

На правах рукописи

Гарби Бенюсеф

**Адаптация методов ГИС-технологий для решения геолого-
гидрогеологических задач на территории равнины Хемис Милиана в
Алжире**

**Специальность 25.00.07-Гидрогеология
Специальность 25.00.35-Геоинформатика**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук**

Москва-2011

Работа выполнена на кафедре информатики и геоинформационных систем Российского государственного геологоразведочного университета им.Серго Орджоникидзе (РГГРУ)

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук, профессор
Пахомов Владимир Иванович (РГГРУ)

Научный консультант: доктор геолого-минералогических наук, профессор
Лисенков Александр Борисович (РГГРУ)

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, профессор
Баранов Юрий Борисович (ВНИИГАЗ)

кандидат геолого-минералогических наук
Голубев Серафим Михайлович
(ОАО «Зарубежгеология»)

Ведущая организация : Всероссийский научно-исследовательский институт геологических, геофизических и геохимических систем (ВНИИгеосистем)

Защита состоится «31» марта 2011 г в 15:⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.121.01 при Российском государственном геологоразведочном университете им.Серго Орджоникидзе по адресу :117997,г.Москва,ул.Миклухо-Маклая,д.23,РГГРУ,аудетория 5-49

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного геологоразведочного университета им. Серго Орджоникидзе.

Автореферат разослан «___» февраля 2011г._

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу : 117997,г.Москва,ул.Миклухо-Маклая,д.23,РГГРУ, ученому секретарю диссертационного совета О.Е.Вязковой.

факс:(095)433-62-56,

E-mail:hydrogeo@msgpa.ru

Ученый секретарь диссертационного совета,
Кандидат геолого-минералогических наук, доцент



О.Е.Вязкова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Большая часть территории Алжира расположена в аридной зоне, в условиях дефицита поверхностных водных источников. Проблема потребности сельского хозяйства в воде и снабжения населения качественной питьевой водой во многих регионах стоит особенно остро. Одним из путей ее решения является более широкое использование подземных вод. В процессе их изучения, поиска, оценки, а также решения ряда других прикладных задач используются методы ГИС-Технологий моделирования. Важнейшим этапом моделирования является создание ГИС-модели и ее применения, т.е обоснование адекватности модели природным условиям. Для этого на ГИС-модели решается серия гидрогеологических задач. Это достаточно трудоемкая процедура, требующая больших затрат времени. В связи с этим исследования, и на основе использования и применения, современных моделей-ГИС-технологий для изучения геолого-гидрогеологических условий и идентификация водоносных горизонтов на территории одного из аграрных регионов республики Алжир – равнины Хемис Милиана являются весьма актуальными.

Цель и задачи исследований. -Разработать методику, адаптированную к территории Хемис Милиана в Алжире, позволяющую использовать ГИС-технологий в геолого-гидрогеологических исследованиях. В работе поставлены следующие задачи:

- изучение природных условий исследуемого района (климат, рельеф и гидрография), с помощью ГИС-технологий;
- изучение и анализ геологических и гидрогеологических условий исследуемого района (характеристика водоносных горизонтов, гидрогеологических структур и качества подземных вод) с использованием геоинформационных систем и трехмерного подхода;
- разработка трехмерной геолого-гидрогеологической модели и ее применение к оценке ресурсов подземных вод на территории равнины Хемис Милиана и в идентификации формы и размеров водоносных горизонтов (визуализация водоносных горизонтов в различных направлениях, проведение расчетов мощности и глубины залегания водоносного горизонта, и построение новых разрезов для территории исследований);
- оценка качества и картографирования чувствительности и уязвимости подземных вод равнины Хемис Милиана к загрязнению с помощью геоинформационного подхода.

Используемые материалы. Исходным гидрогеологическим материалом послужили:

- Геологические, гидрогеологические и гидрогеохимические исследования.
- Геофизические данные, содержащиеся в фондовых отчетах, выполненных при гидрогеологических исследованиях французской компанией «С.G.G».

- Научные материалы, собранные автором в процессе работы в лаборатории гидрогеологии и гидрогеохимии ANRH-DHW (Департамента водных ресурсов Алжира), данные режимных гидрогеохимических и гидродинамических наблюдений, выполненных при ANRH.

Методы исследования. Для решения поставленных задач в работе используются методы картографического анализа и цифровые методы картографирования (оцифровки важнейших тематических карт (рельеф, уровненные поверхности подземных вод и др.), методы обработки, анализа и визуализации информации, Геостатистические методы интерполяции (методы геоинформационного моделирования), Для построения и анализа, трехмерных геолого-гидрогеологических моделей были использованы программные комплексы: RockWorks15, ArcGis.9.3 Desktop, MapInfo 9, методы проектирования и разработки БД. Использовался модельно-картографический метод построения карт защищенности и уязвимости подземных вод к загрязнению, результаты геологических, геофизических и гидрогеологических исследований, объединенные с помощью электронных баз данных локальных объектов с пространственной информацией гидрогеологического содержания.

Научная новизна работы:

1. Впервые проведен морфометрический анализ рельефа всей территории равнины Хемис Милиана средствами ГИС-технологий с использованием следующих показателей: абсолютной высоты, угла наклона, плановой и профильной кривизны. Все эти показатели рассчитаны с помощью электронных тематических морфометрических карт (ЦМР-цифровой модели рельефа).
2. Впервые систематизирован опыт применения геоинформационных систем в гидрологии и выполнен полный цикл исследований с помощью ГИС-технологии в гидрологических целях, начиная от составления баз цифровых данных и определения морфометрических характеристик речных равнины.
3. Впервые применен геостатистический анализ исходных тематических данных в целях их использования для построения цифровых карт пространственного распределения гидрометеорологических, гидрогеологических и гидрогеохимических характеристик.
4. Подготовлены цифровые карты режима подземных вод на территории равнины с помощью ГИС-технологий, в целях определения их гидродинамических характеристик.
5. Построена трехмерная геолого-гидрогеологическая модель на территории равнины с целью ее использования в идентификации, визуализации и количественно оценены естественные ресурсы подземных вод.
6. Построены основные карты загрязнения подземных вод для исследуемой территории и установлены очаги загрязнения подземных вод.

На защиту выносятся следующие положения:

1. *В условиях дефицита исходной информации использование современных ГИС-технологий позволяет существенно расширить возможности анализа гидрогеологических особенностей территории равнины Хемис Милиана;*
2. *Современная ГИС построенная на основе RockWorks, ArcGIS и баз геоданных является основой для построенная пространственной геолого-гидрогеологической модели равнины Хемис Милиана;*
3. *Гидрогеологическая информация, полученная на основе пространственной геолого-гидрогеологической ГИС-модели является основой для решения ряда прикладных геолого-гидрогеологических задач на территории равнины Хемис Милиана.*

Практическая значимость работы. Результаты, полученные в данной работе, могут быть применены в различных областях, для: решения гидрогеологических многочисленных задач, обоснования геолого-гидрогеологической базы данных для будущих исследований, рационального выбора безопасных мест для размещения водозаборных сооружений,

Апробация результатов исследований. Основные результаты диссертационной работы доложены на IX Международной конференции «Новые идеи и науки о земле» (Москва, 2009) и на V [международной](#) научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле» (Москва, 2010), и опубликованы в статье «Изв. Вузов. Геология и разведка. М.: 2009, № 2».

Структура и объем работы. Диссертационная работа включает: введение, пять глав, заключение, список использованных источников, состоящий из 167 наименований, 4 приложения. Общий объем диссертации составляет 190 страниц машинописного текста. Работа содержит 87 рисунков и 28 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дается общая характеристика работы, определяется цель и задачи исследования, обосновывается актуальность темы исследования, научная новизна и практическая ценность полученных результатов, формулируются основные защищаемые положения.

Глава 1. Обзор применения ГИС-технологий в гидрогеологических исследованиях

Геоинформационные системы (ГИС-технологий) с каждым годом приобретают все более важное значение для изучения и прогноза изменения геолого-гидрогеологических условий. Это объясняется простотой использования данных технологий и нарастающей многофункциональностью создаваемых систем.

Геоинформационные системы, получили в последнее время широкое распространение в практике гидрогеологических исследований. Они находят активное применение и в решении разнообразных задач, связанных с оптимизацией систем

управления подземными водами и рациональным использованием природных ресурсов (подземных вод). ГИС позволяет решать значительное число задач гидрогеологии: сбор, хранение, анализ и обработка больших объемов разнородных данных ; оперативный доступ и визуализация информации; быстрая и качественная подготовка отчетных материалов. Благодаря модульной организации ГИС допускает независимую модернизацию блоков и расширение функциональности, Необходимость оперативной аналитической обработки пространственной информации мониторинга уровня грунтовых вод (УГВ) требует привлечения методов геоинформационного и геостатистического анализа данных, использования современных программных продуктов, компьютерных систем и технологий.

Спектр предлагаемого сегодня программного обеспечения ГИС в гидрогеологии очень широк. Наиболее известны программные продукты: ArcView, ArcInfo, ArcGIS (Environment System Research Institute), MapInfo (MapInfo Corp.), Rockworks ; MGE (Intergraph), GeoDraw/GeoGraph/GeoConstructor (ЦГИ ИГ РАН, Москва), Геолинк Russia , Atlas GIS (Strategic Mapping Inc.), WinGIS/WinMAP (Progis), Geocad System 3 (Geocad Ltd, Новосибирск), Sinteks/Tri (Трисофт), КАРТА 2000 (GeoSpectrum International, Москва) и др. Универсальные ГИС (ArcView, ArcGIS, ArcINFO, MapInfo и др.) позволяют выполнять как картографический анализ, так и вычисление определенных характеристик гидрогеологических параметров, вплоть до построения моделей. Для узконаправленных задач гидрологического моделирования существуют специальные программные модули, расширяющие возможности базовых пакетов. Например, модуль ArcHydro позволяет моделировать гидрологию в среде ArcGIS, а программный продукт RockworksGis предоставляет гидрогеологам процедуры для решения вопросов создания баз данных и разрезов, трехмерной визуализации и картографической моделирования водоносных горизонтов.

ГИС является инструментом для решения следующих задач гидрогеологии:

1. Ведение базы геоданных (БГД);
2. Визуализация данных; Созданная основа информационно-поисковой системы, позволит оперативно получить полную информацию о гидрогеологических условиях любой произвольно выбранной точки территории;
3. Анализ данных;
4. Построение моделей;
5. Прогноз развития ситуации;
6. Формирование управляющих решений на основе моделирования, анализа и прогноза.

В основе БГД лежит совокупность параметров, в которую входят: буровые скважины, колодцы, источники, геологическая, геофизическая и гидрогеохимическая информация. В БГД заносятся первичные материалы многолетних наблюдений (значения УГВ, дебита,

атмосферных осадков, гидродинамических параметров, температуры и показателей качества подземных вод), материалы об условиях формирования и использования подземных вод, дополнительные факторы (атмосферные осадки, температура, уровни, расходы рек и др.), обобщенные информационные и картографические материалы. Визуализация данных в ГИС отличается широтой функциональных возможностей.

При картировании в ГИС-гидрогеологии с соответствующей идентификационной и атрибутивной информацией, показателей гидрогеологических параметров и характеристик используются все преимущества электронных карт: - создание непрерывных шкал интенсивности, изменение цвета; - просмотр всей территории, не прерываясь на границах листов карты; - увеличение фрагментов и изменение масштаба; - трехмерное изображение угла обзора в «реальном времени»; - наличие нескольких слоев, которые можно подключать или отключать, накладывая друг на друга в определенном порядке; - автоматический поиск требуемой информации; - наличие функций баз данных, содержащих атрибутивную информацию о географических объектах; - средства анимации; - оперативность, гибкость и многовариантность.

Анализ гидрогеологических данных с использованием ГИС-технологий позволяет использовать процедуры наложения слоев для совместного рассмотрения, инструментарий создания сложных логических выражений для отображения информации по запросам, оверлейные операции, все основные аналитические функциональные модули ГИС.

Методика применения ГИС-технологий для оценки и рационального использования подземных вод на территории равнины Хемис Милиана

Нами предложена новая методика, основанная на новейших средствах информатики. Непосредственным объектом исследования являлся равнины Хемис Милиана, которая располагается в 120 км к юго-западу от г. Алжир и в пределах которой расположен один из наиболее мощных резервуаров подземных вод Алжира. Основу использованной нами геоинформационной системы составляют компьютерные программы, известные как MapInfo, ArcGis Desktop, Rockworks. Объединяя обширный объем разнородных данных (геологических, гидрогеологических, геофизических, гидрологических, гидрогеохимических и т.д.), объединенных определенными пространственными связями, данная ГИС-технология позволяет обращаться к этим данным, сохраняя все их связи и взаимозависимости.

Данные, полученные из разных по своей природе источников, были переведены из традиционной - в цифровую форму. Эти данные были обработаны с помощью комплекса программ, включая: M. Access, Excel, ArcGis, MapInfo, Rock Works, LOG plot и др.). 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), Arc View, Mapinfo, Rockworks,). Представление результатов осуществлялось в следующих формах: векторной, растровой, сеточной формах, а также в виде изолиний и профилей.

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

Глава 2. Физико-географические условия исследуемого района

В этой главе описаны местоположение, геоморфология, гидрография и климатические особенности исследуемого района, Целью этого раздела является, с одной стороны, определения морфоклиматических условия района, а с другой должны быть разработаны

практические аспекты применения ГИС-технологий к изучению гидрогеологических условий данного района.

С целью анализа морфологических характеристик исследуемой района, была построена цифровая модель рельефа (ЦМР) на основе высотных данных топографических карт 1:25000. Морфометрические расчеты, включающие вычисления уклонов и классификации высот, предусмотрены в ряде ArcGIS. В качестве дополнительного морфометрического показателя нами использован растровый анализ путем Spatial Analyst. см. рис. 1.

В морфологическом отношении территории представляет собой структурная равнина. согласно гистограмме распределения частот альтитуд доминантным интервалом альтитуд равнины является: 250-390 м . Самая высокая точка – 390 м на севере. Самая низкая – 250 м (Ариб) в западной части равнины. Отметки абсолютных высот равнины изменяются в пределах 250-390 м, уменьшаясь с севера на юг.

Оцифровка карт позволяет осуществить трассировку гидрографической сети на карте с точностью, достигающей до 0,5 мм, что соответствует 25 метрам на натуре. В следующей таблице 1., представлены результаты обычной статистической обработки гидрографического дерева, полученного путем статистического анализа, выполненного с применением ArcGIS. С помощью ГИС-технологий и путем программы ArcGIS нам удалось осуществить следующие результаты:

Таблица 1. Результаты обычной морфологической статистической обработки, выполненной с применением ГИС-технологий

Порядок	Отрезки		Длина (м)				
	Число	(%)	(м)	(%)			
Порядок № 1	01	0.42	59275,6788	17,94			
Порядок № 2	13	5.48	86771 ,2495	26 ,27			
Порядок № 3	223	94.09	184244.036	55,78			
Сеть	237	100	330290,9643	100			
Dd (км /км ²)	0.92						
Уэд (водоток)	Шелифф	Суффэй	Миле и Бутан	Дердер	Масин	Харреза	Желида
Длина(м)	59275.67	4305.85	30897	5171	6424	10273	5665
Направление Стока	E-W	N _{NE} -S _{SO}	E-W	S _{SO} -N _{NE}	S _{SE} -N _{NO}	S _E -N _O	E _{SE} -O _{NO}

Dd – плотность дренажа (гидрографической сети) км /км²

Все воды, стекающие по главным притокам, текут в направлении центра равнины Шелифф к его главной артерии - Уэду Шелифф, который несет все, собираемые им воды бассейна, к выходу из равнины. На своем пути Уэд Шелифф пересекает тектонический разлом между Бугари и Бугаром и, покидая плато, попадает в тель. От Бугари Амора

(Дольфус Виль) он течет по глубокому ущелью, а от Джебеля – снова по долине с востока на запад. Общее направление течения (главный водоток) с востока на запад, площадь водосборного равнины 359 км², на территории длина гидрографической сети составляет 330.29 км, густота гидрографической сети –0.92 км/км². Общее падение Уэд Шелифф – 465 м, средний уклон – 3.45%.

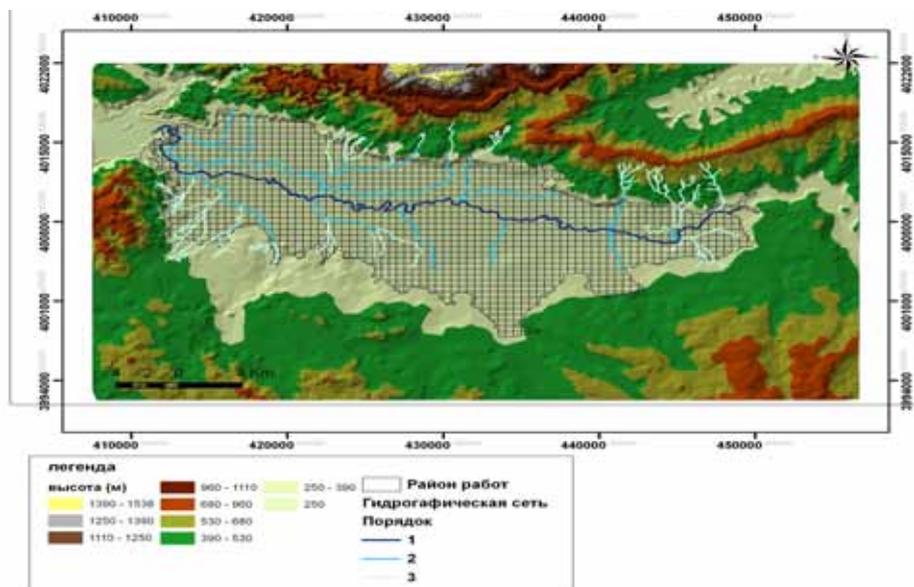


Рис. 1. Пример цифровой модели рельефа и гидрографической сети на территории равнины Хемис Милиана

Пользуясь графиком значений среднемесячных температур воздуха, измеренных в период с 1987 по 2002 г., выделить четыре сезона года:

- Осень - с сентября по ноябрь. Средняя за сезон температура составляет 22 С°;
- Зима – с декабря по февраль, со среднемесячной температурой 10,85 С°;
- Весна – с марта по май, со среднемесячной температурой 15,76 С°;
- И, наконец, жаркое лето – с июня по август со среднемесячной температурой, достигающей 27,47 С°.

Следует заключить, что район исследований относится к зоне полуаридного климата, где среднегодовая температура равно 19,01°С. Оба участка характеризуются тем, что поверхностный сток в их пределах – не постоянный. Район, характеризуется полуаридным климатом, Значение испарения составляет 92% от количества выпавших атмосферных осадков.

С целью исследования вариации пльвиометрии в изучаемом районе и ту роли, какую она играет, мы, использовали картографический подход, который позволил нам осуществить пространственное моделирование распределения атмосферных осадков. Анализ карты пространственного распределения значений осадков, на территории равнины Хемис Милиана показал, что толщина слоя выпавших осадков, рассчитанная по методу полигонов Тиссена равна 376.07 мм. Величина атмосферных осадков закономерно снижается 345 до 420 мм/г; внутригодовое распределение осадков крайне неравномерное, большая часть

выпадает с октября по апрель, максимум осадков приходится на январь-февраль, в период с мая по сентябрь осадки могут отсутствовать полностью.

Глава 3. Геологическое строение района

Район От Шелифф, к которой принадлежит район исследований, представляет собой депрессионную зону, в которой продолжают накапливаться осадки, возраст которых соответствует миоцен-плиоцен-четвертичному времени (N_1-N_2-Q). С востока на запад она пересекается уэдом Шелифф (водаток), который попадает на равнину через порог Джендель, а выходит из нее через порог Дуи. В северной части равнины доминируют хребет Джебель Гонтас (871 м), массив Заккар (1579 и 1532 м) и Арибс (Литре), который принадлежит к северному теллю. Южная часть ограничивается передовыми хребтами Уерсенис, которые принадлежат к южному теллю. Отдельные выходы домезозойских пород и нижней юры образуют горы Заккар, Дуи и Арибс представляют собой эпиметаморфический сланцевый автохтон, на котором залегает аллохтон, представляющий собой шарьяжный покров мелового возраста (К). Внедрение этого покрова произошло с северного направления в нижнем миоцене (N_1^1).

Район От Шелифф представляет собой межгорную впадину, в которой, благодаря интенсивной эрозии пород, слагающих окружающий рельеф, произошло накопление мощной толщи пород неогенового (N) и четвертичного возраста (Q). Район имеет вытянутую в широтном направлении форму, длиной 60 км и шириной порядка 25 км. Локально он представляет собой синклиорий неогенового возраста (N), залегающий на непроницаемом субстрате мелового возраста (К). Ядро этого синклиория образовано породами верхнего миоцена (N_1^3), верхняя часть которого включает несколько гравитных горизонтов, которые, по мере увеличения глубины, приобретают глинистый характер (от 1000 до 1500 м мощности). Сверху залегают отложения плиоцена и четвертичный аллювий (N_2-Q_{I-IV}).

Равнина Хемис Милиана расположена в пределах депрессии, заполненной толщей аллювиальных образований четвертичного возраста (Q_{I-IV}), образующих террасы уэда Шелифф. С севера и юга она окаймлена горными массивами Заккар, юрского возраста (J) и Восточным Дуи. Породы, слагающие равнину Хемис Милиана, представлены, главным образом глинистыми галечниковыми и аллювиальными отложениями, накопившимися в депрессии в течение миоцен – плиоцен – четвертичного времени (N_1-N_2-Q). Четвертичные отложения лежат несогласно на отложениях неогена. Равнина Хемис Милиана сформировалась окончательно в верхнем миоцене. При этом частично она была заполнена поступавшими на ее территорию осадками. Четвертичные аллювиальные отложения представляют большой интерес с гидрогеологической точки зрения благодаря наличию в них пористости.

Домезозойские массивы, сложенные прочными кристаллическими породами были опрокинуты и смещены в вертикальном направлении, образовав включения (Интра Телль) – Заккар и Дуи. Напротив, массив мелового возраста (К), благодаря своей эластичности, был смят в складки и образовал вытянутую депрессию желобообразной формы. И наконец, начиная с миоцена (N_1), благодаря гравитации и эрозии существующего рельефа, было обусловлено накопление мощной – в несколько сот метров – толщи осадков неогенового и четвертичного возраста(N-Q), образовавших синклинорий Шелиффа .

Применение ГИС-Технологии для решения геологических задач на территории равнины Хемис Милиана: Цифровая геологическая схематическая карта равнины Хемис Милиана была построена на основе двух геологических карт – районов Милианы и Дженделя путем векторизации и включает только характеристику геологического строения самой равнины и геологических образований, находящихся в непосредственном контакте с ее аллювиальными отложениям. Именно, исходя из приведенных выше соображений, был создан банк данных, который позволяет значительно обогатить геологическую карту, так как дает возможность более точно и просто локализовать и идентифицировать геологические единицы района, и все это – исходя из концепции и технологий ГИС. Исходная информация точечная, линейная и полигональная - была компилирована в цифровую форму. Доступ к всему комплексу этой информации как непосредственный, так и динамический, осуществлялся посредством специального информационного интерфейса, позволяющего комбинировать информационные слои согласно определенным требованиям и получать из них соответствующие геологические информации. ГеоБаза данных была создана на основе SGBD ArcGIS. ГеоБаза данных была создана с той целью, чтобы быть вместительным общим информационным хранилищем для каждой геологической единицы (идентификатор ID - FID°, включает имя, местоположение, занимаемую площадь, природу горной породы, фацию, к которой она принадлежит, эру, систему, подсистему, код стратиграфического цвета, изображение, дескриптор . ТЕХТ, который связывает пространственные объекты с [hyperlink](#) и [hypertext](#)). Имя геологических единиц UG, соответствует исходному описанию, содержащемуся в документальном источнике. Эти исходные описания были сохранены в геобазе данных, так как они представляют собой ценную информацию, которая в любой момент может оказаться полезной при решении вопросов, связанных с различными гидрогеологическими интерпретациями.

Анализ базы данных показывает, что в пределах равнины Хемис Милиана преобладают отложения четвертичного возраста (современный аллювий, древний аллювий и отложения конусов выноса). Пространство, которое соответствует полученной геологической карте, имеет размеры 46993.7 гектаров и включает 22 геологические единицы при средней площади каждой единицы, равной 2100 гектаров. Заметно, что геологическая

единица, соответствующая современным аллювиальным отложениям соединяется с почти 13 геологическими единицами (почти 60% степень связанности). Она же занимает и большую часть пространства равнины.

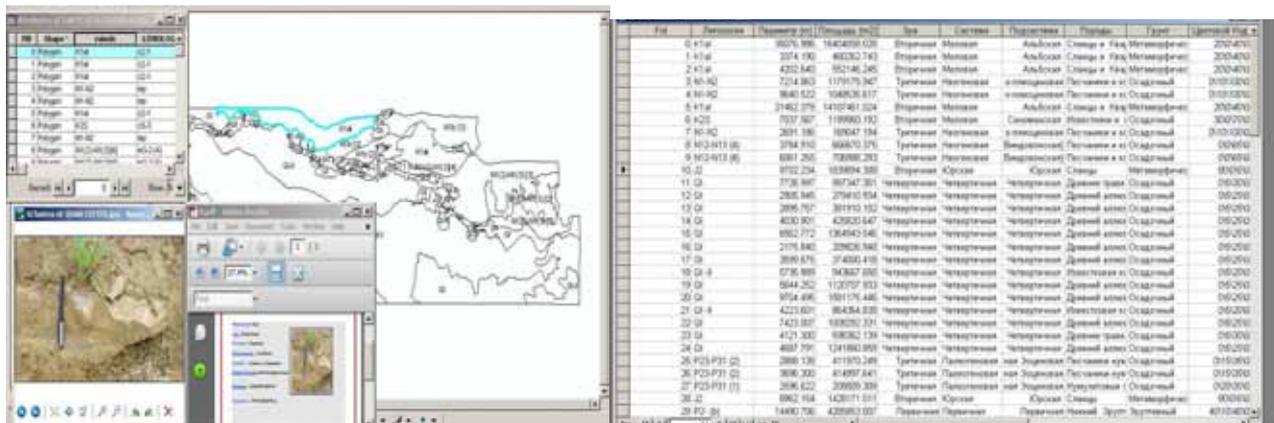


Рис. 2. Пример атрибутивных геологических базы данных

Анализ квалификация степени близости, которая определяет возможность соединения геологических единиц между собой на основе ГИС-технологий, показал, что непроницаемые границы аллювиального водоносного горизонта локализованы на северо-западе района (гельветские глины) и на северо-востоке (глинистые сланцы).

Глава 4 Гидрогеологические условия района: В гидрогеологическом строении изучаемого района сверху вниз можно выделить:

- Суглинковый чехол и глинистые аллювиальные (Q_{IV}) отложения, имеющий повсеместное распространение. Наибольшая мощность данного слоя имеет место в центральной части равнины;
- Крупнообломочные аллювиальные отложения Шелифф (Q_{I-III}), образуют основной водоносный горизонт, самого важного в данном районе. Мощность галечников иногда превышает 90 метров;
- Аллювиальные отложения узда Шелифф (N_1-N_2) - глинистые. Находятся в непосредственном контакте с глинами миоцена, имеют мощность порядка 32 метров;
- Песчанки миоценового возраста с прослоями глины и мергелей (N_1), на дневную поверхность практически не выходят;
- И, наконец, нижний Мел (K_1) – водоупорный нижнемеловой горизонт, простирающийся по всему пространству равнины, именно он послужил непроницаемым основанием для плотины Гриб.

Гидрогеохимические особенности аллювиальных четвертичных отложений водоносного горизонта: Гидрохимический анализ подземных вод исследуемого района, включая интерпретацию его результатов, был выполнен с помощью А.Н.Р.Н (Агентство водных ресурсов района) по 27 пробам, взятым в период паводка 2000-2008 года. Кроме физико-химических определений, исследования включали изучение основных анионов и

катионов химического состава 27 анализов были выполнены в апреле 2008. Классификация подземных вод исследуемого сектора по типам химического состава была выполнена методами: основанных на применении характеристической формулы Курлова и графических диаграмм Пипера, Стаблера и Шеллера-Беркалова.

С целью изучения пространственного распределения физико-химических свойств подземных вод равнины Хемис Милиана для каждого химического элемента была построена карта пространственного распределения его концентрации – по всем опробованным точкам, облегчающая зрительное восприятие имеющихся закономерностей. Построение было выполнено с помощью геоинформационной системы ArcGis. Карты в виде Grid гидрохимических свойств подземных вод на территории равнины Хемис Милиана созданы путем интерполяции точечных данных по скважинам в программе ArcGis 9.3 с помощью метода кригга и вариограммного анализа. (см. рис. 3.)

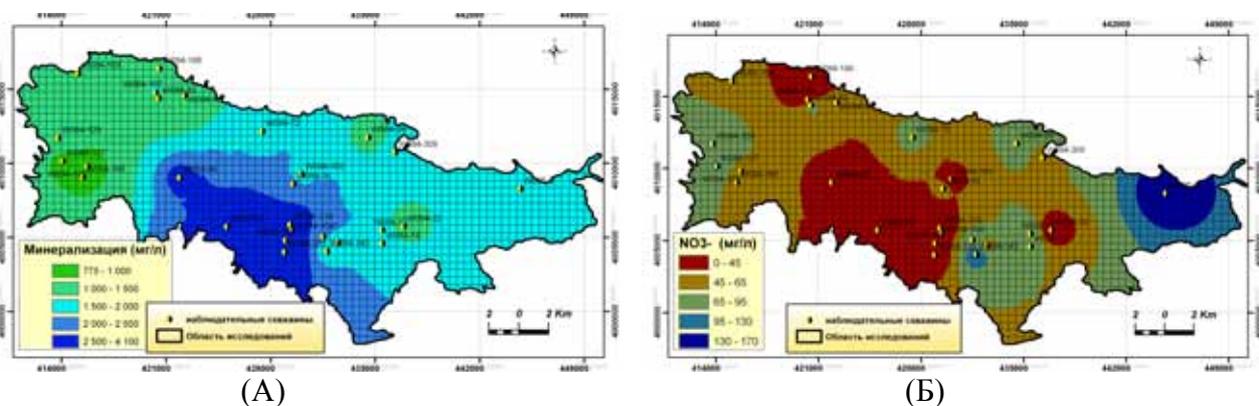


Рис. 3. Пространственное распределение минерализации (А) и концентрации нитратов (Б) в подземных водах исследуемого района.

Рассматриваемый регион расположен в полуаридной зоне. Подземные воды залегают на глубинах 3 до 35 м и повышенное испарение, литология водоносного горизонта и присутствие очагов загрязнения оказывают влияние на их химический состав подземных вод. Значение минерализации варьируют в зависимости от типа вмещающих пород, климатических и гидродинамических условий. Значения минерализации подземных вод более 2 г/л локализуются на юге равнины в окрестностях уезда Максин и Дердер. Поверхностные водотоки в этой области имеют повышенную минерализацию, максимальные значения которой достигают значения более 3 г/л в центре уезда Дердер. Значения минерализации увеличиваются к уезду Массин. В тоже время, в процессе движения воды уезда Массин выщелачивают гипсовые породы триаса на юге равнины, что в свою очередь увеличивают минерализацию подземных вод.

Одновременно, слабый уклон, медленное движение поверхностных вод уезда Массин, сельскохозяйственная деятельность и чрезмерное использование удобрений увеличивают минерализацию подземных вод, которая в основном характеризуется сульфатно-хлоридным натриевым и кальциевым составом.

В западной части равнины поток подземных вод аллювиальных отложений четвертичного горизонта формируется в пределах кварцитового массива Дуе, где развиты пресные подземные воды, что приводит к уменьшению минерализации подземных вод, значения которой варьируют в пределах 0,7-1 г/л. По химическому составу – это гидрокарбонатно-хлоридные кальциево-натриевые воды.

В северо-восточной части равнины, в окрестностях города, Аин Султан и Джендел, поток подземных вод аллювиальных отложений четвертичного горизонта формируется в пределах массива Гонтаса (песчаники и конгломераты). Эти воды имеют общую минерализацию 1,3-1,7 г/л и характеризуются гидрокарбонатно-хлоридным натриево-кальциевым составом.

На северо-западе в районе города Сиди-лахдар минерализация подземных вод изменяется в пределах 0,8-1,7 г/л и характеризуются хлоридно-гидрокарбонатным кальциевым и хлоридным натриево-кальциевым составом. Питание водоносного горизонта объясняется, главным образом, инфильтрацией вод через известняковые породы массива Закара.

Содержание нитратов находилось в пределах 8-170 мг/л. Максимальные значения были зафиксированы на северо-востоке границы равнины с концентрацией нитратов 90-170 мг/л. Сильная степень концентрации и характерна для восточной части района ; в районе города Джендел она оказалась равной 170 мг/л (см. Рис. 3.) и связаны сельскохозяйственное воздействием,; в центральной части концентрация нитратов колеблется от 45 до 50 мг/л и превышают 50 мг/л; на юге центральной части концентрации не превышали 45 мг/л

По оценкам автора общая площадь загрязнения с концентрацией нитратов более 50 мг/л составляет около 250км² или 69 % исследуемой территории и подземные воды с минерализацией до 1.5 г/л, развиты на территории общей площадью более 100 км²,

Построение пространственной Геолого-гидрогеологической модели. В данном разделе диссертации рассматривается, методика построения объемной геолого-гидрогеологической модели на территории равнины Хемис Милиана, и приводятся описание всех использованных для этого геологических и геофизических данных. Это формальное описание основывается на нормах и правилах, принятых для пространственной геологической информации. Построение моделей базируется на знании литологии и структуры геологических тел, слагающих данный объект. Построение трехмерной модели осуществлялось на основе геофизических данных, полученных в результате электрометрических измерений по 150 скважинам, выполненных на исследуемой территории. Эти данные были использованы для построения модели. Скважины распределены, в общем, по профилям, расположенным на расстоянии друг от друга в 2 км и ориентированным в субмеридиональном направлении. Расстояние между скважинами составляет около 1000 м, и

с помощью программы RockWorks[®] модуля "Borehole data manager" была создана специальная база данных. Каждое измерение несет собственную информацию в скважине о литологии и стратиграфии и может быть визуализирован следующим образом: - в виде карты линий равных значений мощности слоя определенного литологического состава, - в виде карты равных значений мощности определенного геологического возраста, где каждый слой представляет собой определенную геологическую поверхность, и в виде объемной модели резервуара, или в виде объемной колонки скважины.

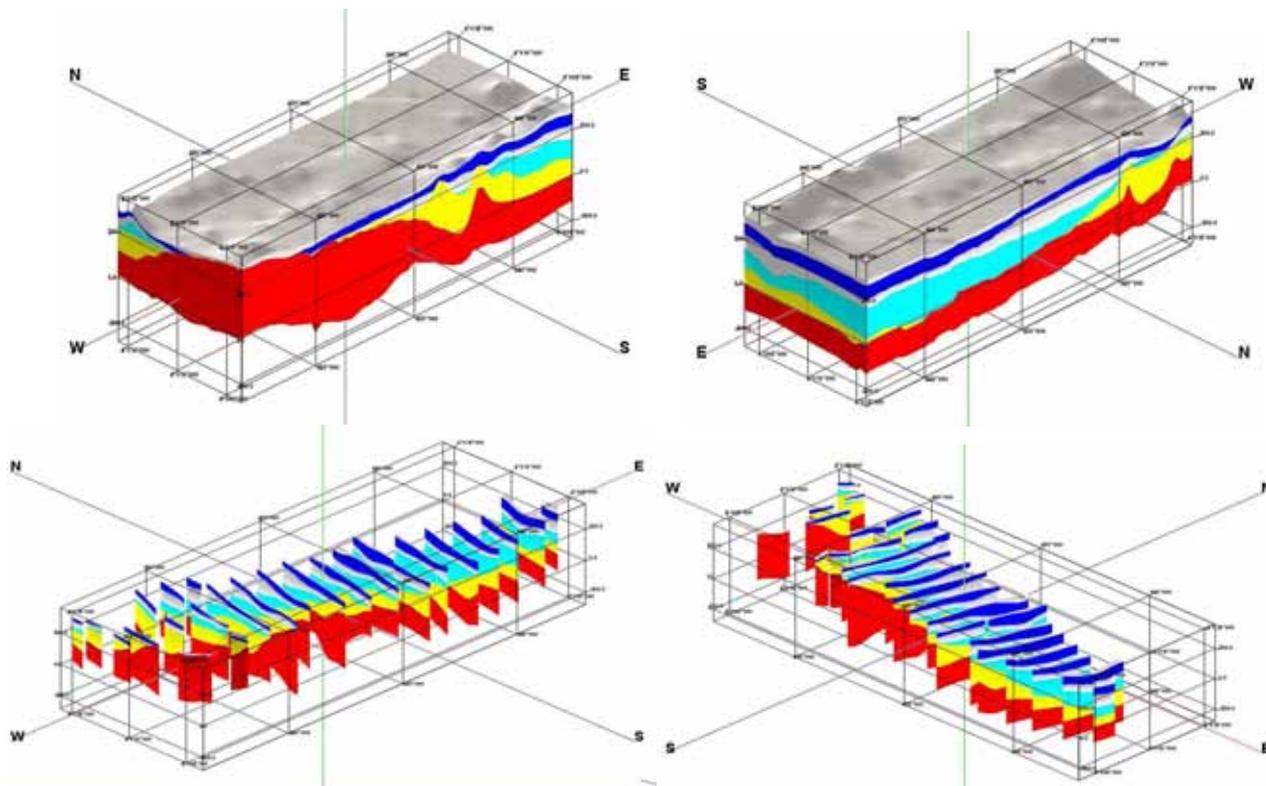


Рис. 4. Трехмерная геолого-гидрогеологическая модель в исследуемом районе с различными направлениями

1- Слабопроницаемый горизонт 1 (Глинистый аллювий и суглинки); 2- Водоносный пласт 1 (Аллювиальные отложения); 3- Слабопроницаемый водоупор (Глинистый аллювий); 4- Водоносный пласт 2 (песчаники); 5- Слабопроницаемый водоупор 3 (Мергелистые отложения); 6- Субстрат (*водоупорный нижнемеловой горизонт*).

Анализ модели, показал что, Данная диаграмма в различных направлениях, изображает шесть главных тип пород и литологии горизонтов, присутствующих в районе исследований. см.рис.4.

- Слабопроницаемый горизонт, состоящий из глинистого аллювия и суглинков;
- Первый водоносный горизонт, состоящий из грубообломочного аллювия;
- Промежуточный горизонт, слабопроницаемый, сложенный глинистым аллювием;

- Второй водоносный горизонт, сложенный песчаниками достаточно большой мощности;
- Слабопроницаемый водоупор, состоящий из мергелистых отложений;
- И, наконец, непроницаемый горизонт, представляющий собой нижнемеловой фундамент, состоящий из сланцев и кварцитов.

Применение модели: таким образом, была создана модель, которую можно применять для исследования гидрогеологических условий изучаемого района. Непосредственной задачей этих исследований является выработка представления о тех геологических образованиях, которые являются водоносными, а также и тех, которые представляют собой водоупоры, что позволит, в итоге, оценить запасы подземных вод. Главным элементом в конструкции модели является сетка (файл с расширением Grid), которая позволяет переходить к другим формам численно-цифрового анализа. Особенно эффективным в этом плане является применение методики геоинформационных систем, что и позволило нам обеспечить получение всех возможностей, которые необходимы для исследования гидрогеологических условий равнины Хемис Милиана, а именно:

Определение мощности и глубин крупногалечниковой аллювиальной толщи (основного водоносного горизонта исследуемого района): На этом этапе мы воспользовались трехмерным (xyz) методом извлечения информации. Здесь z - альтитуда точки, имеющей координаты x, y , при этом общее количество точек в нашем исследовании равнялось 1700. Для того, чтобы получить требуемую нам сетку глубин и мощности аллювиального водоносного горизонта, мы воспользовались математической операцией вычитания. Другой основной метод, который был применен в настоящем исследовании, заключался в интерполяция значений z , извлекаемых из модели, известным как кригинг. Значения, полученные этим методом, использовались для построения карт мощности и глубины геологических слоев. Интерполяция проводилась с использованием геостатистики и вариограммного анализа, что обеспечило требуемую высокую точность расчетов. с таким расчетом, чтобы ее можно было использовать в модуле ArcGis с помощью которого и осуществляется построение карты. см. рис. 5.

Анализ карт на рис. 5. показал что, в пределах равнины, и на северо-восточной части залегает мощный (порядка 50 -100 м), в центральной части (порядка 20 -50 м). В восточном направлении мощность горизонта убывает в пределах 20-35м,. К северу - по сравнению с южным направлением – мощность грубообломочного аллювия выражена гораздо более четко. Глубина изменяется от 5 м на юге района до 50м на востоке.

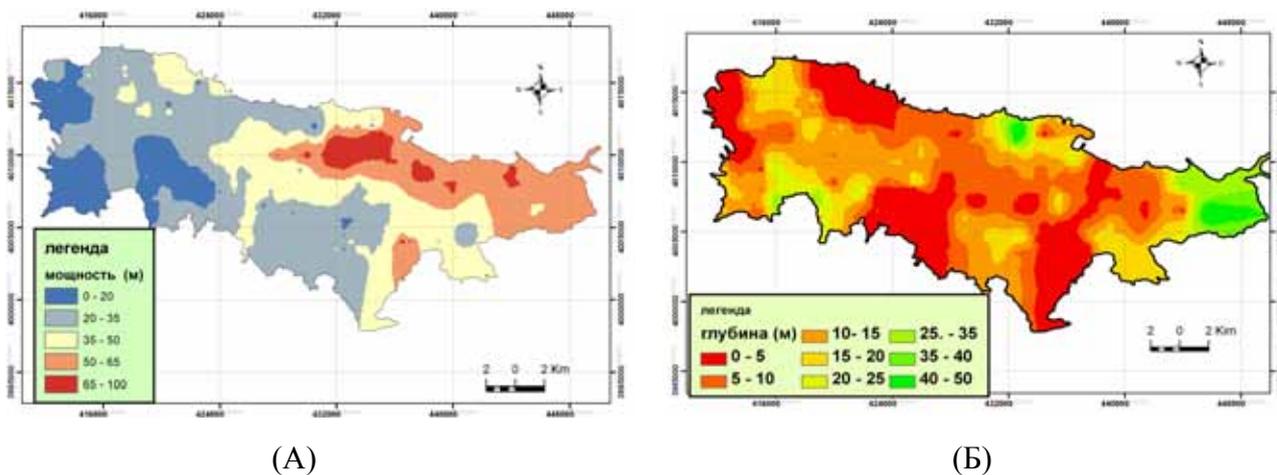


Рис. 5. Оценка карты мощностей (А) и глубин (Б) крупногалечникового аллювия интерполяционным методом Кригинг

Наиболее благоприятная зона – это, разумеется, та, где мощность превышает > 50 м, которая расположена в западной части равнины. Для того, чтобы удостовериться в справедливости выводов, сделанных в отношении мощности и проницаемости аллювиальных отложений, следует пробурить одну, или лучше несколько, скважин.

Мощность грубообломочного аллювия превышает > 50 м является, в первом приближении, контуром зоны, в пределах которой эксплуатация аллювиального горизонта наиболее целесообразна. Данная зона занимает 40% площади равнины. Установлено, что с севера она ограничена существующим ложем Шелифф. На юге, за исключением притоков узда Дердер, условия эксплуатации горизонта малоблагоприятны.

Анализ режима подземных вод с использованием ГИС-технологий. Для лучшего понимания гидродинамического режима подземных вод аллювиального водоносного горизонта равнины Хемис Милиана, нами были рассмотрены 13 серий данных, полученных путем замеров, выполненных за период 2002-2008г в периоды паводка (Апрель- 1-ая серия замеров) и межени (Сентябрь -2-ая серия замеров). Точки водопроявлений (колодцы и буровые скважины), используемые для построения пьезометрических карт в районе исследований, предназначены, по большей части, для орошения и хозяйственно-питьевого водоснабжения. Глубина колодцев и скважин варьирует в пределах 15–80 метров; средний дебит составляет 22.48 л/с. По условиям залегания воды горизонта являются ненапорными.

Карты гидроизогипс полученных путем интерполяция значений отметок уровня подземных вод по скважинам в программе ArcGIS с помощью метода «Kriging». Изолинии пьезометрической поверхности (гидроизогипс) проводились через 10 метров.

Модели в виде сетки (файл с расширением .GRD), представляют слои уровня подземных вод (пьезометрию) и являются результатом пространственной интерполяции точек замеров (колодцев и наблюдательных скважин). Каждая точка, в которой произведен замер, определяется координатами X и Y и имеет значение Z(H), то есть уровень подземных вод в метрах, которая должна быть экстраполирована на каждый узел сетки. Каждая отдельная серия замеров

оформляется в виде таблицы, которые затем подвергаются экстраполяции с целью получения GRID-сетки. Пример решения этой задачи выполнен с использованием серий данных, полученных с 2002 по 2008 годы, Полученные Grid могут быть визуализированы в двух формах: сплошной и решетчатой. В сплошной форме каждая пьезометрическая поверхность отображается цветом, для той же цели используется цвет и в решетчатой модели. Эти сетки (Grid) регистрируются под именем "Год.GRD".

Благодаря созданным таким образом формам представления данных, входящих в базу гидрогеологических данных, мы получаем возможность осуществлять трехмерную суперпозицию, а также выполнять на этих сетках Grid математические действия (сложение, вычитание, деление, и т.д.) – и все это - чтобы как можно нагляднее проиллюстрировать вариации пьезометрии горизонта подземных вод исследуемого района. Для того, чтобы наилучшим образом учесть все детали и особенности изменений уровневой поверхности подземных вод в пространстве и времени - трехмерная модель оказалась абсолютно незаменимой. Используя записанные в базу данных сеточные формы Grid исходных данных, программа отстраивает трехмерный профиль для каждой серии исходных данных. В дальнейшем эти профили будут использованы для их взаимной суперпозиции.

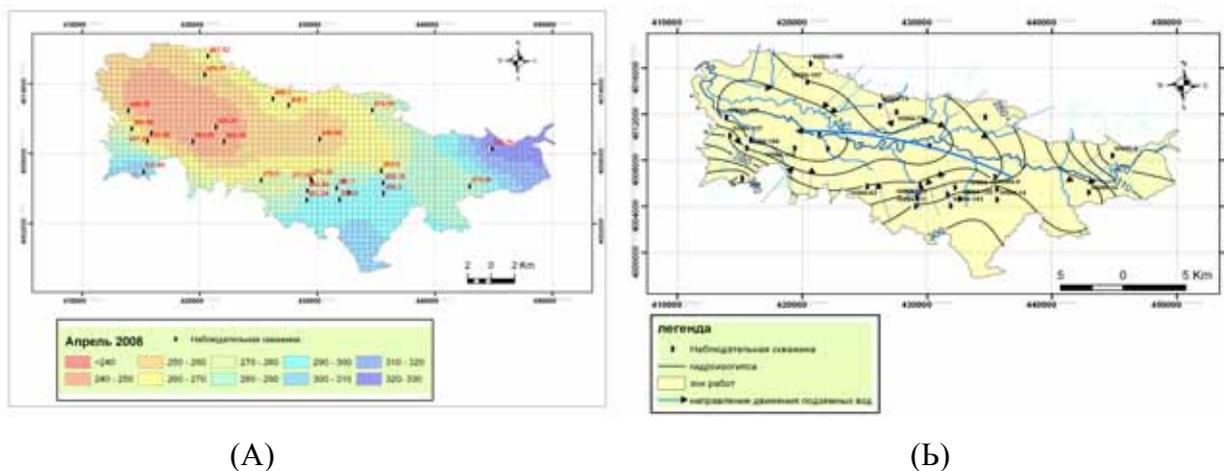


Рис. 6. Модель - сетка поверхности статического уровня подземных вод (А) и схематическая карта гидроизогипс (Б) на период паводка – апрель 2008г

Исходя из анализа карт, можно заключить, что форма изображенных на них кривых, в зависимости от сезонов года меняется весьма мало, Отчетливо видно, что главные оси дренирования подземного потока направлены с востока на запад, согласно ориентации оси Уэда Шелифф. Гидроизогипсы ниспадают в направлении с востока на запад. Наиболее высокие гидроизогипсы располагаются в районах Айн-Солтан и Джендель на северо-западной части. В пределах зоны исследований средние значения пьезометрических отметок варьируют в пределах 310 – 240 м. Наибольшие значения градиентов соответствуют центральной зоне равнины. На уровне равнины градиенты имеют порядок, который варьирует от 0.0045 до 0.0106 в верховьях. В направлении к низовью, в окрестностях Хемис

Милиана, градиент изменяется от 0.0045 до 0.0036. В центральной части равнины, в районе Ариб, гидравлические градиенты имеют порядок от 0.0043 до 0.0042. На юго-востоке равнины гидроизогипсы сжимаются и градиенты возрастают. Для изучения Колебания уровня подземных вод грубообломочного аллювия за период с 2002 по 2008 г, мы использовали инструмент суперпозиции – визуализации слоев Grid (сетки) см. рис 7.

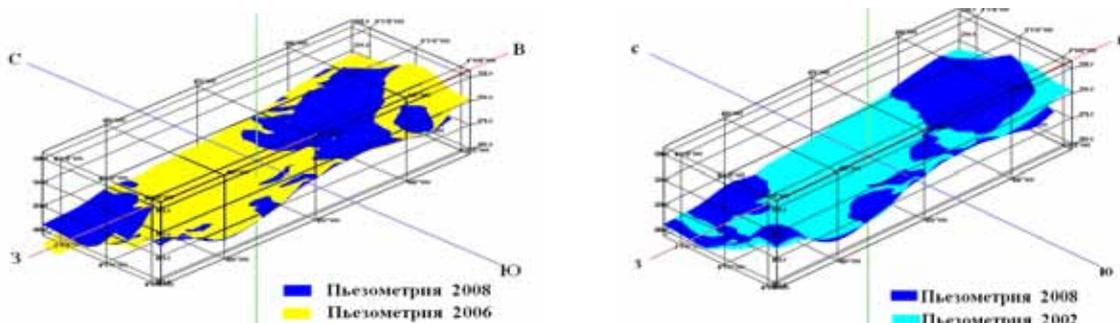


Рис. 7. Суперпозиция пьезометрических сеток для периода паводка

На рисунке отчетливо видно, что в центральной части равнины в окрестностях города Хемис Милиана имеет место понижение уровня подземных вод. Напротив, в северо-западной части равнины – в ее верховьях, то есть в окрестностях Ариб – уровень подземных вод повысился. Общее направление потока подземных вод – с запада на восток – не изменилось. В среднем, глубина, замеренная в период межени, составила 14,42 м и 13,72 – в период паводка. Таким образом, средняя величина колебания уровня подземных вод составляет 0,7 м. В период межени в наиболее пониженной части равнины снижение уровня составляет от 0,5 до 2 метров. Вблизи границ равнины оно колеблется в пределах 3 – 4 метров. Было отмечено, что наиболее заметное снижение уровня происходит там, где количество эксплуатируемых колодцев и скважин больше.

Интерпретация результатов опытно-фильтрационных работ ОФР В исследуемом районе организацией водных ресурсов ДНВ было выполнено 13 опытных откачек. Интерпретация полученных данных позволила получить гидродинамические параметры. Автором были проанализированы карты различных гидродинамических параметров, соединенных в современных программно-компьютерных комплексах (геоинформационных системах). Так, распределение опытных скважин по территории в отношении ее литологии показал ее однородность. Вместе с тем, значения параметров оказались достаточно локализованными, поэтому осреднение их по всей площади исследуемого водоносного горизонта невозможно. Значения проводимостей находятся в пределах $(622) \text{ м}^2/\text{сут}$ - $(19613) \text{ м}^2/\text{сут}$. Наибольшие значения проводимости, а именно: $(19613 \text{ м}^2/\text{сут})$, $(11213 \text{ м}^2/\text{сут})$ и $(8244 \text{ м}^2/\text{сут})$ - сосредоточены в районе расположения скважин (F8), (F9) и (F10), вскрывших толщу крупногалечникового аллювия четвертичного возраста, которая к тому же имеет повышенную мощность - в южных окрестностях города Хемис Милиана. То же наблюдается и в верховьях равнины в скважине (F1), где проводимость оказалась равной $13219 \text{ м}^2/\text{сут}$.

Напротив, наименьшие значения проводимости зафиксированы в скважине (F6), расположенной в южной части равнины в окрестностях уэда Дердер, где мощность и крупность аллювиального материала убывают. То же самое наблюдается и в скважине (F15), расположенной в верховьях равнины вблизи города Ариб. Проводимости здесь соответственно составляют (622 м²/сут) и (1011 м²/сут). Следует отметить, что скважины расположены в сходных геологических и структурных условиях. Большой разброс значений различных гидродинамических параметров – есть результат большой неоднородности литологических разностей, слагающих аллювиальный водоносный горизонт.

Что касается коэффициентов фильтрации, то наибольшие их значения были отмечены в центральной части равнины в скважинах F9, F8, F10. (263м/сут, 144м/сут, 85м/сут соответственно). Этот факт объясняется наличием здесь крупногалечниковых отложений, которые выполняют дренажную ось уэда Шелифф. То же самое наблюдается в верховьях равнины в окрестностях города Джендель. Повышенные значения коэффициента проводимости были также отмечены в F1 (123 м/сут) и F2(102 м/сут). Мощность аллювиальных отложений убывает по мере удаления от оси уэда Шелифф к границам равнины, где они переходит в глинистые разности, проницаемость которых весьма мала. Так, на юге равнины имеем: (F6)(16 м/сут) и на выходе из равнины в окрестностях Ариб- (F15).

Использование ГИС-технологии для оценки запасов подземных вод на территории равнины Хемис-Миляна имеет большое значение при оценке, потребности района Хемис-Миляна в подземных водах, которая по данным департамента водных ресурсов (DHW) составляет 127.35 млн.м³/год. В структуре водопотребления в настоящее время и на перспективу преобладает сельскохозяйственное орошение, доля которого составляет 61.80 %; Автором выполнены предварительные расчеты эксплуатационных ресурсов.

$$Q_s = Q_e + \frac{W}{t} \qquad W = \frac{V \cdot \mu}{t}$$

где Q_e - естественные ресурсы водоносного аллювиального горизонта района, Q_s - эксплуатационные ресурсы, W – регулировочные запасы в водоносном пласте срабатываемые при эксплуатации, t : прогнозный срок эксплуатации ресурсов, принятый равным 25 лет. регулировочные запасы в нашем районе были рассчитываться с помощью программы Rockworks^R на основе объемных методах; Модели в виде сетки (Grid-3D), представляют слои уровня подземных вод за период 2008г и геологических тела, где эксплуатационные ресурсы могут быть получены из расчета сработки уровня на величину $S=10$ м. μ : коэффициент водоотдачи (20%. коэффициент водоотдачи аллювиального водоносного горизонта был вычислен в главе опытно-фильтрационных работ), V : регулировочный объём (млн.м³)

$$W = 3587413456 \cdot \frac{0.20}{25} = 28.69 \text{ млн.м}^3/\text{год}$$

где $F = 359 \text{ км}^2$ – площадь развития подземных вод, Тогда эксплуатационные ресурсы, рассчитанные для этой площади с учетом среднего значения годовой слой подземного стока, составят:

$h_{\text{ст}}$ = годовой слой подземного стока мм/год (= 11.15 мм/год ; В исследуемом районе, Департамент Водных Ресурсов (DHW) оценил значение этого параметра с помощью балансового метода и гидрологических расчетов за период 1980-2007г).

$$Q_e = 2,74 \cdot 11 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 359 \cdot 10^6 = 10.967809 \text{ млн.м}^3/\text{год} \quad \text{Тогда,}$$

$$Q_3 = 10.96 + 28.69 = 39.65 \text{ млн.м}^3/\text{год.}$$

Ресурсы пресных и слабосоленоватых вод с минерализацией до 1.5 г/л сосредоточены в западной части района исследований на площади, расположенной в пределах изолинии минерализации , 1,5 г/л равной по расчетам автора 105.12 км^2 (площади развития подземных вод с минерализацией до 1.5 г/л и до 1г/л, определенные по карте гидрогеохимической зональности минерализации с помощью Raster calculator)

До 1.5 г/л.

До 1 г/л

$$W = 1049797432 \cdot \frac{0.20}{25} = 8,39 \text{ млн.м}^3/\text{год}$$

$$W = 95272712 \cdot \frac{0.20}{25} = 0,76 \text{ млн.м}^3/\text{год}$$

$$Q_e = 2,74 \cdot 11 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 105,12 \cdot 10^6 = 3,21 \text{ млн.м}^3/\text{год} \quad Q_e = 2,74 \cdot 11 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 9,5 \cdot 10^6 = 0,29 \text{ млн.м}^3/\text{год}$$

$$Q_3 = 11.6 \text{ млн.м}^3/\text{год}$$

$$Q_3 = 1.05 \text{ млн.м}^3/\text{год}$$

Таким образом, эксплуатационные ресурсы водоносного аллювиального горизонта равнины Хемис Милиана покрыть 31 % потребности в подземных водах с минерализацией до 4 г/л, они пригодны для сельскохозяйственного водоснабжения. В нашей зоне; департамент водных ресурсов (DHW) должны использоваться в первую очередь для целей питьевого водоснабжения, учитывая хорошую защищенность водоносного комплекса от загрязнения с поверхности. Ресурсы пресных и слабосоленоватых вод с минерализацией до 1.5 г/л, равной 105.12 км^2 . Эксплуатационные ресурсы вод на этой площади составляют **11.6** млн.м³/год. в том числе с минерализацией до 1 г/л, по химическому составу- это гидрокарбонатно-хлоридные натриево-кальциевые. Эксплуатационные пресные ресурсы вод на этой площади, равной 9.54 км^2 и составляют **1.05** млн.м³/год.

Важное значение в водоснабжении города и пригорода Хемис Милиана имеют эксплуатационные ресурсы подземных вод аллювиального горизонта в западной части района исследований, которые могут обеспечить в перспективе 24 % потребности в водах питьевого качества и сельскохозяйственного водоснабжения.

Глава 5. Применение ГИС-технологии для оценки характера и степени нитратного загрязнения подземных вод исследуемого района Результаты анализов химического состава, выполненные лабораторией А.Н.Р.Н г. Блида на протяжении ряда лет. начиная с

1991 года, показывают, что концентрации нитратов (NO_3^-) заметно возрастают, при этом в апреле 2008 года содержание нитратов находилось в пределах 8 - 170 мг/л. Максимальные значения были зафиксированы на северной границе равнины. В районе города Джендел она оказалась равной 170 мг/л. для оценки концентрации нитратов и их пространственное распределение в подземных водах был использован растровый подход. см. рис. 8.

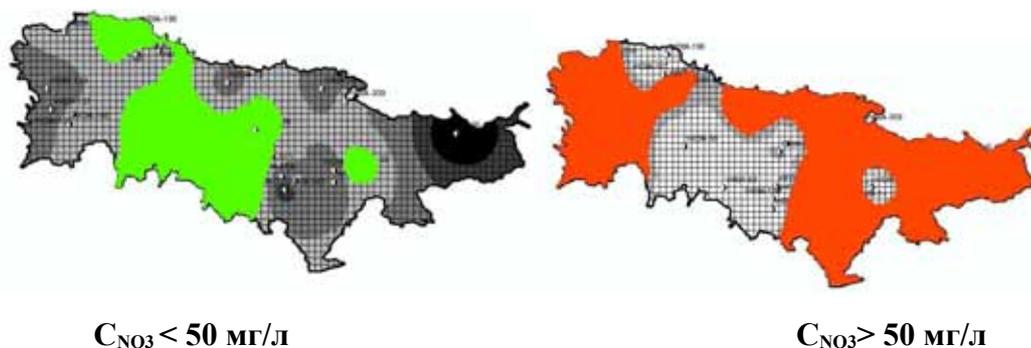


Рис. 8. Пример тематического анализа концентрации нитратов подземных вод равнины Хемис Милиана по состоянию на апрель 2008.

Анализ карты концентрации нитратов растровым методом, построенных автором путем обработки ГИС-технологии, показал что:

- Общая площадь загрязнения с концентрацией нитратами более 50 мг/л составляет около 250 км² или 69% исследуемой территории;
- Площадь загрязнения с концентрацией нитратами 70-100 мг/л составляет около 239 км² или 66 % исследуемой территории. Этот очаг загрязнения формируется в результате инфильтрации сточных вод городских агломераций и промышленных комплексов городов (г.Аин султан и Хемис Милиана на севере, г. Бир халифа на юге и на западе района располагается к северу от г. Джелида).
- Самый крупный очаг загрязнения с концентрацией нитратами более 100 мг/л выделяется на северо-востоке и связан сельскохозяйственным воздействием, проявляющимся в миграции нитратов с оросительными водами, содержащими компоненты удобрений навозного типа.

Оценка уязвимости подземных вод аллювиального горизонта равнины Хемис Милиана по отношению к загрязнению: В данном исследовании, посвященном изучению водоносного горизонта равнины Хемис Милиана, нами был использован метод под названием «*BRGM Уязвимость*» или «Метод нагрузки на поверхность земли». Использование в данном случае методики ГИС позволяет не только оценить возможные риски загрязнения подземных вод, но и выработать конкретные решения по предотвращению этих рисков. Для решения этой задачи потребуется разработать ряд технических и специальных тематических карт, которые позволяют установить зоны, где следует ожидать появления загрязнений и принять своевременные меры по их

предотвращению. Метод основан на одновременной оценке территории по степени ее использования (жилищная застройка, промышленность, сельскохозяйственное освоение и т.д.) и ее пьезометрической поверхности подземных вод: Чем меньше глубина залегания уровня подземных вод, тем выше их уязвимость к загрязнению. Данный метод основан на учете всех потенциальных источников загрязнения, присутствующих в исследуемом районе. Предусматривается три этапа его выполнения:

1. Сбор сведений о потенциальных источниках загрязнения.
2. Построение пьезометрической карты и карты глубин залегания подземных вод.
3. Совмещение обеих карт и получение карты уязвимости.

Интерпретация карты уязвимости осуществляется путем комбинации различных кодов, приведенных в следующей таблице 2.

Таблица 2. Кодирование параметров, оказывающих влияние на загрязнении

Вид нагрузки на поверхности земли	Код	Глубина залегания подземных вод	Код
Леса	0	$P > 50$ м	0
Возделываемые поля	1	$25 \text{ м} < p < 50 \text{ м}$	1
Городская застройка	2	$10 \text{ м} < p < 25 \text{ м}$	2
Промышленность	3	$5 \text{ м} < p < 10 \text{ м}$	3
Хранение углеводородов и зоны избыточного загрязнения	4	$P < 5 \text{ м}$	4

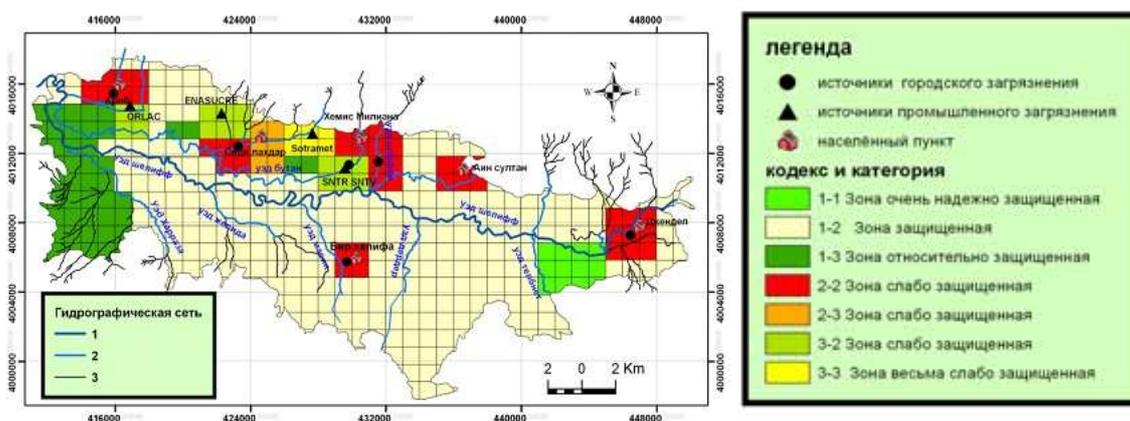


Рис. 9. Карта уязвимости в отношении загрязнения горизонта подземных вод, построенная по методике BRGM.

Выделяются следующие зоны:

- Зоны, особо защищенные со следующими сочетаниями кодов: [0 – 3] [0-0][1 -1] [1-0]
- Защищенные зоны, сочетание кодов: [0 – 4], [1 – 2]
- Зоны слабо защищенные: сочетание кодов: [1 – 3], [2 -2] [2 -3] [3 - 2]
- Зоны средней защищенности: сочетание кодов: [1–3], [2-1]
- Зоны весьма уязвимые и очень плохо защищенные: сочетание кодов: [4–3],[4–4][3-3]

Данная карта является результатом совмещения карты расположения источников загрязнения и карты средних глубин залегания подземных вод и была построена по методике, используемой в BRGM . В пределах исследуемой равнины по степени уязвимости к загрязнению выделяются пять зон (см.рис. 9.). Зоны с кодом 2-2, 2-3 ,3-2,3-3 относятся к городским застройкам и, следовательно, сбросом бытовых отходов. Наличествует сельское хозяйство, зоны с кодом 1-1,1-2 располагаются к юго-западу от города Джендель и характеризуется полным отсутствием каких-либо источников загрязнения. Подземные воды залегают на большой глубине, а именно: от 25 до 35 метров. зона очень слабо защищаемая. Данная зона находится на востоке района Хемис Милиана. Она включает большой промышленный центр SOTRAMET, продуцирующего большое количество стоков. Подземные воды – грунтовые, залегают на небольшой глубине от 5 до 10 м.

Оценка очищающей способности грунта и зоны аэрации аллювиального водоносного горизонта равнины Хемис Милиана : Одна из целей настоящего исследования заключалась в том, чтобы обнаружить и зафиксировать на карте зоны, которым угрожает загрязнение подземных вод. В качестве решения поставленной задачи мы избрали эмпирический метод *Rehse.W*, который позволяет оценить очищающую способность грунтов и зоны аэрации. Очищая способность рассчитывается исходя из предпосылки, что процесс протекает на стадии перемещения загрязнения сверху вниз.

$$M_d = h_1 I_1 + h_2 I_2 + h_3 I_3 + \dots + h_n I_n$$

M_d - очищающая способность на вертикальной траектории миграции,

* $h_1, h_2, h_3 \dots$ мощности слоев пород, через которые происходит движение,

* I_1, I_2, I_3, \dots индексы, зависящие от состава пород зона аэрации

- Если $M_d \geq 1$, то это означает, что очищение в слоях покрывающей толщи является полным. Оконтуривания этой зоны, согласно господину Rehse.w, не требуется.

- Если $M_d < 1$, тогда очистка – неполная и она должна продолжаться на горизонтальном участке перемещения воды в водоносной толще.

Для построения карты зон, обладающих одинаковой очищающей способностью, были использованы данные по 25 буровым скважинам, имеющимся в районе исследований. Растровая карта очищающей способности показывает, что эта способность уменьшается в направлении с севера на юг и становится весьма незначительной в области разгрузки равнины. На крайнем севере равнины очищающая способность выше 1 - благодаря развитым вблизи окраин мощным суглинкам и глинам. К востоку от района Джендель очищающая способность незначительна – и это вследствие специфики геологического строения. Легко обнаружить, что в направлении с севера на юг мощность глинистого покрова убывает

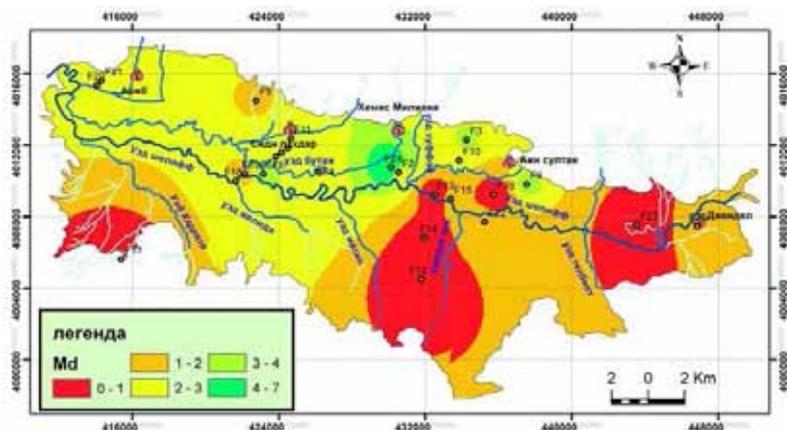


Рис. 10. Карта очищающей способности Md (грунт + зона аэрации) равнины Хемис Милиана, построенная по методике господина Rehse.W.

В пределах уезда Дердер очищающая способность, как правило, меньше 1, так что подземные воды здесь к загрязнению весьма уязвимы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главный результат диссертационной работы заключается в методической и практической (на примере равнины Хемис Милиана) разработке гидрогеологической оценки территорий, на основе использования возможностей современных геоинформационных технологий. Этот результат складывается из следующих составных частей.

1. Концепция Геобазы данных и пространственно-информационных планов (морфологических, гидрологических, гидрогеологических, геологических и гидрогеохимических) в цифровой форме исследуемого района.

2. В результате моделирования была построена трехмерная геолого-гидрогеологическая модель исследуемого района, на основе этой модели были определены карты глубин и мощностей водоносного горизонта, и построены новые разрезы в различных направлениях, и выполнена оценка ресурсов подземных вод.

3. В гидродинамическое моделирование выполнено с использованием цифровой модели ArcGIS и Rockworks. В результате были построены цифровые карты пьезометрической поверхности района.

4. Выявлена гидрохимическая зональность подземных вод, с этой целью были построены карты в цифровой форме главных компонентов химического состава подземных вод исследуемого района. В результате анализа этих карт с помощью ГИС-технологий, показано, что пресные воды водоносного горизонта на территории равнины расположены на западной части где ресурсы пресных вод с минерализацией до 1 г/л, равной 9.54 км². мощность водоносного горизонта убывает в пределах 5-35м. Эксплуатационные ресурсы пресных вод на этой площади составляют **1.05** мил.м³/год. Эксплуатационные ресурсы пресных и слабосоленых вод, которые могут обеспечить в перспективе 24 % потребности в водах питьевого качества и сельскохозяйственного водоснабжения составляют **11.6** мил.м³/год.

5. Установлено, что зоны, в пределах которых существует риск загрязнения подземных вод (крупногалечниковый аллювий), достигают очень больших размеров и занимают три четверти (61%) каптажей, в которых концентрация нитратов превышает питьевые нормы. Предлагаемые карты помогут осуществить защиту подземных вод, как в краткосрочном, так и долговременном аспектах.

6. В контексте решения задачи защиты подземных вод, мы применили систему ГИС-технологий к исследованию их уязвимости по отношению к различным загрязнителям. Одним из результатов этого исследования, явилась выработка двух концепций безопасности подземных вод района. Первая концепция состоит в том, чтобы локализовать источники загрязнения, а также зоны, подвергающиеся опасности загрязнения. Вторая концепция заключается в необходимости построения карт риска загрязнения.

Как это со всей очевидностью вытекает из результатов настоящего исследования, метод ГИС-технологий позволил нам в достаточно быстро и с минимальными затратами получить информацию, детальность которой превосходит традиционную, полученную методом ручной обработки. Метод ГИС-технологий обеспечивает возможность получать графические изображения и букво-цифровые таблицы. Все это дает основание рекомендовать методику ГИС-технологий в гидрогеологических исследованиях для использования во всех последующих работах на территории Алжира.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1-Построение трехмерных моделей-новый подход в решении задач гидрогеологии (Алжир)//Изв.Вузов.Геология и разведка.М.:2009, № 2.С.80-82.

2-Построение трехмерных моделей-новый подход в решении задач гидрогеологии (Алжир). //IX Международная конференция «новые идеи» в науках о земле.РГГРУ.М.:2009.Том 2.С 105.

3-Опыт Использования трехмерного метода ГИС- технологий для визуализации колебаний уровня подземных вод на территории равнины Хемис Милиана (Алжир). //V [Международная](#) научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле» РГГРУ.М.:2010. С 344.

4-[Геоинформационный подход к изучению](#) пространственно – временных характеристик содержания нитратов в подземных водах равнины Хемис Милиана (Алжир). //V [Международная](#) научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле». РГГРУ.М.:2010. С 345.

5-Возможность применения геоинформационных систем в гидрогеологических исследованиях равнины Хемис Милиана (Алжир)// XVII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов».МГУ.М. :2010.

