.0000	8.8700	8.4297	0.4403
22.0000	9.1600	8.9051	0.2549	45.0000	8.7100	8.3891	0.3209
23.0000	8.8700	8.9009	-0.0309	46.0000	8.5300	8.3468	0.1832
24.0000	8.7600	8.8950	-0.1350	47.0000	8.4100	8.3028	0.1072
				48.0000	8.2600	8.2572	0.0028

```
>> p=polyfit(x,y,3);
>> ym3=polyval(p,x);
>> tab=[x;y;ym;y-ym3]'
```

tab =

1.0000	8.3800	8.6110	0.1330	24.0000	8.7600	8.8950	-0.1479
2.0000	8.2500	8.6416	-0.1205	25.0000	8.6200	8.8875	-0.2545
3.0000	8.3300	8.6705	-0.1523	26.0000	8.4800	8.8783	-0.3598
4.0000	8.1800	8.6977	-0.4027	27.0000	8.1900	8.8674	-0.6140
5.0000	8.5100	8.7233	-0.1623	28.0000	7.9000	8.8549	-0.8677
6.0000	8.9100	8.7473	0.1586	29.0000	8.2400	8.8408	-0.4913
7.0000	9.3000	8.7696	0.4794	30.0000	8.7100	8.8250	0.0147
8.0000	9.6100	8.7902	0.7297	31.0000	8.9000	8.8075	0.2399
9.0000	9.3200	8.8092	0.3890	32.0000	8.9500	8.7884	0.3238
10.0000	8.9600	8.8265	-0.0130	33.0000	9.1000	8.7676	0.5060
11.0000	9.1700	8.8421	0.1632	34.0000	8.7300	8.7452	0.1661
12.0000	8.7400	8.8561	-0.2929	35.0000	8.3500	8.7211	-0.1864
13.0000	8.3500	8.8685	-0.7018	36.0000	8.1900	8.6953	-0.3220
14.0000	8.2400	8.8792	-0.8238	37.0000	8.3300	8.6679	-0.1611
15.0000	8.2500	8.8882	-0.8195	38.0000	8.9400	8.6389	0.4658
16.0000	8.4500	8.8956	-0.6192	39.0000	8.4800	8.6082	0.0183
17.0000	9.0100	8.9013	-0.0535	40.0000	8.1800	8.5758	-0.2740
18.0000	9.5600	8.9054	0.5072	41.0000	8.1800	8.5418	-0.2716
19.0000	10.0400	8.9078	1.0026	42.0000	8.5300	8.5061	0.0750
20.0000	10.3000	8.9085	1.2820	43.0000	8.8800	8.4687	0.4154
21.0000	9.8500	8.9076	0.8552	44.0000	8.8700	8.4297	0.3892
22.0000	9.1600	8.9051	0.1915	45.0000	8.7100	8.3891	0.2059
23.0000	8.8700	8.9009	-0.0694	46.0000	8.5300	8.3468	-0.0050
				47.0000	8.4100	8.3028	-0.1639
				48.0000	8.2600	8.2572	-0.3612

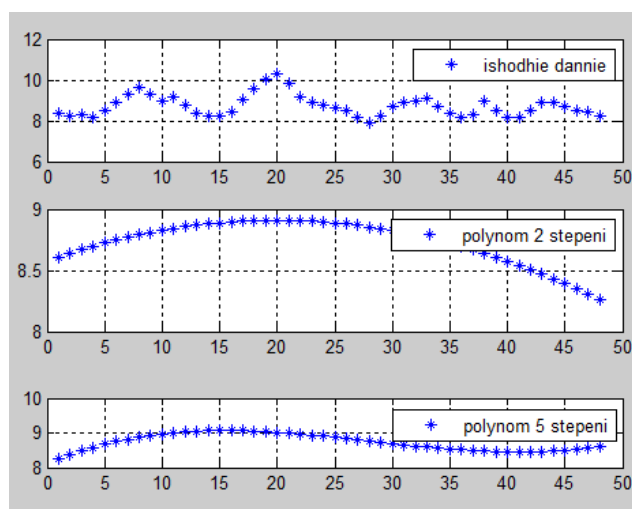
```
>> subplot(3,1,1),plot(x,y,'*'),grid,legend('ishodhie dannie')
>> subplot(3,1,2),plot(x,ym,'*'),grid,legend('polynom 2 stepeni')
>> subplot(3,1,23),plot(x,ym,'*'),grid,legend('polynom 2 stepeni')
```

```
>> subplot(3,1,3),plot(x,ym3,'*'),grid,legend('polynom 3 stepeni')
>> p=polyfit(x,y,5);
>> ym5=polyval(p,x);
>> tab=[x;y;ym;y-ym5]'
```

tab =

1.0000	8.3800	8.6110	0.0803	22.0000	9.1600	8.9051	0.1911
2.0000	8.2500	8.6416	-0.1220	23.0000	8.8700	8.9009	-0.0540
3.0000	8.3300	8.6705	-0.1220	24.0000	8.7600	8.8950	-0.1171
4.0000	8.1800	8.6977	-0.3560	25.0000	8.6200	8.8875	-0.2092
5.0000	8.5100	8.7233	-0.1112	26.0000	8.4800	8.8783	-0.3017
6.0000	8.9100	8.7473	0.2052	27.0000	8.1900	8.8674	-0.5454
7.0000	9.3000	8.7696	0.5154	28.0000	7.9000	8.8549	-0.7916
8.0000	9.6100	8.7902	0.7514	29.0000	8.2400	8.8408	-0.4111
9.0000	9.3200	8.8092	0.3944	30.0000	8.7100	8.8250	0.0952
10.0000	8.9600	8.8265	-0.0241	31.0000	8.9000	8.8075	0.3165
11.0000	9.1700	8.8421	0.1365	32.0000	8.9500	8.7884	0.3924
12.0000	8.7400	8.8561	-0.3331	33.0000	9.1000	8.7676	0.5624
13.0000	8.3500	8.8685	-0.7526	34.0000	8.7300	8.7452	0.2063
14.0000	8.2400	8.8792	-0.8819	35.0000	8.3500	8.7211	-0.1657
15.0000	8.2500	8.8882	-0.8814	36.0000	8.1900	8.6953	-0.3235
16.0000	8.4500	8.8956	-0.6812	37.0000	8.3300	8.6679	-0.1865
17.0000	9.0100	8.9013	-0.1119	38.0000	8.9400	8.6389	0.4161
18.0000	9.5600	8.9054	0.4556	39.0000	8.4800	8.6082	-0.0544
19.0000	10.0400	8.9078	0.9607	40.0000	8.1800	8.5758	-0.3667
20.0000	10.3000	8.9085	1.2524	41.0000	8.1800	8.5418	-0.3790
21.0000	9.8500	8.9076	0.8396	42.0000	8.5300	8.5061	-0.0389
22.0000	9.1600	8.9051	0.1911	43.0000	8.8800	8.4687	0.3061
				44.0000	8.8700	8.4297	0.2990
				45.0000	8.7100	8.3891	0.1534
				46.0000	8.5300	8.3468	0.0030
				47.0000	8.4100	8.3028	-0.0676
				48.0000	8.2600	8.2572	-0.1435

```
subplot(5,1,4),plot(x,ym5,'*'),grid,legend('polynom 5 stepeni')
```



Визуализация полученных результатов

Табличное представление имеет следующий вид:

Колебание уровня ПВ по скважине № 3 ржв (I)													
x		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2007	y	8.38	8.25	8.33	8.18	8.51	8.91	9.3	9.61	9.32	8.96	9.17	8.74
	y_2	8.37	8.25	8.31	8.18	8.49	8.97	9.3	9.41	9.38	9.23	8.99	8.66
	$y_2 - y$	0.003	0.007	0.012	0.005	0.017	0.065	0.006	0.19	0.062	0.277	0.179	0.07
2008	y	8.35	8.24	8.25	8.45	9.01	9.56	10.04	10.3	9.85	9.16	8.87	8.76
	y_2	8.36	8.19	8.26	8.58	9.06	9.56	9.9	10.01	9.86	9.52	9.09	8.67
	$y_2 - y$	0.012	0.044	0.016	0.136	0.058	0.001	0.130	0.284	0.016	0.363	0.221	0.08
2009	y	8.62	8.48	8.19	7.9	8.24	8.71	8.9	8.95	9.1	8.73	8.35	8.19
	y_2	8.36	8.19	8.16	8.26	8.43	8.63	8.8	8.89	8.87	8.74	8.57	8.43
	$y_2 - y$	0.2515	0.282	0.02	0.361	0.191	0.079	0.098	0.058	0.228	0.018	0.225	0.24
2010	y	8.33	8.94	8.48	8.18	8.18	8.53	8.88	8.87	8.71	8.53	8.41	8.26
	y_2	8.37	8.4	8.45	8.44	8.38	8.4	8.63	8.95	8.91	8.33	8.47	8.24
	$y_2 - y$	0.0421	0.537	0.026	0.268	0.209	0.124	0.245	0.088	0.201	0.194	0.066	0.01
Колебание уровня ПВ по скважине № 3 ржв (II)													
x		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2011	y	8.38	8.39	8.34	8.93	9.44	9.65	10.13	10.44	10.57	9.7	9.08	8.75
	y_2	8.38	8.36	8.42	8.85	9.34	9.81	10.19	10.36	10.26	9.88	9.34	8.78
	$y_2 - y$	0.004	0.029	0.082	0.07	0.09	0.163	0.06	0.071	0.308	0.18	0.261	0.032
2012	y	8.54	8.3	8.06	7.9	7.99	8.75	9.3	9.3	9.1	8.87	8.67	8.62
	y_2	8.33	8.07	8.01	8.13	8.36	8.66	8.93	9.12	9.18	9.08	8.86	8.58
	$y_2 - y$	0.204	0.225	0.044	0.23	0.379	0.089	0.366	0.177	0.08	0.21	0.196	0.039
2013	y	8.37	8.45	8.3	8.26	8.47	8.95	9.62	9.84	9.4	9.02	8.87	8.65
	y_2	8.31	8.16	8.19	8.4	8.73	9.11	9.4	9.52	9.45	9.22	8.91	8.62
	$y_2 - y$	0.053	0.282	0.107	0.14	0.269	0.16	0.217	0.311	0.058	0.2	0.049	0.026
2014	y	8.47	8.35	8.24	8.27	8.39	8.53	8.88	8.87	8.71	8.53	8.41	8.26
	y_2	8.4	8.29	8.26	8.3	8.4	8.57	8.77	8.89	8.76	8.47	8.42	8.25
	$y_2 - y$	0.06	0.05	0.02	0.03	0.03	0.04	0.1	0.02	0.05	0.05	0.01	0.001

(x) - месяцы каждого года, (y) – УГВ, (y_2) – полиномы, ($y_2 - y$) – разницы

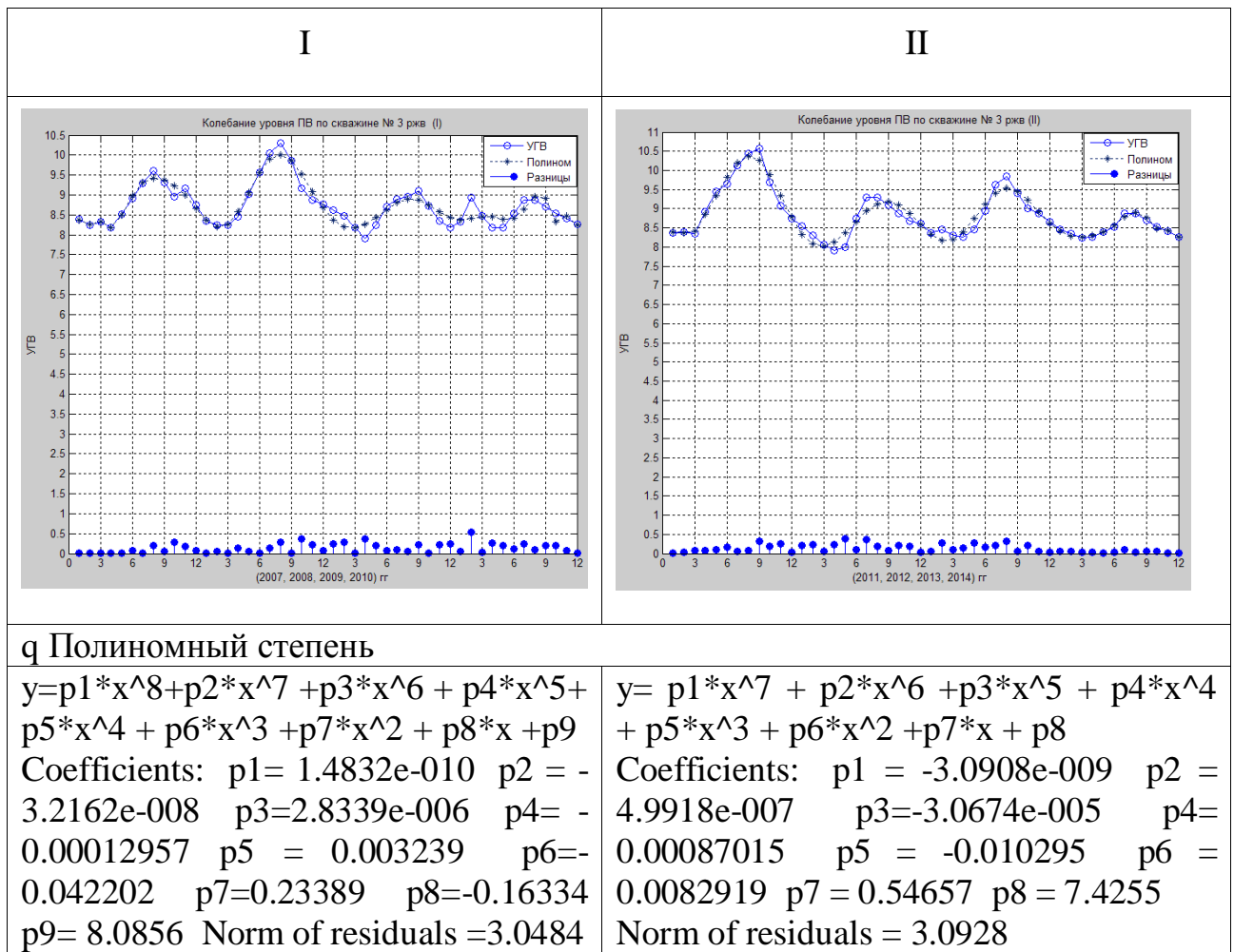


Таблица. 2 График полиноминого приближение и полиномной степень

На основе этих данных, изучена общее состояние изменений УГВ за начальный 4-хлетний и за следующий 4-хлетний периоды с применением нейро – нечеткого пакета Anfis программной среды Matlab (Рис. 4,5).

Структуры модели и графические представление (рис 2,3,4,5)

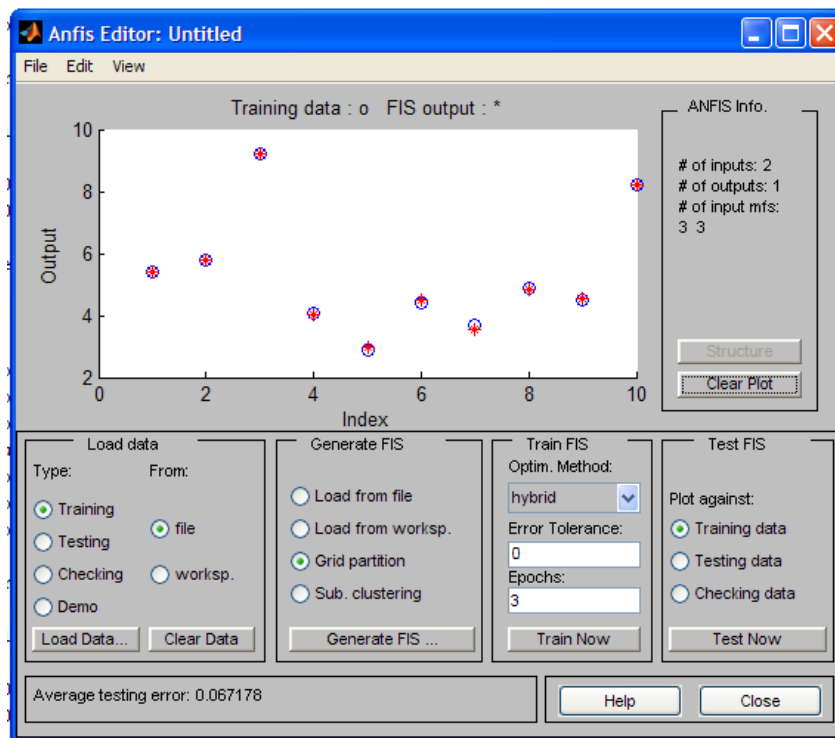


Рис.2 Проверка работы гибридной модели на обучающем множестве

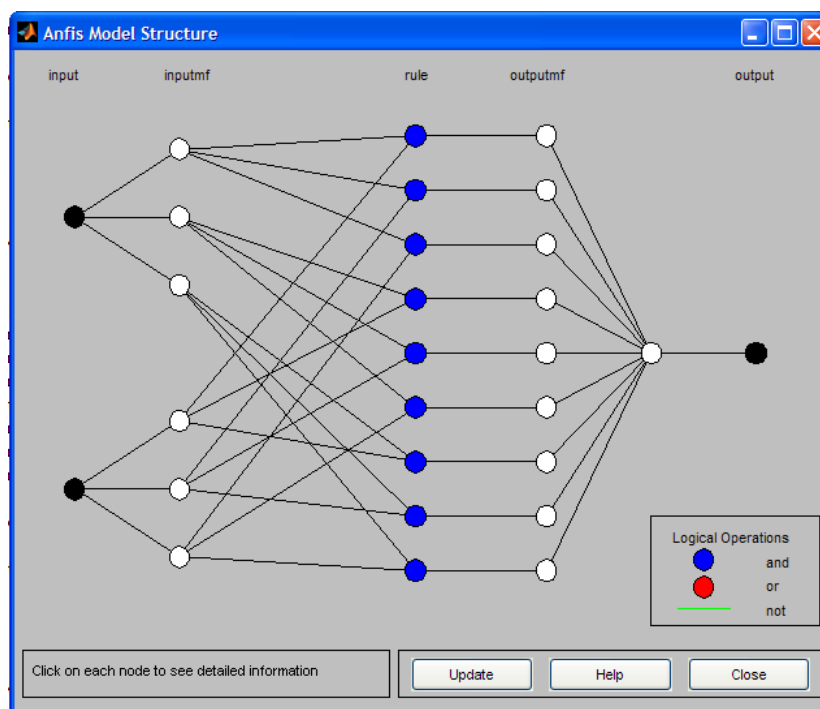


Рис.3 Структура нейро-нечеткой модели

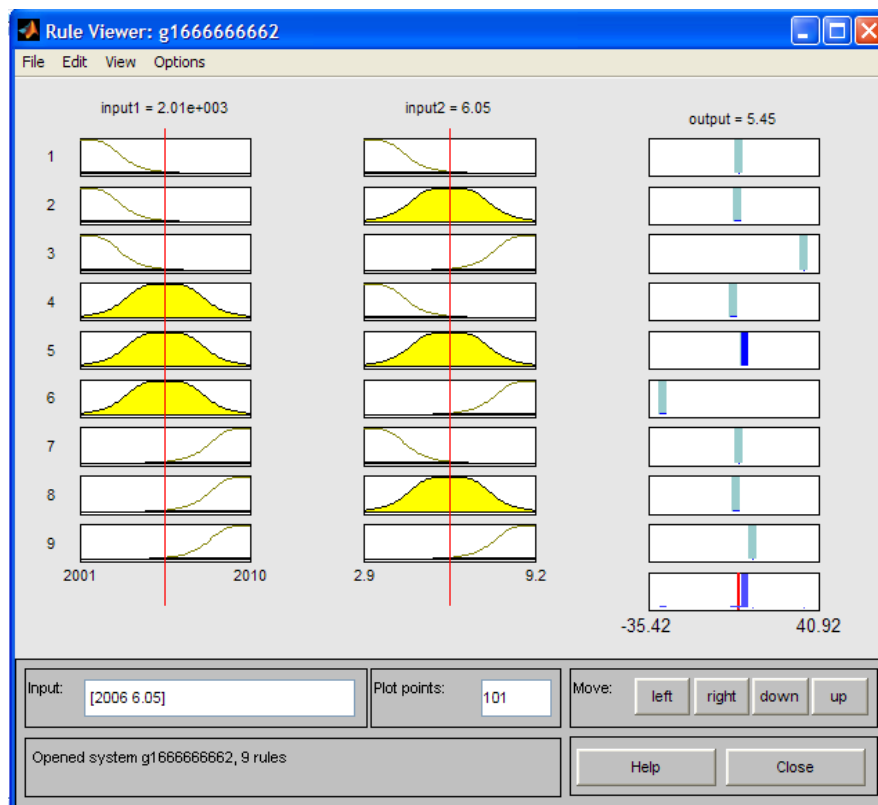


Рис.4 Окно проведения ВЭ в RuleViewer

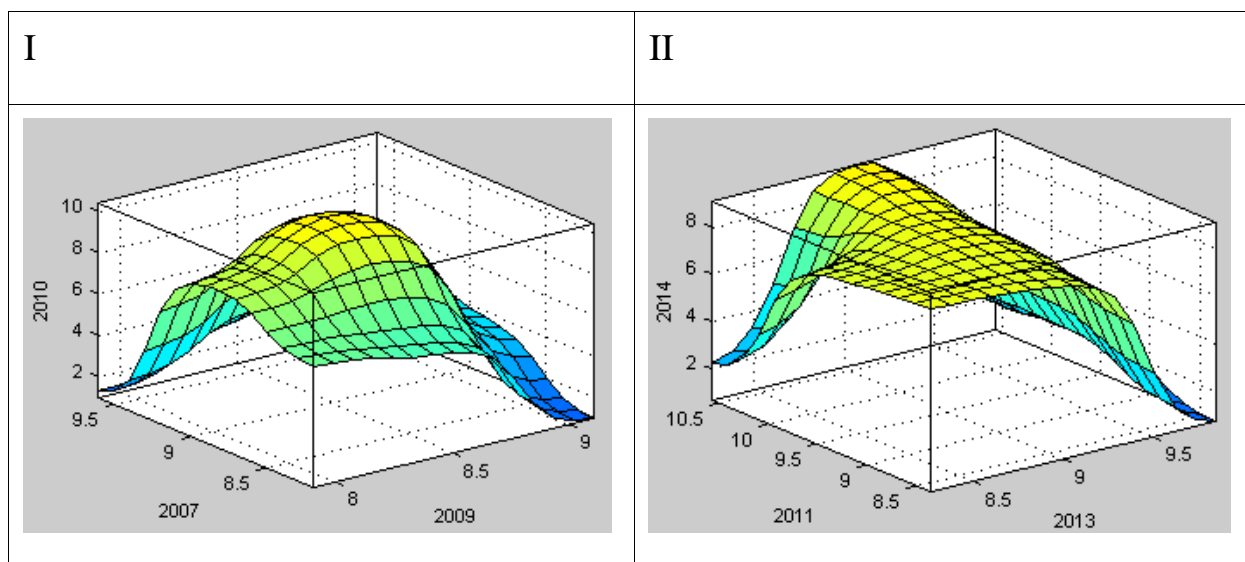


Рис 5. График полиномиального приближения и полиномиальной степени

Вывод к главе I

В данной главе были представлены принципы интеграции ГИС технологий для комплексного исследования условий формирования и эксплуатации КШМПВ. Приведена краткая история развития ГИС технологий и их применения в гидрогеологической практике. Далее приведена краткая характеристика гидрогеологических (тип и режим подземных вод, фильтрационные характеристики подземной гидросферы, режим уровня и степень минерализации подземных вод и др.) и гидрологических характеристик (каналы, реки, их расходы, параметры и т.п.) КШМПВ.

Поскольку данные режимных наблюдений в основном не отвечают принципам достоверности и полноты информации, проведены серия вычислительных экспериментов(ВЭ) с применением пакета математической обработки Matlab 7.6.Основная цель ВЭ аппроксимация данных режимных наблюдений полиномами , а также с применением пакета нейро-нечеткого моделирования Anfis.

Анализ результатов ВЭ дают основания утверждать о перспективности методов полиномиальной и нейро-нечеткой аппроксимации в плане экономии сжатия информации.

Глава 2. ГИС модель Китабо – Шахрисабзского месторождения подземных вод

2.1. Структура ГИС модели Китабо – Шахрисабзского месторождения подземных вод

Китабо-Шахрисабзское месторождение подземных вод расположено в пределах одноименной котловины. В предгорной части месторождения распространены конусы выноса р.р. Аксу, Танхаздарьи, Яккабагдарьи и др. В вершинной и средней частях конусы выноса сложены двухслойной толщей, представленной супесчано-суглинистыми образованиями, ниже песчано-галечниковыми породами с прослоями супесей, суглинков и глин. Конусы выноса окаймляют аллювиально-пролювиальную слаборасчлененную равнину, в пределах которой выделяется современная долина Кашкадарьи, заполненная аллювиальным и накоплениями. Равнина имеет многослойную схему строения (рис. 2.1).

Грунтовые воды повсеместно находятся в четвертичных отложениях. В конусах выноса вскрываются несколько водоносных горизонтов. Первый из них приурочен к лессовидным супесям и суглинкам и является безнапорным. Остальные приурочены к прослоям песка и галечника, имеют напорный характер. Величина пьезометрического уровня составляет 15-20м, но не превышает уровня грунтовых вод.

Река Кашкадарья – естественная дрена грунтовых вод, где в пойме и на нижних террасах происходит выклинивание. Глубина залегания грунтовых вод изменяется от областей питания к долине Кашкадарьи. В вершинной и средней частях конусов выноса глубина залегания уровня превышает 10м., а в долине реки она уменьшается до 1-3м. по химическому составу воды пресные с плотным остатком до 1,0г/л.

Разработка ГИС модели КШМПВ объясняется прежде всего территориальным характером распределения топологических элементов (скважин, реки, населенные пункты и т.д.)

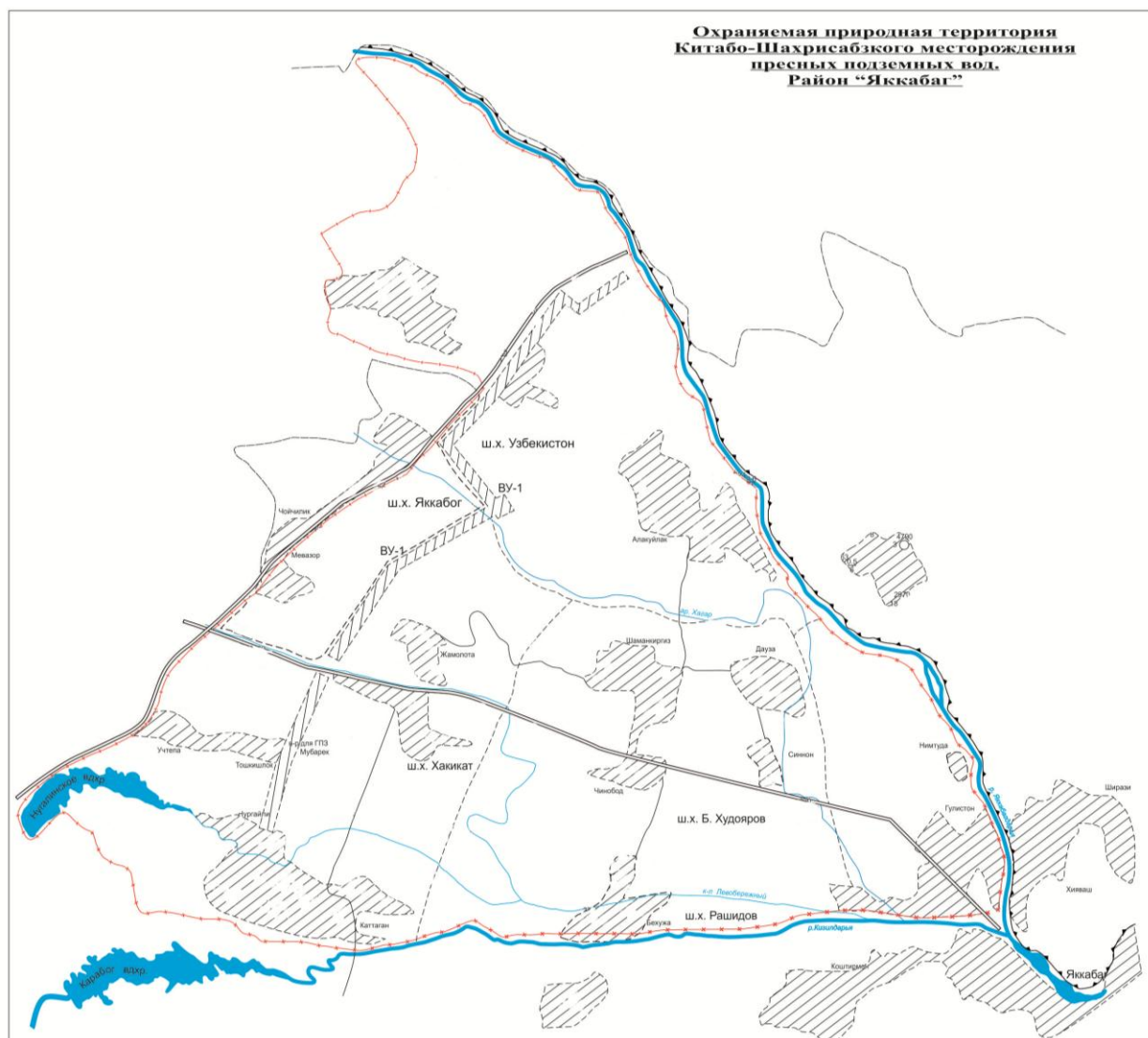


Рис. 2.1. Китабо-Шахрисабзское месторождение подземных вод

Применение методов ГИС-моделирования позволяет автоматизировать решение множества задач, начиная от вычисления расстояний и площадей, и заканчивая построением моделей сложных геосистем, и процессов с целью управления и прогнозирования будущих состояний.

Моделирование территориальных комплексов и, в частности, гидрогеологических, методами геоинформатики целесообразно именовать *геоинформационным моделированием территориями*. Созданные на его основе модели территориями относятся к классу информационных моделей. Отдельные аспекты ГИС-моделирования гидрогеологические территории (картографирование, морфометрический анализ и др.) и применения ГИС в литературе по физической географии освещены и имеют определенную апробацию. Однако, до сих пор не удалено должного внимания таким представлениям как «территориальная модель данных», «структурно-динамическая организация природно-территориальных комплексов», «модель территориального процесса» и другие. Кроме того, отсутствует сама теоретическая концепция геоинформационного моделирования территории.

Объектом исследования геоинформационного моделирования территории выступает территория (природно-территориальный комплекс (ПТК)).(Рис. 2.2.)

В качестве предмета исследования рассматривались особенности представления и анализа структурно-динамической организации территориальными средствами ГИС.

К числу основных методических задач геоинформационного моделирования территории были отнесены следующие положения:

1) разработка и реализация теоретической модели территории в среде ГИС (концептуальная территориальная модель данных) – подразумевается набор теоретических положений моделирования структуры, динамики, межкомпонентных взаимосвязей, а также парадинамических связей между территориями;

2) формирования прикладных территориальных моделей данных, характеризующих структурно-динамическую организацию природно-территориальных комплексов для определенных целей исследования;

3) разработка алгоритмов анализа данных – математических методов анализа формализованного представления геосистемы;

4) разработка геоинформационных моделей территориальных процессов.

Геоинформационное моделирование гидрогеологических территорий потребовало привлечение четких и наиболее устойчивых определений понятий территории. Как известно, в науке не существует единого понимания термина «территория». Это затрудняет использование представлений. Это затрудняет использование представлений о гидрогеологических территориях в процессе геоинформационного моделирования.

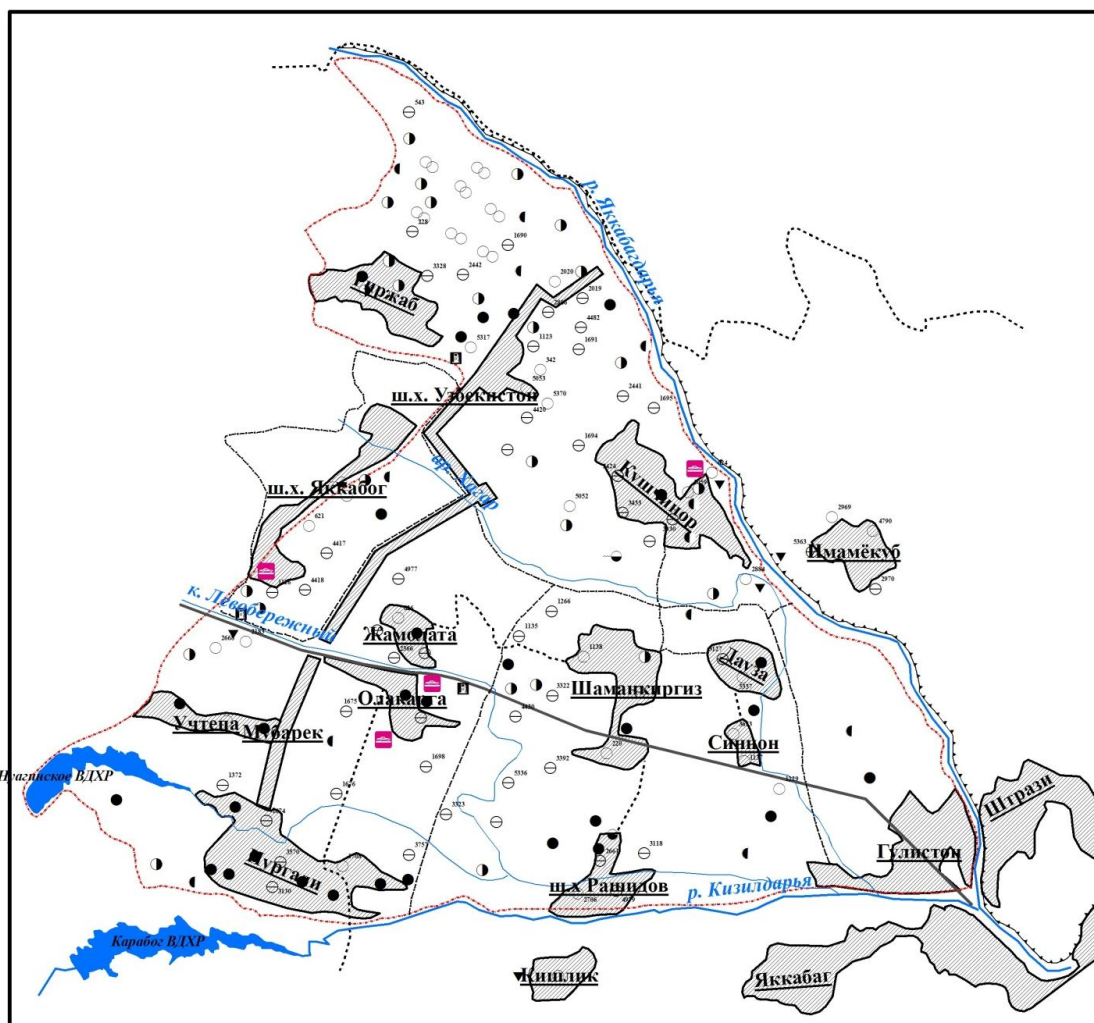


Рис 2.2. Карта с выделением топологических составляющих ГИС модель

В настоящее время в литературе существует три основных трактовки термина «гидрогеологическая территория»:

гидрогеологическая территория – региональная единица;

гидрогеологическая территория – обобщенное типологическое понятие физико-географических комплексов;

гидрогеологическая территория – общее понятие, синоним региональных и типологических комплексов любого таксономического ранга. Согласно общей трактовке, в пределах территориальной сферы выделяются региональные, типологические и парадинамические природные комплексы.

2.2. Геобаз данных ГИС модели Китабо – Шахрисабзкого месторождения подземных вод

В ArcGIS база геоданных - это набор географических наборов данных различных типов, хранящихся в общей папке файловой системы - базе данных Microsoft Access или многопользовательской реляционной базе данных (такой как Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, Informix или IBM DB2). Они могут масштабироваться от маленьких однопользовательских баз данных, основывающихся на файлах, до больших по масштабности групповых, отраслевых (областных) и корпоративных баз геоданных с многопользовательским доступом.

Но база геоданных - это больше, чем просто коллекция наборов данных; термин «база геоданных» имеет в ArcGIS несколько значений:

- База геоданных - это «родная» для ArcGIS структура данных; она является основным форматом данных, используемым для редактирования и управления данными. Хотя ArcGIS работает с географической информацией, находящейся в различных форматах географических

информационных систем (ГИС), все его мощные функциональные возможности используются именно в базах геоданных.

- Это физическое хранилище географической информации - прежде всего использующее СУБД или файловую систему. Можно получать доступ и работать с физическим экземпляром ваших наборов данных непосредственно в ArcGIS или в системах управления базами данных с помощью SQL.

- Базы геоданных имеют всестороннюю информационную модель для отображения и управления географической информацией. Эта всесторонняя информационная модель реализуется серией простых таблиц с данными, содержащих классы пространственных объектов, наборы растров и атрибуты. Кроме того, расширенные объекты ГИС-данных добавляют ГИС-поведение, правила для управления пространственной целостностью и инструменты для работы с многочисленными пространственными отношениями основных пространственных объектов, растров и атрибутов.

- Программная логика базы геоданных обеспечивает общую логику приложения, используемую во всей ArcGIS для доступа и работы со всеми географическими данными в различных файлах и форматах. Что, несомненно, включает поддержку работы с самой базой геоданных. А также работу с шейп-файлами, файлами САПР, гридами, TIN, данными САПР, изображениями и многими другими источниками ГИС-данных.

- База геоданных имеет модель транзакций для управления рабочими потоками ГИС-данных.

Модель хранения данных в базе геоданных основана на наборе простой концепции реляционных баз данных и использует всю мощь системы управления базой данных (СУБД). Простые таблицы и хорошо определенные типы используются для хранения схемы, правил, базовых и пространственно-атрибутивных данных для каждого набора географических данных. Это позволяет использовать формализованную модель для хранения

ваших данных и работы с ними. Благодаря такому подходу, язык структурированных запросов (SQL) - набор реляционных функций и операторов - может быть использован для создания, изменения и выполнения запросов к таблицам и их элементам данных.

Вы можете понять, как работает такая модель данных, на примере геометрии полигональных объектов в базе геоданных. Класс объектов хранится в виде таблицы, которая называется также базовой или бизнес таблицей. Каждая строка представляет один объект. Столбец shape хранит геометрию для каждого полигонального объекта. Содержимое этой таблицы, в том числе и поле shape, которое хранится как пространственный тип SQL, может быть доступно с помощью SQL.


Parcels							
FID	Shape *	PROPERTY_ID *	Res	Zoning_simple	SHAPE_Length	SHAPE_Area	
1	Полигон	5001	Non-Residential	<Null>	3597.780813	112552.418591	
2	Полигон	5002	Non-Residential	<Null>	814.855837	18488.417709	
3	Полигон	1003	Residential	Residential	489.655523	12815.591379	
4	Полигон	1004	Residential	Residential	521.761248	14036.135346	
5	Полигон	1005	Residential	Residential	453.479649	9816.352665	

Рис. 2.3 Таблица полигональных объектов в базе геоданных

Однако, добавления пространственных типов и поддержки SQL для пространственных атрибутов в СУБД не является достаточным для их поддержки в ГИС. ArcGIS реализует многоуровневую архитектуру используя расширенную логику и поведение в уровне приложения над моделью хранения базы геоданных. Эта логика приложения включает в себя поддержку набора основных объектов в ГИС и их поведения, например, классов объектов, наборов растровых данных, топологий, сетей и многих других.

Базы геоданных реализуются с помощью многоуровневой архитектуры приложений, которая используется в продвинутых СУБД-приложениях; ничего специфического нельзя сказать об этой реализации. Многоуровневая архитектура базы геоданных иногда называется объектно-

реляционной моделью. Объекты базы геоданных существуют в виде строк в таблицах СУБД, которые имеют идентификацию и поведение, поддерживаемые логикой приложения для базы геоданных. Разделение логики приложения и логики хранения позволяет осуществлять поддержку нескольких различных форматов данных и СУБД.

Ядром базы геоданных является стандартная реляционная схема базы данных (набор стандартных таблиц базы данных, типов полей, индексов и других объектов базы данных). Схема существует в виде набора системных таблиц базы геоданных в СУБД, которые определяют целостность и поведение географической информации. Эти таблицы хранятся либо в виде файлов на диске или в содержимом СУБД, такой как Oracle, IBM DB2, PostgreSQL, IBM Informix, или Microsoft SQL Server.

Хорошо определенные типы полей используются для хранения традиционных атрибутов в таблицах. Когда база геоданных хранится в СУБД, пространственные представления, такие как векторные и растровые данные, обычно хранятся с помощью расширенных пространственных типов.

В базе геоданных существует два основных набора таблиц - это системные таблицы и таблицы наборов данных.

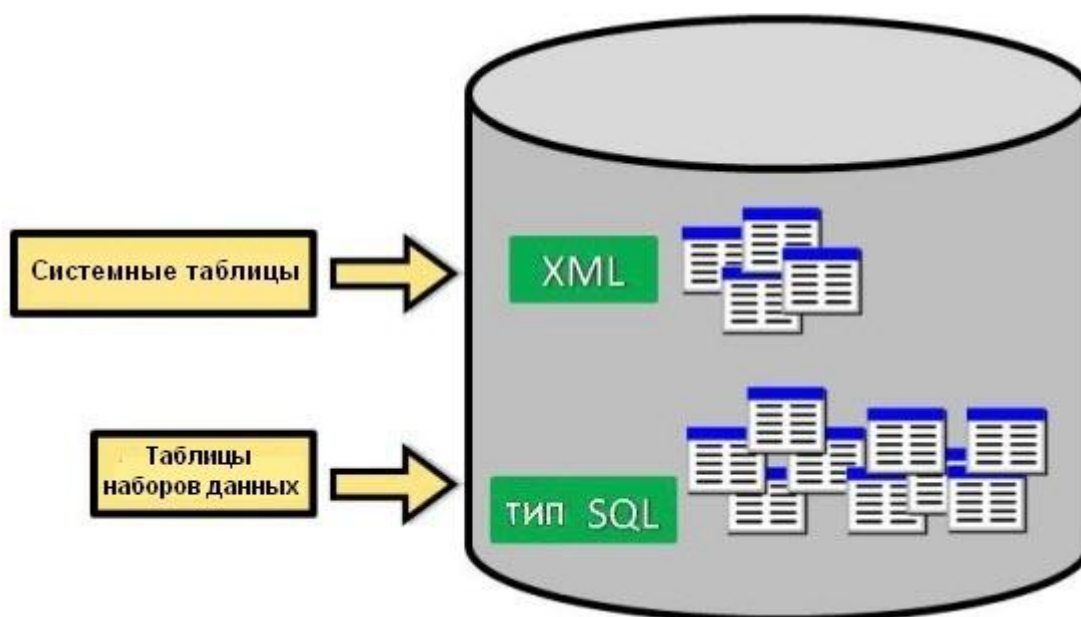


Рис. 2.4. Представление геобазы данных

- Таблицы наборов данных - Каждый набор данных в базе геоданных хранится в одной или нескольких таблицах. Таблицы наборов данных для управления данными работают с системными таблицами.

- Системные таблицы - Системные таблицы баз геоданных отслеживают содержимое каждой базы геоданных. По сути, они описывают схему базы геоданных, которая указывает все определения, правила и отношения наборов данных. Эти системные таблицы содержат и управляют всеми метаданными, требующимися для реализации свойств базы геоданных, правил проверки данных и поведения.

Внутренняя структура этих таблиц была изменена, начиная с релиза ArcGIS 10. Информация, которая относится к схеме базы геоданных, которая до версии ArcGIS 10 хранилась в около 35 системных таблицах базы геоданных теперь была консолидирована в четырех основных таблицах:

- GDB_Items содержит список всех элементов, которые содержатся в базе геоданных, таких как классы объектов, топологии и домены

- GDB_ItemTypes содержит предварительно настроенный список распознаваемых типов элементов, таких как Table (таблица)

- GDB_ItemRelationships содержит схему отношений между элементами, такими как классы объектов, содержащиеся в наборе классов

- GDB_ItemRelationshipTypes содержит предварительно настроенный список распознаваемых типов отношений, например DatasetInFeatureDataset (Данные в наборе классов)

Набор данных и системные таблицы совместно работают для представления и управления содержимым базы геоданных. Например, при просмотре в операционной системе класс объектов выглядит как простая таблица со столбцом с пространственным атрибутом. В зависимости от того типа базы геоданных, который вы используете и в какой СУБД они хранятся,

набор системных таблиц может различаться. Базы геоданных ArcSDE имеют другой набор различных системных таблиц, отличный от набора таблиц файловых баз геоданных, которые незначительно отличаются от персональных баз геоданных. Для баз геоданных ArcSDE другой набор системных таблиц определяется в разделах Системные таблицы базы геоданных для различных СУБД. Различные таблицы, которые хранятся в файловых и персональных базах геоданных не будут подробно описаны, так как вам не придется работать с большинством из них.

База геоданных представляет собой коллекцию географических наборов данных различных типов.

В этом разделе рассматриваются общие принципы создания и управления базами геоданных. Эти понятия могут послужить основой в изучении и дальнейшем эффективном использовании баз геоданных в вашей работе с ГИС.

Ключевым понятием базы геоданных является понятие набора данных. Это первичный механизм, используемый для организации и обработки географической информации в ArcGIS. База геоданных содержит три основных типа наборов данных:

- Классы пространственных объектов
- Наборы растровых данных
- Таблицы

Создание совокупности вышеперечисленных типов наборов данных является первым шагом проектирования и создания базы геоданных. Обычно работа пользователей с базами геоданных начинается с определения конечного числа типов наборов данных. Затем пользователи дополняют или расширяют функциональность своих баз геоданных более продвинутыми возможностями (добавление топологий, сетей или подтипов) для

моделирования поведения ГИС, поддержки целостности данных и работы с набором важнейших пространственных отношений.

Хранение базы геоданных подразумевает хранение схемы данных, базы правил для каждого географического набора данных и простого табличного представления пространственных и атрибутивных данных. Все три главных набора данных базы геоданных (классы пространственных данных, атрибутивные таблицы и наборы растровых данных), как и другие элементы базы геоданных, хранятся в памяти с помощью таблиц. Пространственное отображение географических наборов данных хранится либо в векторном, либо в растровом формате. Данная геометрия хранится и управляется в столбцах атрибутов вместе с традиционными табличными полями атрибутов.

Класс пространственных данных хранится в виде таблицы. Каждая запись таблицы представляет соответствующий пространственный объект. В таблице полигонального класса пространственных объектов, представленной ниже, поле Shape содержит полигональную геометрию для каждого пространственного объекта. Значение Polygon используется для уточнения того, что данное поле содержит координаты и геометрию, однозначно ставящие в соответствие полигону записи таблицы.

	OBJECTID	SHAPE'	AREA	PERIMETER	HEWC_LU84_UTM_
▶	1941	Полигон	1417540.1	11841.867	2
	1942	Полигон	321332.03	3148.0269	3
	1943	Полигон	18495728	109063.23	4
	1944	Полигон	274196.16	3101.4026	5
	1945	Полигон	381471.69	3409.4033	6
	1946	Полигон	136670.41	1542.3058	7
	1947	Полигон	86315.867	1170.6542	8
	1948	Полигон	58569.234	1058.4961	9
	1949	Полигон	126296.43	1630.2814	10
	1950	Полигон	2177367.8	11357.415	11
	1951	Полигон	126567.98	1486.1949	12
	1952	Полигон	131079.53	1655.1431	13
	1953	Полигон	29051224	116835.71	14
	1954	Полигон	851969.69	4640.5933	15
	1955	Полигон	189941.86	1732.4786	16
	1956	Полигон	195032.53	1994.8439	17
	1957	Полигон	50374.406	896.4881	18

2.5. Таблица полигональных объектов

Ключевой стратегией управления базами геоданных является использование РСУБД в целях масштабирования наборов данных ГИС до экстремально крупных размеров и числа пользователей (например, для поддержки простых небольших баз данных в том же ключе, что и в случаях с сотнями миллионов объектов и тысячами одновременно работающих пользователей). Таблицы обеспечивают географические наборы данных основным механизмом хранения данных. Использование SQL является достаточно веским преимуществом при создании запросов и обработке строк таблицы, в то время как стратегия управления базами геоданных направлена на усиление этих возможностей.

Базы геоданных поддерживают SQL-доступ к геометрии пространственных объектов в следующих СУБД:

- Oracle (с использованием типа ArcSDE SQL или типа Oracle Spatial SQL, если вы используете Oracle Spatial)
- IBM DB2
- IBM Informix
- Microsoft SQL Server
- Informix

- PostgreSQL (с применением типов геометрии ST_Geometry или PostGIS, если вы хотите использовать PostGIS)

Ниже лежащая SQL API для ArcSDE основывается на ISO SQL/MM Spatial и OGC спецификации простых пространственных объектов SQL, расширяющей стандарты SQL для векторной геометрии.

Различные элементы базы геоданных используются для расширения простых таблиц, пространственных объектов и растров для моделирования пространственных отношений, добавляя богатое поведение, улучшая поддержку целостности данных и расширяя возможности базы геоданных для управления данными.

Схема данных в БГД содержит определения, правила целостности и поведение для каждой расширенной функции управления пространственными данными. Данные функции включают свойства координатных систем, координатное разрешение, классы пространственных данных, топологии, сети, растровые каталоги, отношения, домены и так далее. Эта информация о схеме находится в наборе мета-таблиц базы геоданных в СУБД. Эти таблицы обеспечивают целостность и определяют поведение географической информации.

Независимо от типа используемой системы, всем пользователям ГИС в своей работе придётся столкнуться с тремя главными типами наборов данных. Для работы пользователи будут иметь в своем распоряжении набор классов пространственных объектов (как правило, в виде папки с множеством шейп-файлов Esri), ряд атрибутивных таблиц (в формате dBASE, Microsoft Access, электронных таблиц Excel, СУБД и т.д.) и, в большинстве случаев, значительный набор изображений, снимков и наборов растровых данных.



2.6. Структура базы данных

В своей основе все базы геоданных будут построены по одной и той же схеме. Данную коллекцию наборов данных можно считать универсальной точкой отсчёта для проектирования базы данных вашей ГИС.

По необходимости для поддержки определенных существенных возможностей пользователи смогут наращивать свои модели данных. База геоданных содержит ряд дополнительных элементов данных и типов наборов данных, которые могут быть использованы для расширения базовой совокупности наборов данных.

Файловые и персональные базы геоданных, которые свободно доступны всем пользователям ArcGIS for Desktop Basic, Standard и Advanced, проектируются для поддержки полной информационной модели базы геоданных, включающей топологии, каталоги растров, наборы сетевых данных, наборы данных terrain, локаторы адресов и т.д. Файловые и персональные базы геоданных разрабатываются для редактирования одним пользователем и не поддерживают версиюность. В файловой базе геоданных возможна работа нескольких редактирующих пользователей в одно и то же время, с учётом того

ограничения, что они осуществляют редактирование в различных наборах классов пространственных объектов, отдельных классах пространственных объектов или таблицах.

Файловая база геоданных – это новая разновидность баз геоданных, появившаяся лишь в версии 9.2. Её назначение:

- Обеспечение широко доступного, простого, и масштабируемого решения для всех пользователей.
- Обеспечение переносимости базы геоданных, которая работает во всех операционных системах.
- Постепенное наращивание для управления очень большими наборами данных.
- Обеспечение отличной скорости обработки работы и масштабируемости, например, для поддержки индивидуальных наборов данных, содержащих свыше 300 миллионов объектов и наборов данных, которые могут превышать размер в 500 ГБ за файл с очень высоким качеством функционирования.
- Использование эффективной структуры данных, оптимизированной для работы и хранения. Файловые базы геоданных используют около одной трети хранимой геометрии объекта, по сравнению с шейп-файлами и персональными базами геоданных. Файловые базы геоданных также позволяют пользователям сжимать векторные данные в доступный только для чтения формат для сокращения дальнейших потребностей в памяти.
- Превосходят шейп-файлы из-за операций с привлечением атрибутов и по ограничению размера данных.

Персональные базы геоданных использовались в ArcGIS начиная с версии 8.0 и использовали файловую структуру данных Microsoft Access (файл.mdb). Они поддерживают базы геоданных, которые имеют

ограничение по размеру 2 Гб. Однако, “эффективный” размер базы данных меньше, где-то между 250 и 500 МБ, при превышении которого снижается скорость работы базы данных. Персональные базы геоданных поддерживаются только операционной системой Microsoft Windows. Пользователям нравятся производить операции над таблицами с применением Microsoft Access к персональным базам геоданных. Многим пользователям действительно удобно пользоваться возможностями управления текстом в Microsoft Access для работы с атрибутивными значениями.

ArcGIS сохранит поддержку персональных баз геоданных для многочисленных целей. Однако в большинстве случаев Esri рекомендует использовать файловые базы геоданных по причине их поддержки больших объемов данных, более быстрой работы и кросс-платформенного использования. Они идеальны для работы наборами данных на базе файлов для ГИС проектов, для персонального использования, и для использования в маленьких рабочих группах. У них быстрая скорость работы и хорошая масштабируемость для содержания больших объемов данных без требования использовать СУБД. К тому же они переносятся между разными операционными системами.

Стандартно, пользователи будут использовать разнородные файловые и персональные базы геоданных для своих совокупностей данных и получать одновременный доступ к ним для работы их ГИС.

Для создания многопользовательская база геоданных с возможностью редактирования и использования одновременно многими пользователями, база ArcSDE – это хорошее решение. Она добавляет возможность управлять распределенной, многопользовательской базой геоданных, а также рядом важных, основанных на версиях, рабочих процессов ГИС. Способность усилить корпоративные реляционные базы

данных вашей организации – ключевое преимущество баз геоданных ArcSDE.

Базы геоданных ArcSDE работают с разнообразными моделями хранения СУБД (IBM DB2, Informix, Oracle, SQL Server и PostgreSQL). Базы геоданных ArcSDE используются, прежде всего, в широком диапазоне настроек рабочих групп, отделов, и предприятия. Они пользуются всеми преимуществами поддерживаемых архитектур их СУБД:

- Очень большие, непрерывные базы данных ГИС
- Много пользователей одновременно
- Длинные транзакции и версионные рабочие процессы
- Реляционные базы данных поддерживают управление данными ГИС (обеспечение выгоды от использования реляционной базы данных в контексте масштабируемости, надежности, безопасности, резервирования, целостности, и т.п.)
- Типы пространственного SQL, в случае если СУБД поддерживает эту возможность (т.е. Oracle, SQL Server, PostgreSQL, Informix и DB2).
- Высокая скорость обработки может распространяться на очень большое количество пользователей.

Посредством реализации множества больших баз геоданных, было обнаружено, что СУБД эффективны в перемещении по таблицам типа больших двоичных объектов, требуемых данными ГИС. Кроме того, размеры базы данных ГИС и число поддерживаемых пользователей могут быть намного больше, чем у файловых баз ГИС.

ArcSDE обеспечивает управление длинными и короткими транзакциями на механизме транзакций СУБД

Одна из основных ролей ArcSDE – это поддержка рабочей среды версионного редактирования баз геоданных на любой РСУБД.

Довольно часто одна-единственная транзакция редактирования в ГИС может повлечь за собой изменение многих рядов в нескольких таблицах. Например, обновление земельного участка может потребовать изменить представление полигона, а также изменение соответствующих линий соседних улиц и углов соседних земельных участков. Кроме того, атрибутивные записи для каждого из этих пространственных объектов тоже приходится обновлять. Такое редактирование приводит к изменениям нескольких записей в разных таблицах. В подобных случаях пользователям удобнее воспринимать все эти изменения как одну транзакцию. Когда изменения принимаются или откатываются назад, все это обрабатывается вместе как единая операция.

В то же время, пользователи могут отменять или повторять отдельные операции в сеансе редактирования. Чтобы дополнить эту ситуацию, правку можно выполнять в отсоединенной от центральной общей базы геоданных системе.

Более того, во время этих специализированных процессов поддержания ГИС-данных, сама база данных ГИС непрерывно остаётся доступной для ежедневных операций, где каждый пользователь может иметь личный внешний вид общей базы данных ГИС.

База геоданных ArcSDE поддерживает управление и обновления для этих и многих других сценариев управления данными в многопользовательской среде с помощью поддержки версий. Поддержка версий – это механизм, при котором все изменения базы данных записываются как строки таблицы. Например, каждый раз, когда вы обновляете значение строки, старая запись "уходит в отставку", а новая запись добавляется.

Таким образом, технология ArcSDE управляет такими сложными транзакциями ГИС высокого уровня в простой рабочей среде СУБД, сохраняя изменения информации как дельта-записи в базе данных.

Процесс проектирования базы геоданных включает в себя выполнение набора стандартных операций ГИС-проектирования. По этой причине вы должны обладать общими знаниями о целях и методах ГИС-проектирования. В данном разделе дается общая информация.

ГИС-проектирование включает в себя процесс организации географической информации в группы тематических данных (темы данных), то есть слоев, которые могут быть объединены с использованием сведений об их географическом расположении. Таким образом, можно сделать вывод о том, что процесс проектирования базы геоданных должен начинаться с определения того, какие наборы тем данных будут использоваться. После этого вам будет нужно определить содержание и представление каждого из тематических слоев.

Это включает в себя определение:

- Как географические объекты будут представлены в каждой теме данных (например, в виде точек, линий, полигонов или в виде растров), а также их табличные атрибуты
- Как данные будут организованы в таких наборах данных, как классы пространственных объектов, наборы атрибутов, наборы растровых данных и так далее
- Какие дополнительные пространственные элементы и элементы базы данных будут нужны для обеспечения правил целостности данных, для реализации расширенных ГИС-моделей поведения (например, топология, сети и каталоги растров), а также для определения пространственных и атрибутивных отношений между наборами данных
- Каждый проект базы данных ГИС основывается на принятии решения о том, какие географические представления будут использоваться для каждого набора данных. Отдельные географические сущности могут быть представлены в виде

- Классов пространственных объектов (наборов точек, линий и полигонов)
- Изображений и растров
- Непрерывных поверхностей, которые могут быть представлены в виде пространственных объектов (например, изолиний), растровых изображений (цифровых моделей рельефа [ЦМР, (DEM)]) или в виде нерегулярных триангуляционных сетей (TIN) с использованием наборов данных terrain.
- Для данных текстового описания могут быть использованы атрибутивные таблицы

Географические представления организуются в группы тем данных (иногда называемых *тематическими слоями*). Основным составным элементом ГИС является один слой данных, или тема. Тема данных представляет собой набор связанных между собой географических объектов, например, дорожная сеть, набор границ земельных участков, типы почв, поверхность рельефа, космический снимок определенной даты, точки местоположений скважин и так далее.

Концепция тематических слоев появилась в ГИС в самом начале. В начале развития ГИС-технологий специалисты изучали вопрос о том, как представляемая на картах географическая информация могла бы быть разбита на логические информационные слои - более эффективно, чем простое деление на наборы отдельных объектов (например, дорога, мост, холм, полуостров). Таким образом, эти ГИС-пользователи организовывали информацию в тематические слои, которые могли бы описать распределение географического явления, а также устанавливали правила их визуализации в различных географических масштабах. Эти слои также имели определенный протокол (правила записи), по которому происходило объединение представлений (в виде наборов пространственных объектов, растровых слоев, атрибутивных таблиц и так далее).

В ГИС организация тематических слоев является одним из самых важных принципов проектирования базы данных ГИС.

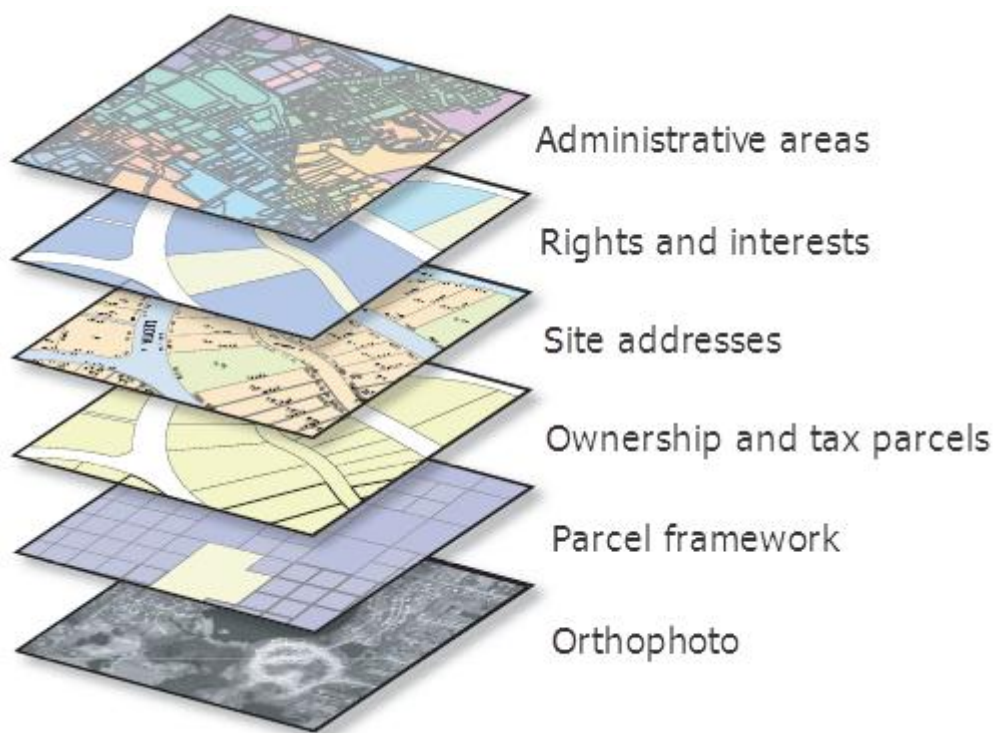


Рис. 2.7. Тематические слои ГИС

Каждая ГИС стала содержать множество тем для общей географической территории. Набор тем выступает в роли слоев в группе. С каждой темой можно работать как с набором информации, независимым от других тем. У каждой темы имеются собственные средства представления (точки, линии, полигоны, поверхности, растры и так далее). Поскольку различные несвязанные между собой темы являются пространственно координированными (привязанными), то они будут накладываться друг на друга и могут быть объединены при отображении общей карты. Помимо этого, при выполнении операций ГИС-анализа, например, наложения, может осуществляться объединение информации между темами.

Наборы географических данных могут быть представлены в базе данных ГИС в виде классов пространственных объектов, а также в виде наборов растровых данных.

Многие темы представляются в виде одного набора однородных объектов, например, в виде класса пространственных объектов полигонов типов почв или в виде точечного класса пространственных объектов расположений скважин. Другие темы, например, транспортная сеть, могут быть представлены в виде нескольких наборов данных (например, в виде пространственно связанных классов пространственных объектов улиц, пересечений улиц, мостов, съездов на автомагистралях и так далее).

Наборы растровых данных используются для представления континуальных поверхностей, например, рельефа, поверхностей уклонов, экспозиции, а также для представления данных космической съемки, аэрофотосъемки и других наборов данных, значения в которых определены в узлах регулярной сетки (грида) (например, тип землепользования или тип растительности).

На определение пространственных представлений в ГИС имеют влияние и существующие источники данных, и те источники данных, которые планируется использовать. При проектировании базы данных ГИС пользователи подразумевают и варианты их применения. Они четко понимают, на какие вопросы должна будет ответить ГИС. Определение этих вопросов поможет определить содержимое каждой темы, а также то, как они будут представлены географически. Например, существует множество вариантов представления поверхности рельефа: в виде изолиний, в виде подписей отметок высот (например, отметки вершин, высших точек), в виде континуальной поверхности рельефа (TIN) или в виде затененного изображения рельефа. Любой из этих способов изображения рельефа может подходить для конкретного проекта базы данных ГИС. Намеченные варианты использования данных помогут определить, какие из этих представлений будут нужны в будущем.

Довольно часто географические представления могут быть в некоторой степени предопределены и будут определяться с учетом

доступных источников данных для темы. Если уже имеющиеся данные были собраны в определенном масштабе и уже имеют конкретную форму представления, то довольно часто может быть нужно адаптировать структуру вашего проекта для использования уже существующих данных.

Хотя любой набор данных ГИС можно использовать отдельно ото всех остальных ГИС-данных, очень часто бывает важно, чтобы собранные данные согласовывались с другими информационными слоями, чтобы поддерживались пространственные взаимоотношения и поведение между связанными ГИС-слоями данных. Приведем несколько примеров, иллюстрирующих данную концепцию:

- Гидрологическая информация о водоразделах и водосборных бассейнах должна собираться в унисон с информацией о дренажной сети. Линии водосборов должны попадать внутрь бассейнов. Все остальные слои должны совпадать с поверхностью рельефа.

- Различные слои данных в материалах по земельным участкам должны быть собраны в соответствии с информацией из кадастровых слоев и геодезической информацией, чтобы пространственные объекты земельных участков совпадали с опорной сетью геодезических данных. Множество прочих наборов пространственных объектов (зоны отчуждения, межевые границы, коммуникации, классы зон и т.д.) должны соответствовать набору данных участков.

- Пространственные отношения между рельефом, ландшафтами, типами почв, уклонами, растительностью, геологией и т.д. обычно тоже собираются в унисон, характеризуя природные ресурсы. Научное понимание этих пространственных отношений помогает построить логически согласованную базу данных, где пространственные объекты одного слоя данных соответствуют объектам остальных слоев.

- Информация топографической базовой карты компилируется вся вместе. Гидрография, транспортные сети, административные границы и

прочие слои топографической карты должны компилироваться в унисон. Эти картографические представления на отображении карты должны быть интегрированы, чтобы с такой картой было удобно работать, и можно было обращать внимание на ключевые позиции карты.

2.2.1. Состав и структура геобазы данных ГИС модели Китабо – Шахрисабзкого месторождения подземных вод

Под геоинформационным моделированием понимается метод, основанный на построении и использовании моделей пространственных объектов, их взаимосвязей и динамика процессов средствами ГИС. Данный метод относится к группе методов информационного моделирования и основан на теории информационных систем.

При геоинформационном моделировании наиболее важными понятиями являются модель данных и алгоритм анализа. Под моделью данных понимается совокупность принципов организации данных; математическая конструкция для представления географических объектов или полей, а под алгоритмом анализа данных – логически обусловленная последовательность программных действий с целью получения определенного результата. Собственно модель данных и определяет методы анализа.

Различные элементы базы геоданных используются для расширения простых таблиц, пространственных объектов и растров для моделирования пространственных отношений, добавляя богатое поведение, улучшая поддержку целостности данных и расширяя возможности базы геоданных для управления данными.

Базовыми моделями данных в географических информационных системах является векторная (не топологическая и топологическая) и

растровая. В настоящее время активное развитие технологии объектно-реляционных баз данных привело к формированию модели базы геоданных (БГД), или пространственной БД, основанной на таких понятиях как сущность (таблица) и связь. База геоданных по существу выступает прототипом моделируемых объектов, ситуаций, отношений. В зависимости решаемых задач исследователь проектирует структуру БГД, в который могут быть использованы различные более простые модели данных – как векторные, так и растровые, но уже как части единой информационной модели.

На основе этого была создана модель базы геоданных Китабо-Шахрисабзского месторождения подземных вод которая представляет собой следующую структуру (Рис. 2.8.):

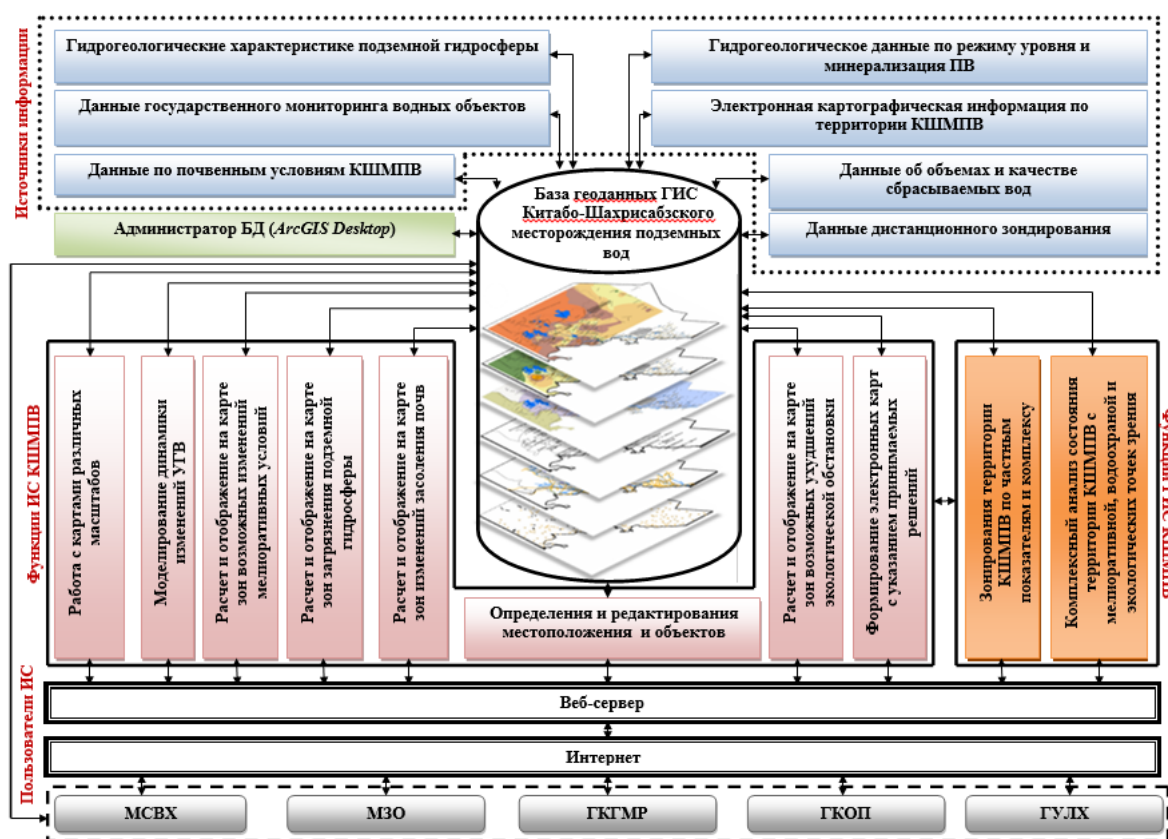


Рис.2.8. Структура базы геоданных Китабо-Шахрисабзского месторождения подземных вод

Топология ГИС модели КШМПВ представлена точечными, линейными и площадными объектами и показана на рисунке 2.9.

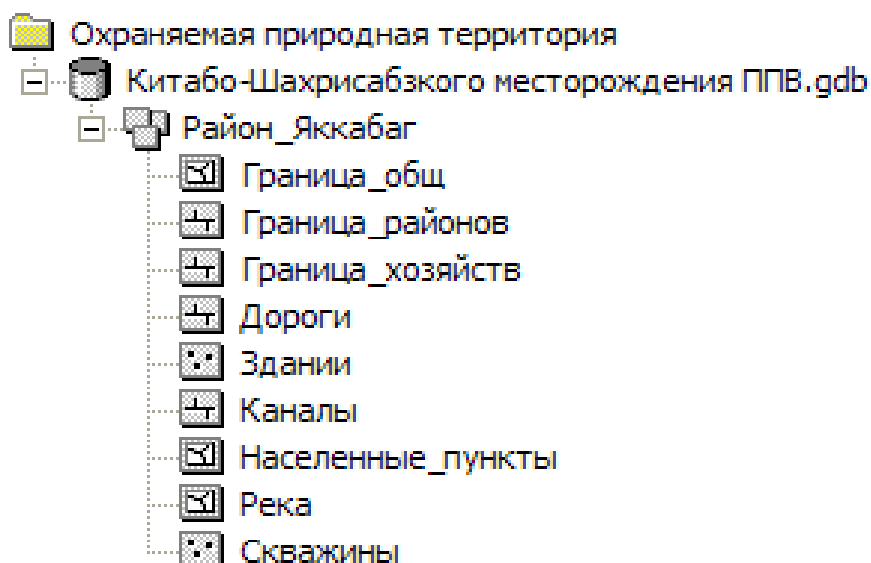


Рис.2.9 Топология ГИС модели Китабо-Шахрисабзского месторождения подземных вод

Кроме этого, базовыми являются атрибутивные данные, которые имеют большое значение выбора и обоснования принимаемых решений. В этой связи вводится таблица атрибутивных данных (характеристики топологических элементов ГИС модели) (Рис. 2.10)

OBJECTID	SHAPE	name	TYPE	Rasxod	Mieralizatsiy	Obshiy Jestk
134	Point	4420	6	20	0,8	10
135	Point	1694	6	20	0,7	9
136	Point		6	20	0,7	9
137	Point	3424	6	20	0,6	8
138	Point	3433	6	20	0,6	9
139	Point	3330	6	20	0,7	8
140	Point		6	20	0,7	8
141	Point	4417	6	6	0,7	9
142	Point	4977	6	18	0,7	9
143	Point	4436	6	18	0,4	10
144	Point	4418	6	6	0,6	9
145	Point	1116	6	6	0,7	8
146	Point	2366	6	18	0,6	9
147	Point		6	6	0,6	9
148	Point	1135	6	16	0,7	10
149	Point	1266	6	6	0,7	9
150	Point	3322	6	16	0,7	10
151	Point	3313	6	15	0,7	10
152	Point	4430	6	3	0,7	9
153	Point	3392	6	6	0,7	9
154	Point	1698	6	3	0,7	9
155	Point		6	18	0,7	9
156	Point	1675	6	20	0,7	10
157	Point	1674	6	18	0,7	10
158	Point	1676	6	20	0,7	10
159	Point	3323	6	6	0,6	9
160	Point	5336	6	15	0,7	9
161	Point		6	15	0,7	9
162	Point	3757	6	3	0,7	9
163	Point	3130	6	20	0,6	8
164	Point	1372	6	18	0,7	6
165	Point	3570	6	6	0,6	8
166	Point	4979	6	6	0,6	10
167	Point	2661	6	15	0,7	10
168	Point	3118	6	15	0,6	9
169	Point	3127	6	6	0,6	8
170	Point	2970	6	18	0,6	6

Рис.2.10 Атрибуты данных

Данные, полученные из разных по своей природе источников, были переведены из традиционной – в цифровую форму. Эти данные были обработаны с помощью комплекса программ, включая: М. Access, Excel, ArcGIS, MapInfo, Rock Works, LOG plot и т.д.). В результате была получена достаточно полная база данных гидрогеологической направленности, удобная с точки зрения возможностей дальнейшего анализа и использования этих данных. А также визуализации полученных результатов. Построенная, в рамках данной работы ГБД, имеет две составляющие:

- Описательную цифробуквенную составляющую на базе Ms. Access и Excel
- Пространственно-картографическую составляющую – на базе ArcGIS, MapInfo, Rockworks, logPlot. Интерфейс ArcGis позволяет осуществлять одновременную визуализацию обеих составляющих.

Поскольку в рамках данной работы мы не располагаем какой-либо численной информацией, использовали три метода разработки формы цифровых картографических документов, позволяющих получить растровые изображения, пригодные для адекватного воспроизведения природной обстановки и ресурсов:

- Оцифровка и сканирование бумажных документов,
- Численная обработка,
- Создание документов на основе точечных данных с использованием различных приемов интерполяции и моделирования с учетом типа конкретных данных, их плотности и качества.

В рамках настоящих исследований особое внимание было уделено выработке цифровых информационных макетов для отображения

топографии, геологического строения, литологии, гидрологии и климата, гидрогеологических условий и гидрогеохимии, при этом особый акцент делался на их качестве. Для получения, обработки и анализа данных, а также моделирования и представления полученных результатов использовалось несколько программ, а именно: ArcGIS desktop (ArcInfo, ArcMap), ArcView, Mapinfo, Rockworks.). Представление результатов осуществляется в следующих формах: векторной, растровой, сеточной формах, а также изолиний и профилей.

2.3. Тематические слои ГИС модели Китабо – Шахрисабзкого месторождения подземных вод

Тематическими слоями ГИС модели Китабо – Шахрисабзкого месторождения подземных вод являются следующие:

В качестве тематических слоев (Layers) представлены районы, территории, каналы, дороги и т.д. (рис. 2.11)

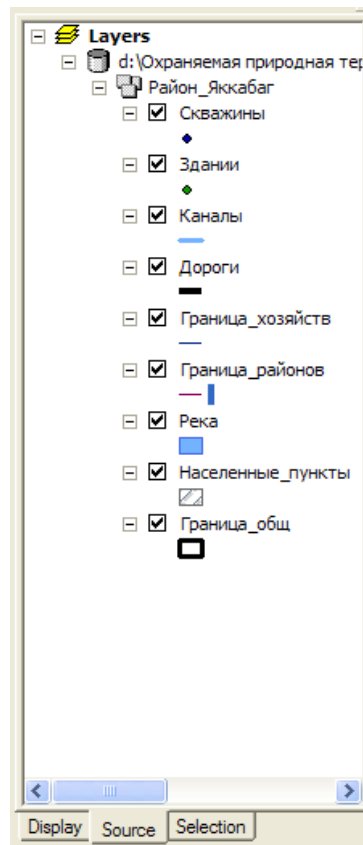


Рис.2.11. Созданные тематические слои по Китабо-Шахрисабзскому месторождению подземных вод

- Тематический слой расположения наблюдательных скважин.

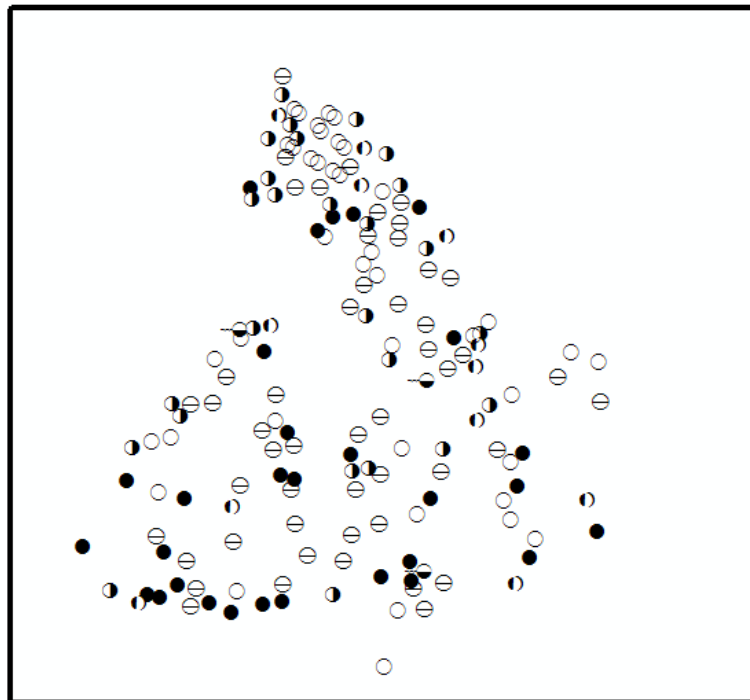


Рис.2.12. Точечные объекты Китабо-Шахрисабзского месторождения
подземных вод

- Тематический слой расположения эксплуатационных скважин.

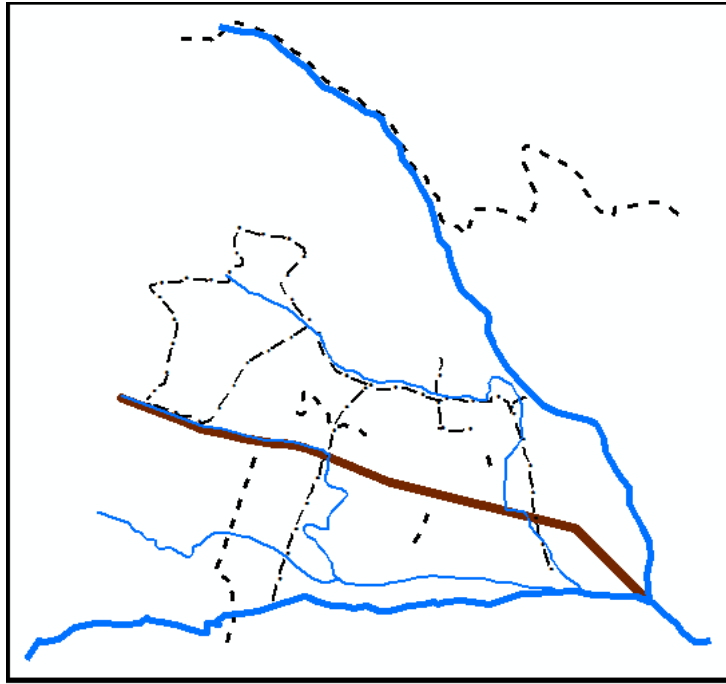


Рис.2.13. Линейные объекты Китабо-Шахрисабзского месторождения
подземных вод

- Тематический слой расположения населенных пунктов.

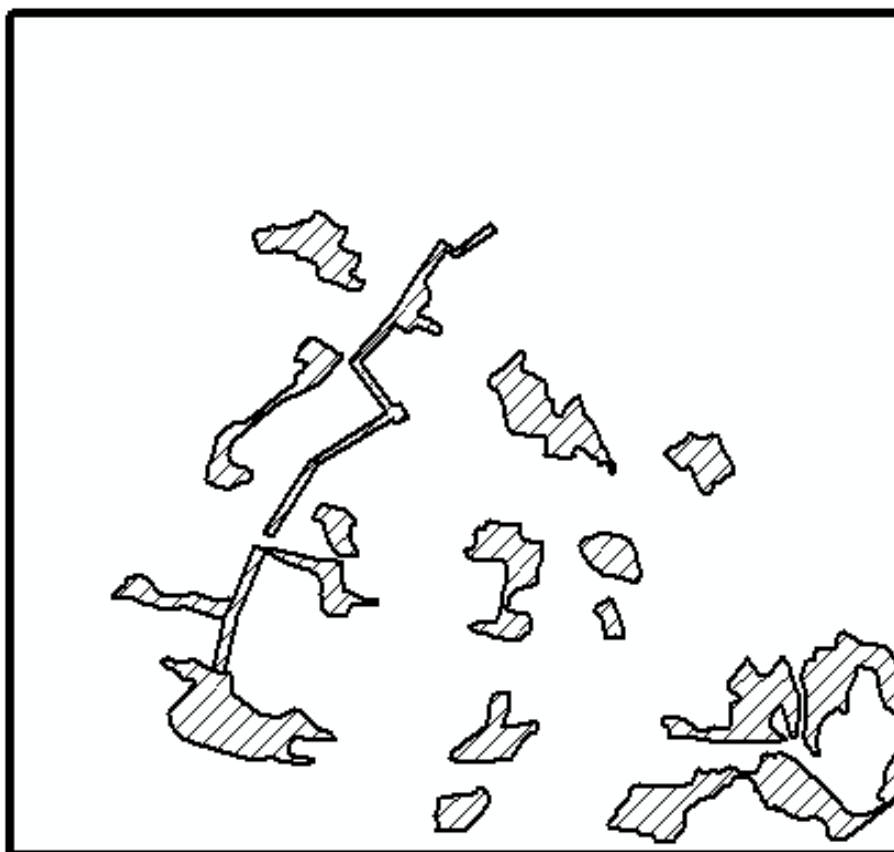


Рис.2.14. Полигональные объекты Китабо-Шахрисабзского месторождения
подземных вод

В общем виде схема функционирования ГИС КШМПВ с учетом приведенных тематических слоев и геобазы данных представлена в виде следующей системы:

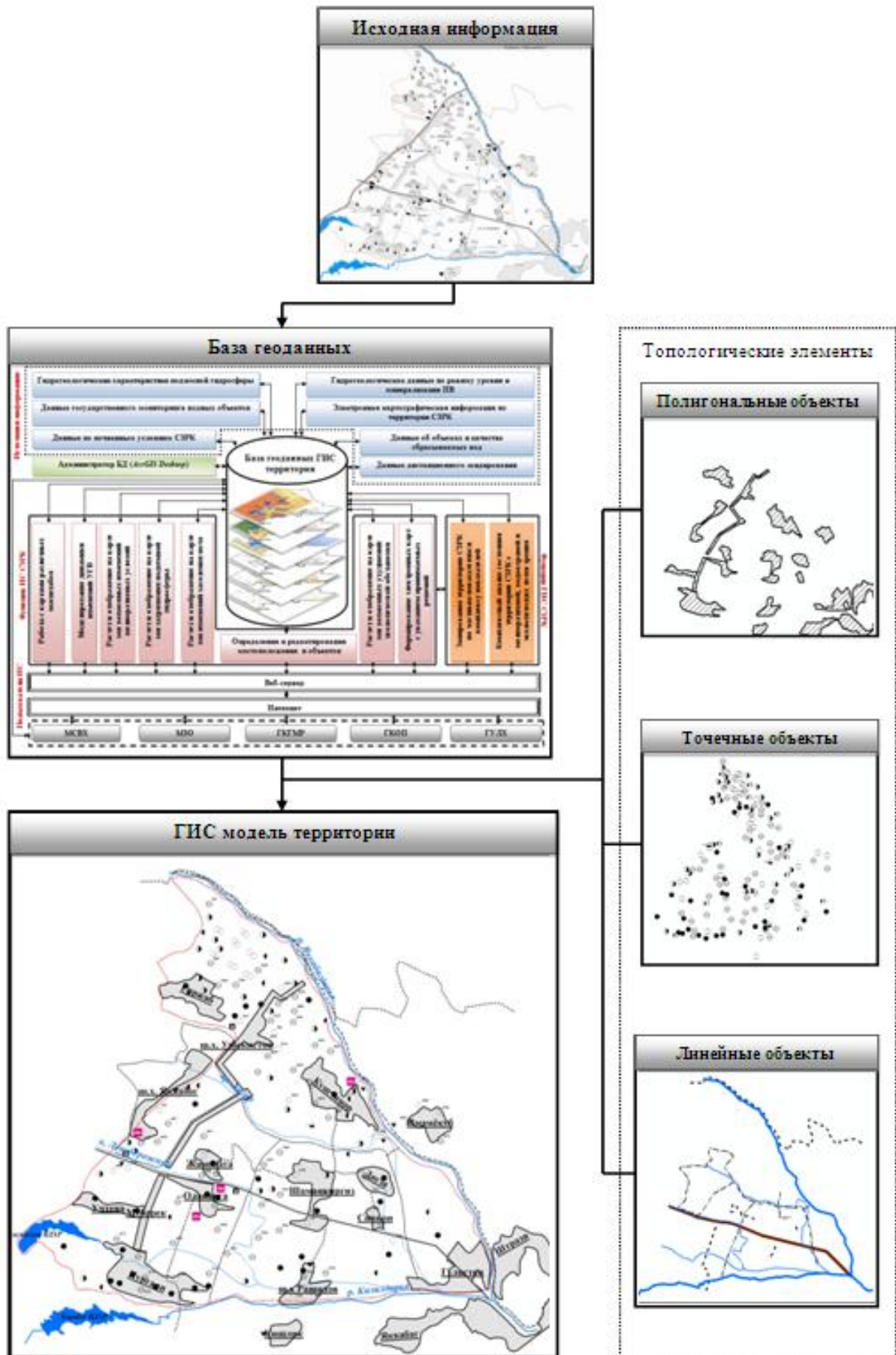


Рис.2.15 Схема функционирования ГИС КШМПВ

Вывод к главе II

На основе векторная и растровая моделей данных в географических информационных систем была создана модель базы геоданных Китабо-Шахрисабзского месторождения подземных вод.

Определены топологические элементы ГИС модели КШМПВ и структура геоданных для реализации ГИС модели.

Представлена таблица атрибутивных данных, которые имеют большое значение выбора и обоснования принимаемых решений (характеристики топологических элементов ГИС модели).

Предлагаются тематические слои по ГИС КШМПВ и способы их реализации.

Предлагается схема функционирования ГИС КШМПВ с учетом приведенных тематических слоев и геобазы данных.

Глава 3. Планирование и проведение вычислительных экспериментов на базе электронно-картографической модели Китабо – Шахрисабзкого месторождения подземных вод

3.1. Планирование экспериментов по Китабо – Шахрисабзкого месторождения подземных вод

Вычислительные эксперименты на основе ГИС модели.

Понятие вычислительного эксперимента можно условно разбить на несколько этапов:

- выбор физического приближения и математическая формулировка задачи;
- разработка вычислительного алгоритма решения задачи;
- реализация алгоритма в виде программы;
- Проведение расчетов;
- Обработка, анализ и интерпретация результатов расчетов, сопоставление с физическим экспериментом и, в случае необходимости, уточнение или пересмотр математической модели, то есть возвращение к первому этапу и повторение цикла вычислительного эксперимента.

Следует подчеркнуть, что деление вычислительного эксперимента на указанные пять этапов имеет в значительной мере условный характер. На самом деле все эти основные этапы тесно связаны между собой и служат одной цели – получению с необходимой точностью за возможно меньшее машинное время адекватного количественного описания изучаемого физического явления или процесса.

Изучение математической модели сначала проводится обычными средствами, например методами общей теории дифференциальных и

интегральных уравнений. Прежде всего, исследуется вопрос о постановке задачи. Задача должна быть поставлена математически грамотно. Нужно убедиться в том, что существует единственное решение, выяснить характер его зависимости от входных данных (корректна или некорректна задача), для того чтобы определить возможность и метод работы с этой моделью.

Для предварительного исследования модели вначале используются все традиционные методы: качественный размерностный анализ поиск частных решений для специальных случаев, рассмотрение предельных случаев. Таким образом, добывается первичная (быть может, грубая) информация о качественном характере явления. Полученные на этом этапе точные решения необходимы, кроме того, как тесты для проверки качества вычислительных алгоритмов, которые будут строиться для решения полной задачи. Математическая модель включает помимо основных уравнений, выражающих общие законы сохранения, некоторые дополнительные соотношения, описывающие свойства конкретных сред и являющиеся фактически коэффициентами уравнений. Это коэффициенты теплопроводности, диффузии, электропроводности, поглощения излучения, вязкости и т.д. К таким соотношениям относятся и уравнения состояния.

Вычислительные эксперименты на ГИС основе для гидрогеологических объектов с учетом приведенных пунктов приводится в следующей последовательности:

- В качестве модели гидрогеологического процесса принимаем ГИС модель КШМПВ;
- Применяется алгоритм коллективных связей тематических слоев;
- Приводятся вычисления на базе ArcMap;
- Визуализация результатов ГИС моделирования с использованием возможностей ArcGIS;

Вычислительные эксперименты проводились с целью изучения влияния различных факторов, имеющих территориально распределенный

характер на режим уровня и минерализации подземных КШМПВ. На рис.3.1, представлены результаты вычислительных экспериментов по изучению влияния степени концентрации по отдельным скважинам на минерализацию подземных вод Китабо-Шахрисабзского месторождения. Также были проведены серия вычислительных экспериментов по изучения влияния степени минерализации и жесткости подземных вод, в результате более обоснованно определены зоны с различными значениями степени минерализации подземных вод (рис.3.1)

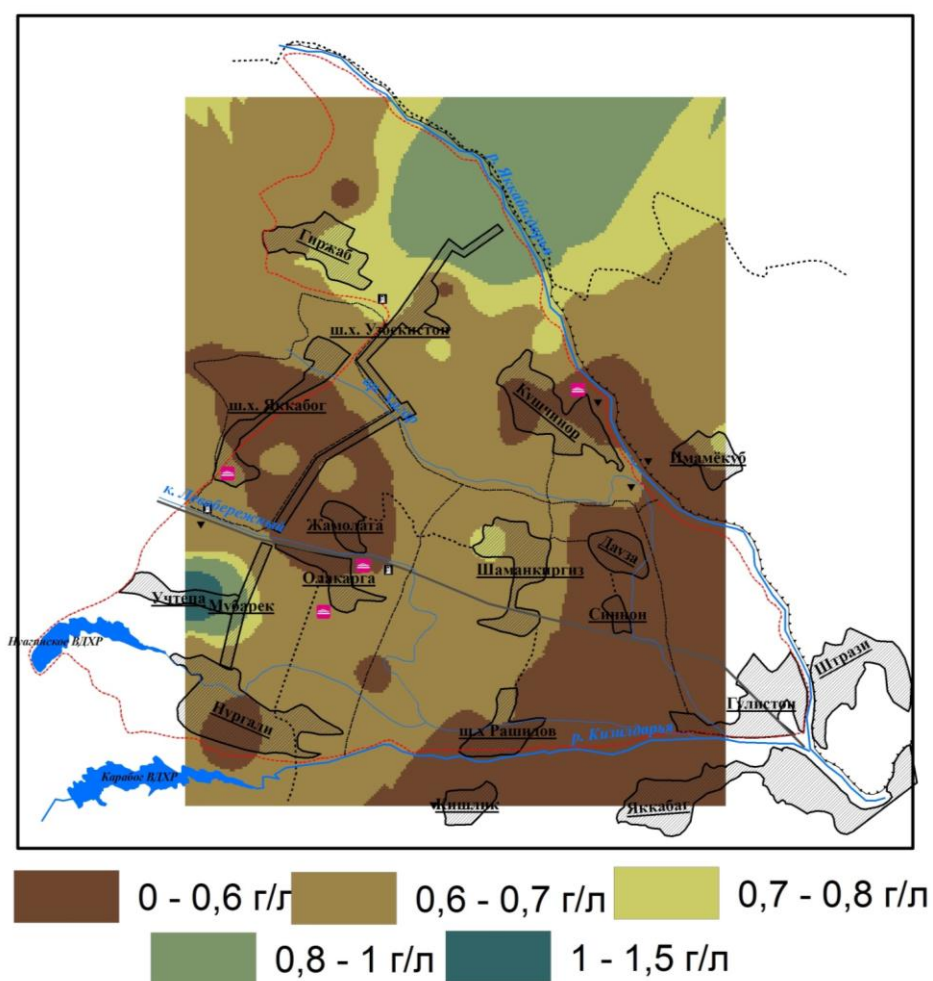


Рис.3.1. Вычислительные эксперименты по изучению влияния степени концентрации по отдельным скважинам на минерализацию подземных вод Китабо-Шахрисабзского месторождения

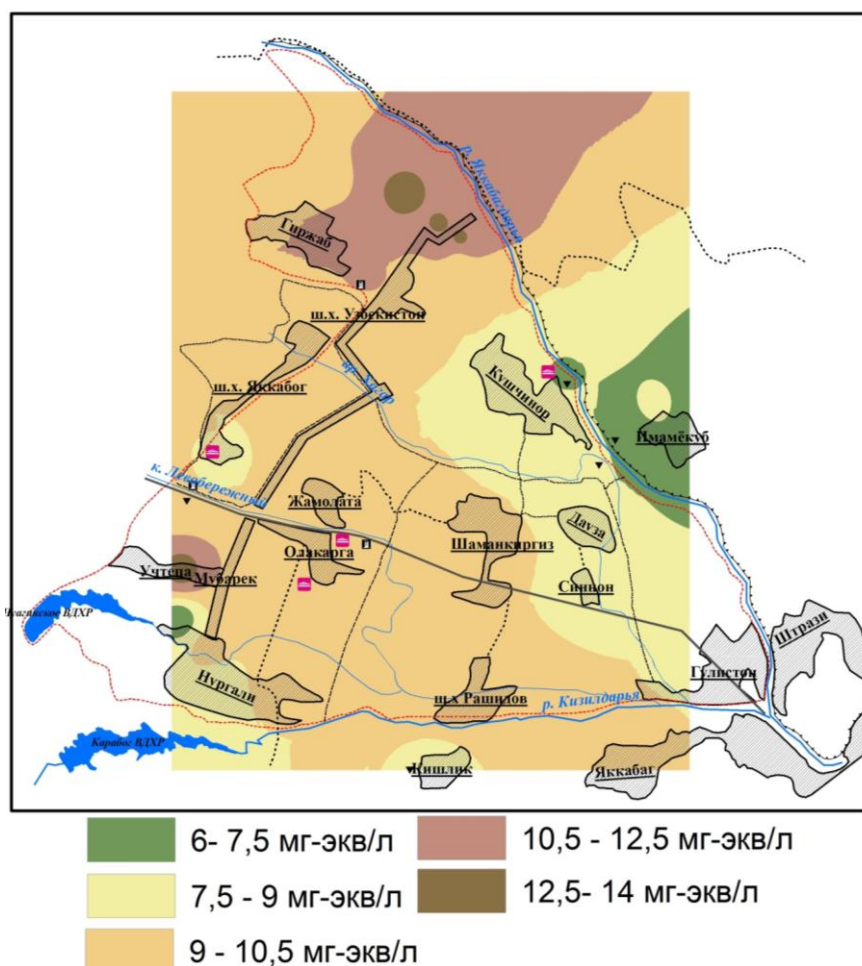


Рис.3.2. Вычислительные эксперименты по изучению влияния изменений
Общая жесткость подземных вод Китабо-Шахрисабзского месторождения

Решение задач, поставленных в настоящем исследовании, требует использование не только чисто гидрогеологических данных, но и других, не менее важных, а именно: геологических, геофизических, гидродинамических.

Картографирование этих данных производилось с учетом их конкретных особенностей. Применявшиеся для этого методы, позволили создать необходимое число пространственных моделей, как растровых, так и векторных. Эти макеты информационных документов путем их дальнейшего анализа и интегрирования позволили получить такие картографические документы, которые и составили необходимую основу решения конкретных гидрогеологических задач на территории Китабо-Шахрисабзского месторождения подземных вод.

3.2. Интеграция ГИС технологии для нечетко-детерминированного моделирования условия функционирования водозабора ВУ-1

Проблема питьевого водоснабжения в экологически напряженных территориях остается весьма актуальным вопросом. Ухудшение качества вод поверхностного стока отрицательно сказалось на устойчивости линз пресных подземных вод.

Математическое моделирование и вычислительный эксперимент (ВЭ) являются одними из важных способов получения новой информации об исследуемых гидрогеологических объектах (ГГО). Однако, для большинства ГГО характерными являются усиления влияния на них техногенных факторов, которые являются причинами недостоверности данных, результатов измерения параметров среды и т.п. Неопределенностью, неясностью, недетерминированностью, непредсказуемостью поведения характеристик ГГО и их параметров объясняется необходимость интеграции решения задач моделирования и принятия решений в рамках единой вычислительной системе. В этой связи рассматриваются аспекты применения геоинформационного подхода в процессы нечетко-детерминированного моделирования условий функционирования ВУ-1 ВПВ.



Рис.3.3. Технологическая схема водозабора ВУ-1

Нечетко-детерминированная модель ВУ-1. Математическое моделирование геофильтрационных процессов для гидрогеологических объектов природно-техногенного характера осуществляется на базе нечетко-детерминированной модели геофильтрации, которая для однослойного строения водоносного горизонта имеет следующий вид[1,2,3]:

$$\mu \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\tilde{k} h \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\tilde{k} h \frac{\partial h}{\partial y} \right) + f - w \quad (1)$$

$$h(x, y, 0) = \tilde{h}_0(x, y), \quad (x, y) \in D \quad (2)$$

$$\alpha h(x, y, t) + \beta \left(\tilde{k} h \frac{\partial h}{\partial n} \right) \Big|_{(x, y) \in \Gamma} = \tilde{\gamma}(x, y, t) \quad (3)$$

$$\alpha^2 + \beta^2 > 0, \quad t > 0$$

Здесь μ - коэффициент водоотдачи (недостатка насыщения); $h(x, y, t)$, $f(x, y, t)$, $w(x, y, t)$ - функции уровней грунтовых вод(ГВ), инфильтрации, испарения с поверхности уровня грунтовых вод(УГВ).

D - область фильтрации(ОФ); Γ – граница ОФ; n – нормаль к границе ОФ.

$\tilde{h}_0(x, y)$, $\tilde{k}(x, y)$, $\tilde{\gamma}(x, y, t)$ - заданные нечеткие фильтрации.

НДМ (1) – (3) реализуется на базе ЛОС А.А. Самарского, суть которого заключается в редукции многомерной задачи к последовательному решению серии одномерных задач по следующей схеме:

$$\mu_{(\alpha)} \frac{\partial h_{\alpha}}{\partial \tau} = L_{\alpha} h_{\alpha} + q_{(\alpha)} \quad (4)$$

$$\tau_k \leq \tau \leq \tau_{k+1}, \alpha = 1, 2; q_1 + q_2 = q$$

$$L_1 h_{(1)} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\tilde{K}(h - \tilde{b}) \frac{\partial h}{\partial x} \right) \quad (5)$$

$$L_2 h_{(2)} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\tilde{K}(h - \tilde{b}) \frac{\partial h}{\partial x} \right)$$

с начальными условиями:

$$h_{(1)} = h(x, y, k\tau);$$

$$h_{(2)} = h_{(1)}(x, y, (k + 1)\tau);$$

и естественными граничным условиям

Введем в сетке (6) разностный оператор Λ_α приближенно заменяющий оператор L_α , т.е. $L_\alpha \sim \Lambda_\alpha$ и переходим к системам конечноразностных уравнений вида:

$$\mu_\alpha \frac{h_{(\alpha)k+1} - h_{(\alpha)k}}{\tau} = \Lambda_\alpha [\sigma_\alpha h_{(\alpha)k+1} + (1 - \sigma_\alpha) h_{(\alpha)k}] + \tilde{q}_\alpha \quad (6)$$

где σ_α – вес разностной схемы;

$$\tilde{q}_\alpha \sim q_\alpha.$$

Предметная область отображаемая с помощью различных форм представления информации называется информационной моделью [1,2,5].

Основная цель проектирования информационной модели предметной области- установление взаимосвязи между гидрогеологическим объектом и её численной моделью, а так же организация вычислительных экспериментов с целью распараллеливания вычислительного процесса и обеспечения возможности учета различных граничных условий в процессе численного моделирования.

Процесс построения информационной модели область фильтрации(ОФ) осуществляется в следующей последовательности:

$$\text{ПО} \rightarrow \text{КМ} \rightarrow \text{ИМОФ} \rightarrow \text{НИМПФ} \rightarrow \text{ПММ}$$

Здесь приняты следующие обозначения:

ПО – предметная область, гидрогеологический объект.

КМ – концептуальная модель – база знаний, отображающая знания специалиста о гидрогеологическом объекте, её взаимосвязях, основных процессах, факторах представленных в виде графиков, таблиц, графов и т.д.

ИМОФ – информационная модель области фильтрации для организации вычислительного процесса.

НИМ ПФ – нечеткая информационная модель процесса фильтрации.

ПММ – производственная модель объекта.

На первом этапе ОФ заменяется сеточной областью, далее для каждой точки сеточной области готовится информация в виде пятизначного числа целого типа $i_1 i_2 i_3 i_4 i_5$, разряды которой несут следующую информацию: i_1 - информация о границах, при этом $i_1=0$ внутренняя граница, $i_1=1,2,3$ - границы 1,2 и 3-го типов, готовятся при $i_1>0$; $i_2 i_3$ – информация о питании подземной гидросферы (инфильтрация из каналов, рек), готовится при $i_2 i_3>0$; $i_4 i_5$ - информация о расходных статьях потока (эксплуатационные скважины, дренажные системы, вклинивания и др.). Вся информация, подготовленная таким образом формируется в виде двумерного массива целого типа INF2.

Особый интерес с точки зрения организации выбора стратегии решения и реализации конкретных технологических схем представляют собой алгоритмы ИМОФ и НИМ ПФ. Алгоритм организации выбора стратегии решения в процессе численного моделирования представляется так:

1. Начало;
2. Ввод n, m – количество строк и столбцов;
3. Цикл по $j = \overline{1, n}$;
4. Цикл по $i = \overline{1, m}$;
5. Ввод значений $\text{inf } 2[c, j]$; { $\text{inf } 2[c, j]$ -информационный массив для всех узлов сеточной области}
6. $\text{inf } [i] = \text{inf } 2[i, j]$;
7. Процедура сортировки: $\text{in}=0; \text{in}_1=0; \text{in}_2=0$;
8. $\text{in} = \text{inf } [i]$;

9. Если $in < 10000$ то перейти к пункту 10, иначе $in = in - 10000$, $in_1 = in_1 + 1$; перейти к п.9;

10. Если $in < 100$, то перейти к пункту 12;

11. $in = in - 100$; $in_2 + 1$ перейти к пункту 10;

12. $in_3 = inf [i]$.

Построение НИМ ПФ предназначена для нечеткого представления процесса фильтрации и параметров среды. При этом для каждой точки сеточной области ставится в соответствие семизначное число целого типа - $i_1 i_2 i_3 i_4 i_5 i_6 i_7$, разряды которой несут следующую информацию:

i_1 – номер зоны неоднородности;

$i_2 i_3$ – вид ФП (треугольный, трапецеидальный);

$i_4 i_5$ – общее количество термов;

$i_6 i_7$ – номер терма;

НИМ ПФ формируется на основе следующего принципа:

– область фильтрации разделяется на зоны неоднородности с выделением переходных зон;

– для каждой точки области фильтрации на основе экспертной информации проектируется ФП параметров среды;

– для каждой точки ОФ определяют нечеткие значения коэффициентов фильтрации.

Алгоритм сортировки НИМ ПФ:

1. Ввод значений n – число столбцов и m – число строк сеточной области ℓ_1 - общее количество зон неоднородности.

2. Ввод значений границ коэффициентов фильтрации по зонам: $tl[i]$, $tr[i]$, $i = \overline{1, \ell_1}$; tl , tr – массивы левых и правых значений коэффициента фильтрации.

3. Ввод значений массива НИМ ПФ – $\text{inf } 2t [i,j]: [(i = \overline{1,n}), (j = \overline{1,m})]$.

4. $\text{in}11 = 0; \text{in}12 = 0; \text{in}13 = 0; \text{in}14 = 0;$

Цикл:

$i = 1, n$ – внешний;

$j = 1, m$ – внутренний;

$\text{in} = \text{inf } 2t [i,j];$

5. Обращение к процедуре сортировки:

$\text{sort} (\text{in}, \text{in}11, \text{in}12, \text{in}13, \text{in}14)$

6. Если $\text{in}11 \geq 1$ то определяются соответствующие: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 зоны.

В зависимости от значения индикатора $\text{in}11$ печатаются вербальные значения параметра типа НС (1), М(3) и т.д., означающие принадлежность параметра определенной зоне.

7. Вычисляются нечеткие оценки значений коэффициентов фильтрации по всем точкам сеточной области в треугольной или трапецеидальной формах.

Предложенные алгоритмы формирования информационной модели обеспечивают взаимосвязь между моделью объекта и процесса геофильтрации, представляемого в виде системы двумерных нелинейных дифференциальных уравнений фильтрации и переноса солей и позволяют организовать вычислительных экспериментов (ВЭ)[3], по обоснованию моделей объекта и изучаемых процессов с учетом различных параметров и факторов.

Нечетко-детерминированная модель (1)-(3) при конкретных данных, определяемых природной обстановкой реализуется на основе применения конечно-разностного метода [3,5,6].

На основе изображения ГГО ВУ-1 строится информационная модель, обеспечивающая взаимосвязь между ГГО и её НДМ. При этом, структура ГИС модели ВУ-1 включает топологические элементы точечного (скважины, наблюдательные, водозаборы), линейного (ирригационный и инфильтрационный каналы), полигонального (охраняемая зона, зона восстановления) характера. Далее, формируется база ГИС данных, отражающая информационные взаимоотношения между топологическими элементами ГИС модели ВУ-1 (Рис.3.4.).

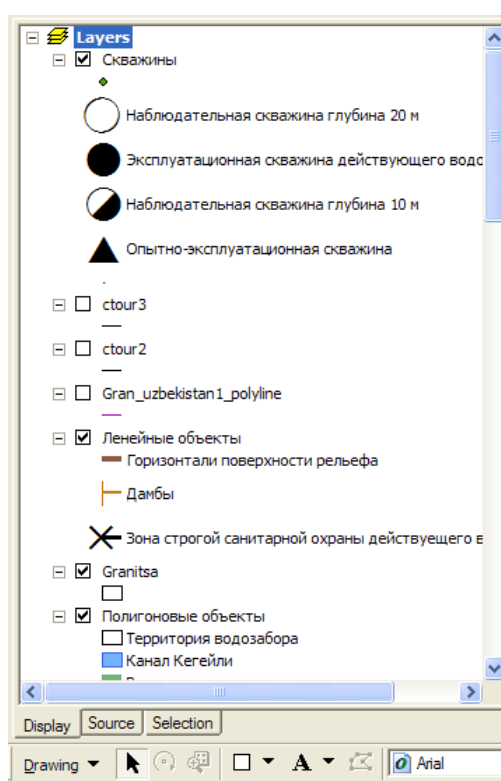


Рис.3.4. Слои ГИС модели ВУ-1

На основе БД строится информационная технологическая модель ВУ-1 (Рис.3.3,3.4)

Далее, решаются серия идентификационных задач по определению параметров водоносного горизонта, начальных и граничных условий на основе нечетко-детерминированной модели геофильтрации. Для этого,

водоносной горизонт в плане делится на несколько неоднородных зон, которая заменяется на сеточную область для каждого узла сеточной области ставится в соответствии целое число $i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6, i_7$, разряды которых несут следующую информацию:

Информационные модели ИМ ВПВ и ИМ ПФ обеспечивают взаимосвязь между моделью объекта и процессом геофильтрации, представляемого в виде системы нечетко-детерминированных двумерных (квазитрехмерных) нелинейных дифференциальных уравнений фильтрации и позволяют организовать вычислительные эксперименты (ВЭ) по обоснованию моделей объекта, изучаемых процессов, принимаемых решений с учетом различных параметров и факторов. Данный программный комплекс ориентирован для исследования гидрогеологических объектов как локального, так и регионального масштаба с использованием данных разного характера:

- данные численного характера (значения уровней грунтовых вод, параметров водоносных горизонтов, расходы скважин и т.д.);
- данные лингвистического характера (опыт, знания, мнения экспертов (гидрогеологов, гидрологов, ирригаторов, мелиораторов и т.д. имеющих достаточный опыт работы с рассматриваемым ГГО));
- данные получаемые посредством цифровой обработки изображений ГГО.

3.3. Проведение вычислительных экспериментов на основе нечетко-детерминированной модели и визуализация результатов вычислительных экспериментов

Проведение ВЭ по оценки различных параметров и факторов на состояние геодземной гидросферы ВУ-1 осуществляется нечетко-детерминированным способом на ГИС основе:

- Сперва на базе НДМ геофильтрации проводится эксперименты по определению начальных и граничных условий, нечеткого распределения геофильтрационных параметров на ГИС основе, которых визуализируются с помощью Surfer
- На основе ГИС модели ВУ-1 проводятся эксперименты по оценке влияния режимобразующих и техногенных факторов на основную водоносную горизонт, результаты которых визуализируются в среде Arc Map
- На основе сопоставления результатов ВЭ полученные по НДМ и на ГИС основе, принимаются решения по выбору и обоснованию режимов формирования и эксплуатации ВУ-1.

Инструкция по применению нечетко-детерминированное моделирования геофильтрационных процессов в однослойных пластах

Подготовка данных:

- I. 1. N- количество строк сеточный области;
 2. M- количество столбцов сеточной области;
 3. N1-расходы скважины;
 4. N2- инфильтрации;
 5. N3- приток (скважины);
 6. PН- признак неоднородности, если PН=0 то ОФ однородная PН=1 ОФ неоднородная;
 7. nрh- количество зон неоднородности для вычисления нечетких значений $K(x,y)$ для различных зон.
- II. 1. НО, ТО- характерная значения функции $H(x,y)$, $E(x,y)$;

DX-шаг сетки;
DT- шаг по времени;
TK- конечная время расчета;
VN- коэффициент водоотдачи;
EPS- точность;

III. Вывод значение массивов:

1. Информационная массив технологический схемы;
2. Информационная массив для определения нечетких знаний коэффициента фильтрации;
3. Массив значений уровней грунтовых вод(УГВ);
4. Границы коэффициентов фильтрации;

НДМ ВУ-1 осуществляется на основе информационной модели подземных гидросферы представленной на рис.1. ОФ заменена на сеточную область с 19 строками и 18 столбцами, с шагом 100 м.

В следующем порядке:

1. Структура НДМ ВУ-1 на ГИС основе.
2. Построение информационно-технологической модели ВПВ (Рис.3.5).
3. Построение информационной модели для определения коэффициентов фильтрации на нечетко-детерминированной основе (Рис.3.6).
4. Идентификация коэффициентов фильтрации на основе решения обратной задачи, используя результаты 2.

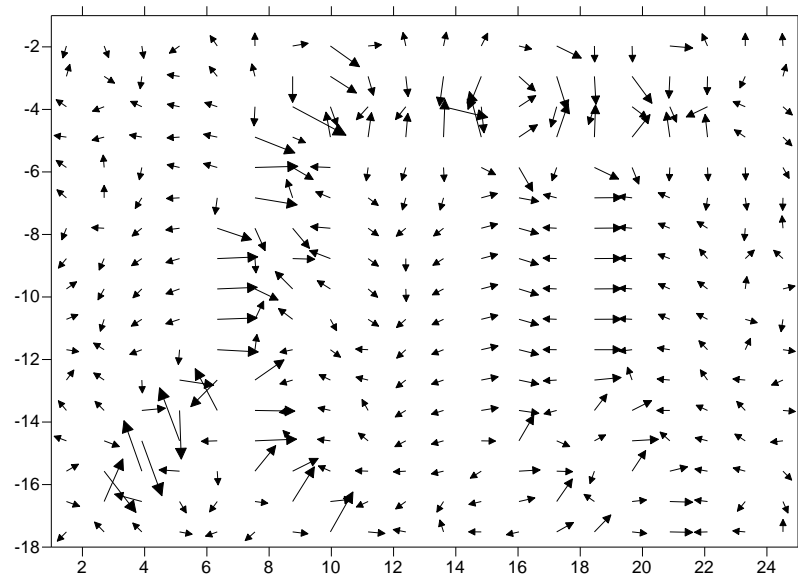
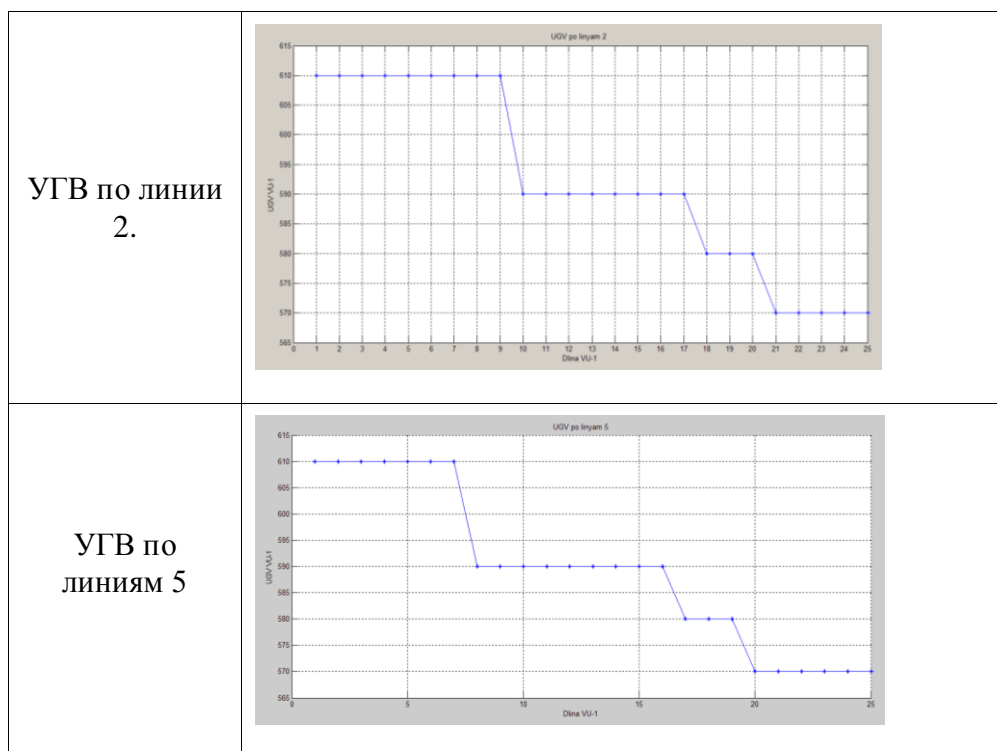
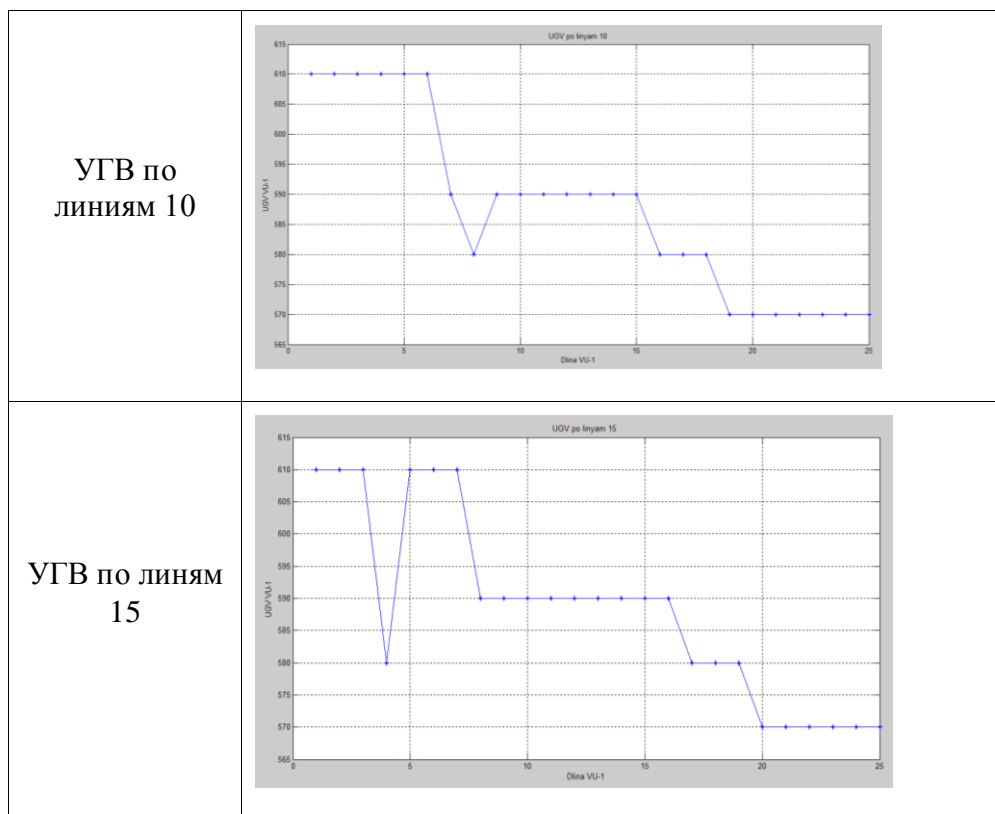


Рис.3.8. Результаты ВЭ в плане

Вычислительные эксперименты по изучению влияния изменения минерализация поверхностных вод на гидрохимический режим подземных вод.





3.9. Визуализация результатов вычислительных экспериментов

Выводы к главе III

В данной главе предлагается структура модели проведения вычислительного эксперимента (ВЭ) на базе ГИС КШМПВ.

Результаты ВЭ интегрирования для НДМ ВУ-1 нечетко-детерминированного моделирования геофильтрационных процессов в однослойных пластах, информационно-технологического моделирования ВУ-1, обеспечивающего взаимосвязь между объектом (ВУ-1) и её нечетко-детерминированной моделью.

Алгоритмы формирования информационно-технологической модели ВУ-1 информационной модели процесса фильтрации в неоднородной в плане ОФ позволяют организовать взаимосвязь между ВУ-1 и нечетко-детерминированной моделью ОФ, организовать ВЭ с целью обоснования различных параметров и граничных условий.

На основе совместного применения нечетко-детерминированного подхода на ГИС основе разработана НДМ ВУ-1 и на её основе проведены ВЭ по оценки различных параметров и факторов на состояние геодземной гидросферы ВУ-1.

Для установление взаимосвязи между гидрогеологическим объектом и её численной моделью, а так же для организации вычислительных экспериментов с целью распараллеливания вычислительного процесса и обеспечения возможности учета различных граничных условий в процессе численного моделирования разработана информационная модель области фильтрации.

Заключение

В результате выполнения диссертационной работы получены следующие результаты:

В первой главе работы были представлены принципы интеграции ГИС технологий для комплексного исследования условий формирования и эксплуатации КШМПВ. Приведена краткая история развития ГИС технологий и их применения в гидрогеологической практике. Далее приведена краткая характеристика гидрогеологических (тип и режим

подземных вод, фильтрационные характеристики подземной гидросферы, режим уровня и степень минерализации подземных вод и др.) и гидрологических характеристик (каналы, реки, их расходы, параметры и т.п.) КШМПВ.

Поскольку данные режимных наблюдений в основном не отвечают принципам достоверности и полноты информации, проведены серия вычислительных экспериментов (ВЭ) с применением пакета математической обработки Matlab 7.6. Основная цель ВЭ аппроксимация данных режимных наблюдений полиномами, а также с применением пакета нейро-нечеткого моделирования Anfis.

Анализ результатов ВЭ дают основания утверждать о перспективности методов полиномиальной и нейро-нечеткой аппроксимации в плане экономии сжатия информации.

Во второй главе работы на основе векторная и растровая моделей данных в географических информационных систем была создана модель базы геоданных Китабо-Шахрисабзского месторождения подземных вод. Определены топологические элементы ГИС модели КШМПВ и структура геоданных для реализации ГИС модели. Представлена таблица атрибутивных данных, которые имеют большое значение выбора и обоснования принимаемых решений (характеристики топологических элементов ГИС модели).

Предлагаются тематические слои по ГИС КШМПВ и способы их реализации. Предлагается схема функционирования ГИС КШМПВ с учетом приведенных тематических слоев и геобазы данных.

В третьей главе данной работы предлагается структура модели проведение вычислительного эксперимента (ВЭ) на базе ГИС КШМПВ.

Результаты ВЭ интегрирования для НДМ ВУ-1 нечетко-детерминированного моделирования геофильтрационных процессов в

однослойных пластах, информационно-технологического моделирования ВУ-1, обеспечивающего взаимосвязь между объектом (ВУ-1) и её нечетко-детерминированной моделью.

Алгоритмы формирования информационно-технологической модели ВУ-1 информационной модели процесса фильтрации в неоднородной в плане ОФ позволяют организовать взаимосвязь между ВУ-1 и нечетко-детерминированной моделью ОФ, организовать ВЭ с целью обоснования различных параметров и граничных условий.

На основе совместного применения нечетко-детерминированного подхода на ГИС основе разработана НДМ ВУ-1 и на её основе проведены ВЭ по оценки различных параметров и факторов на состояние геодземной гидросферы ВУ-1.

Для установление взаимосвязи между гидрогеологическим объектом и её численной моделью, а так же для организации вычислительных экспериментов с целью распараллеливания вычислительного процесса и обеспечения возможности учета различных граничных условий в процессе численного моделирования разработана информационная модель области фильтрации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

Нормативно – правовые документы:

1. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан "Об утверждении положения о Министерстве по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан" (Собрание законодательства Республики Узбекистан, 2015 г., №15, ст. 178)"
2. Выступление Президента Республики Узбекистан Ислама Каримова на открытии международной конференции "Подготовка образованного и интеллектуального развитого поколения – как важнейшее условие устойчивого развития и модернизации страны" 2012 г. 17 февраля.
3. Постановление Президента Республики Узбекистан "О мерах по дальнейшему развитию Национальной информационно-коммуникационной системы Республики Узбекистан" от 27.06.2013г. № ПП-1989.

Учебники и учебные пособия:

4. Гавич И.К. Методы охраны подземных вод от загрязнения и истощения. – М.: Недра, 1985. – 320 с.
5. Гольдберг В.М. Методические рекомендации по гидрогеологическим исследованиям и прогнозам для контроля за охраной подземных вод. - М.: ВСЕГИНГЕО, 1980. - 86 с.

Периодические издания, сборники и отчеты:

6. Акрамов А.А. Технология искусственного восполнения подземных вод на водозаборах Приаралья. – Ташкент: ГГП «Узбекгидрогеология», 1977.–165 с.

7. Габидуллина А.Н., Мазуров П.А., Румянцев В.А. Об определении параметров водоносных горизонтов в условиях упругого режима с оптимальной расстановкой наблюдательных и откачивающей скважины // Современные проблемы гидрогеологии: Материалы научно-методической конференции Санкт-Петербург, 1996 .- С.95-98.
8. Джуманов Ж.Х. Использование геоинформационной технологии в визуализации пространственных данных// Тезисы докл. Респ. НТК «Проблемные вопросы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и пути их решения ». Ташкент,2012.- С.55-58.
9. Калинин В.Г., Пьянкова С.В. Применение геоинформационных технологий в гидрогеологических исследованиях// Пермь. Алекс-Пресс. 2011. 217с.
10. Компьютерная географическая информационная система Чирчикского месторождения подземных вод / Мавлонов А.А., Джуманов Ж.Х., Казбеков Ж.Х., Грачева И.Н., Чертков Ю.Т.// Геология и минеральные ресурсы. – Ташкент,2003. - № 3.- С. 28-34.
11. Мавлянов Н.Г., Хамитов Г.Х., Хамитов Т.Г. О возможности улучшения качества подземных вод в среднем течении р. Кашкадарьи (от Чимкурганского водохранилища до г. Карши) // Загрязнение пресных вод аридной зоны: оценка и уменьшение. Материалы Международного симпозиума.(20-22 сентября 2004 г). Ташкент 2004- С.89-92.
12. Перспективы развития методологии моделирования гидрогеологических систем на базе современных информационных технологий: Геология и минеральные ресурсы // Умаров У.У., Джуманов Ж.Х., Хабибуллаев И.Х., Грачева И.Н., Усманов Р.Н. – Ташкент, 2006. №2. –С. 52-55 .

13. Сергеев В.В., Пономарев В.Н. Гидрогеологическое обоснование охраны грунтовых вод речных долин. - Ташент: Фан, 1991 – 144 с.
14. Усманов Р.Н. К вопросу численного моделирования процессов формирования и эксплуатации водозаборов подземных вод в условиях нечеткой информации // Вестник Таш ГТУ. – Ташкент, 2006 - №2.– С.3-6.
15. Усманов Р.Н. Математическое моделирование взаимосвязи гидрохимических режимов грунтового и напорного водоносных горизонтов, // Узб. журнал «Проблемы информатики и энергетики» - Ташкент, 2006. №6. –С.40-44.
16. Усманов Р. Н. Нечеткое моделирование технологических процессов водозабора в системах искусственного восполнения подземных вод// Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2007. - № 1 .-С. 63-69.
17. Усманов Р.Н., Сейтназаров К.К. К вопросу обоснования технологии распреснения аномалий высокоминерализованных подземных вод на базе нечетко детерминированного подхода // ТУИТ «Вестник» 2012,(в печати).
18. Abutaliev F.B., Usmanov R.N.Integration of fuzzy set approach in process of hydro-geological systems modeling.World Confererence on Intelligent Systems For Industrial Automation .Tashkent ,Uzbekistan , November 21-22, 2006. - P.53-55.
19. Калинин В.Г., Пьянков С.В. - Применение геоинформационных технологий в гидрологических исследованиях // Пермь. Алекс-Пресс. 2011.
20. Self-organizing groundwater vulnerability maps / M. Mujica, G. Espinosa, J. Grifoll, F. Giralt , 5th European Congress on regional geoscientific

cartography and information systems: Earth and water, June 13th-16th 2006, Barcelona, Catalonia, Spain. - Barcelona, 2006.

21. Геоинформационная система для управления водными ресурсами на территориальном уровне:(на прим.Респ.Башкортостан) / С. В. Павлов, С. А. Абрамов, Р. А. Шкундина, О. И. Христовуло, Геоинформатика. - 2008.
22. Мирошниченко С.А. - Использование геоинформационной системы для обеспечения решения задач в области охраны поверхностных вод на территории разработки нефтяных месторождений / С. А. Мирошниченко, Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. - М., 2007.
23. Савенкова Г.Б. - Создание автоматизированной системы мониторинга подземных вод на территории Санкт-Петербурга / Г. Б. Савенкова, Н. Б. Филиппов, Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. - Сыктывкар, 2009.
24. Отениязов Р.Н., Хамитов М-А.Г., Хабирова Д.Н. Моделирование изменений уровней грунтовых вод Китабо-Шахрисабзского месторождения подземных вод на нейро-нечеткой основе 2(34)/2015
25. Сеитназаров К.К., Хабирова Д.Н. Хамитов М-А.Г. Нечетко-детерминированное моделирование условий функционирования водозабора ВУ-1 на ГИС основе.

Интернет сайты:

26. <http://ru.wikipedia.org> (Свободная энциклопедия).
27. <http://matlab.ru> (Официальный дистрибьютор MathWorks на территории России и СНГ).
28. <http://resources.arcgis.com/> (Учебное пособие по ArcGIS)
29. <http://hydroengeo.uz/> (Сайт института "ГИДРОИНГЕО")

