

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ» (МГРИ)

На правах рукописи

Back

ГАВЕИШ Ваел Рагаб Али Ибрагим

КОМПЛЕКС ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПОИСКОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ОАЗИСЕ БАХАРИЯ, ЗАПАДНАЯ ПУСТЫНЯ, ЕГИПЕТ

Специальность 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:

кандидат технических наук,

доцент Мараев И.А.

Москва – 2020

оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5					
1. ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОАЗИ	ICA					
ЭЛЬ-БАХАРИЯ, ЗАПАДНАЯ ПУСТЫНЯ, ЕГИПЕТ	11					
1.1. Геоморфология оазиса Эль- Бахария	13					
1.1.1. ГЕОМОРФОЛОГИЯ ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ	. 15					
1.2. Геология оазиса Эль- Бахария						
1.2.1. ГЕОЛОГИЯ ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ	. 21					
1.2.2. ПОДПОВЕРХНОСТНАЯ СТРАТИГРАФИЯ	. 22					
1.3. Основные структурные элементы оазиса эль-бахария	. 24					
2. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ МАГНИТОРАЗВЕДКИ Д	RПJ					
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ ПОРОД КРИСТАЛЛИЧЕСКО	ОПО					
ФУНДАМЕНТА И СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОАЗИСЕ Э.	ль-					
БАХАРИЯ, ЗАПАДНАЯ ПУСТЫНЯ, ЕГИПЕТ	25					
2.1. Введение о магниторазведке	25					
2.2. Цели анализа и интерпретации магнитных данных	25					
2.3. Применяемая аппаратура	26					
2.4. Сбор магнитных данных	28					
2.5. Коррекция магнитных данных	28					
2.6. Обработка магнитных данных	29					
2.7. Интерпретация магнитных данных	33					
2.8. Обсуждение и выводы интерпретации магнитных данных	43					
3. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ КАРОТАЖА СКВАЖИН Г	ІРИ					
ПОИСКАХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОАЗИСА Э	ль-					
БАХАРИЯ, ЗАПАДНАЯ ПУСТЫНЯ, ЕГИПЕТ	47					

3.1. Введение о геофизических методах исследования скважин								
3.2. Цели интерпретации данных каротажа скважин								
3.3. Сбор данных каротажа скважин								
3.4. Интерпретация данных каротажа скважин								
3.5. Построения геоэлектрических разрезов								
3.6. Создание геоэлектрической модели для интерпретации данных ВЭЗ и данных ЗСБ 61								
3.7. Результаты интерпретации данных каротажа скважин								
4. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ								
ЗОНДИРОВАНИЙ (ВЭЗ) И ДАННЫХ ЗОНДИРОВАНИЯ								
СТАНОВЛЕНИЕМ ПОЛЯ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ (МЕТОД ЗСБ) ПРИ								
ПОИСКАХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ОАЗИСЕ ЭЛЬ-БАХАРИЯ, ЗАПАДНАЯ								
ПУСТЫНЯ, ЕГИПЕТ								
4.1. Введение в электроразведке (ВЭЗИЗСБ)								
4.2. Цели интерпретации данных вертикальных электрических зондирований								
(метод ВЭЗ) и данных зондирования становлением поля в ближней зоне (метод								
ЗСБ)								
4.3. Метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) 67								
4.3.1. ПРИМЕНЯЕМАЯ АППАРАТУРА								
4.3.2. СБОР ДАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ								
(BЭ3) 68								
4.3.3. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО								
ЗОНДИРОВАНИЯ (ВЭЗ)								
4.4. Метод зондирования становлением поля в ближней зоне (метод ЗСБ) 72								
 4.4. Метод зондирования становлением поля в ближней зоне (метод ЗСБ) 72 4.4.1. ПРИМЕНЯЕМАЯ АППАРАТУРА								

4.4.3. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ МЕТОДА ЗСБ									
4.5. Построения геоэлектрических разрезов									
4.6. Построения карт глубины, толщины и удельного сопротивления водонасыщенных зон А, Б и В									
4.7. Выводы интерпретации данных ВЭЗ и ЗСБ									
5. ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ АНАЛИЗЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД									
В ОАЗИСЕ ЭЛЬ-БАХАРИЯ, ЗАПАДНАЯ ПУСТЫНЯ, ЕГИПЕТ 86									
5.1. Введение									
5.2. Цели гидрохимических анализов первого водоносного горизонта подземных									
вод (Зона А) в исследуемом районе 86									
5.3. Отбор проб грунтовых вод									
5.4. Гидрохимические анализы подземных вод в первом водоносном горизонте									
(Зона А) в исследуемой территории 88									
5.5. Оценка качества подземных вод в первом водоносном горизонте (Зона А) в									
исследуемой территории для питьевых и бытовых целей									
5.6. Выводы гидрохимических анализов подземных вод в первом водоносном									
горизонте (Зона А) в исследуемой территории									
ЗАКЛЮЧЕНИЕ									
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ									

введение

Актуальность темы диссертации. Египет находится на Северо-Востоке Африки. Основным водным ресурсом страны является река Нил, но Египет имеет много засушливых и полузасушливых регионов, которые страдают от нехватки поверхностных вод, особенно в западной пустыне. Поэтому Египет внедряет многие проекты по разведке подземных вод для развития таких районов, как Западная пустыня, включая Оазис Эль-Бахария.

Район исследования расположен в северной части оазиса Эль-Бахария, Западная пустыня, Египет в окрестностях деревни Мандиша в 2.56 км от дороги Каир – Оазис Эль-Бахария. Население этого района страдает от дефицита поверхностных вод, необходимых для хозяйственно-бытовых нужд и сельскохозяйственной деятельности. Кроме того, эта вода могут быть загрязнена отходами расположенного недалеко от района исследования рудника Эль– Гедида, где ведется добыча и переработка железной руды. Для снабжения населения качественной водой необходимо искать другой источник воды как неглубокие подземные воды в исследуемом районе и изучить её качество для питьевых и бытовых целей.

Основные водоносные горизонты в исследуемом районе расположены в нубийском песчанике, который залегает непосредственно на поверхности фундамента. Нубийский песчаник сложен песчаником от мелкого до грубого с прослоями глины и включает 5 зон (А, Б, В, Г и Д). Неглубокие водоносные горизонты: зоны А, Б и В, - залегают на глубине менее 300 метров. Глубокие водоносные горизонты зоны Г и Д залегают на глубине более 300 метров.

Для определения свойств (глубина, толщина и удельное сопротивление) неглубоких подземных водоносных горизонтов до 250м в районе исследований был использован комплекс геофизических методов, включающий магниторазведку, каротаж скважин (ГИС), вертикальные электрические зондирования (метод ВЭЗ) и зондирования становлением поля в ближней зоне (метод ЗСБ). Кроме того были отобраны пробы воды из неглубоких скважин (менее 50 м) в исследуемом районе и проведен их гидрохимический анализ для оценки качества подземных вод в первом водоносном горизонте (Зона А) в исследуемом районе.

В данном исследовании результаты интерпретации данных магниторазведки, каротажа скважин, метода ВЭЗ, метода ЗСБ и гидрохимических анализов отобранных проб воды позволили выявить глубину, толщину водоносных горизонтов и выбрать лучшие места для бурения новых скважин в исследуемой местности и изучить качество воды для питьевых и бытовых целей.

Степень разработанности темы. Данной тематике посвящены научные статьи по темам: 1. Интерпретация данных магниторазведки для определения глубины пород кристаллического фундамента и структурных элементов района Мандиша, оазис Эль-бахария, Западная пустыня, Египет. 2. Поиски подземных вод (зоны А, Б и В) в оазисе Эль-Бахария по результатам интерпретации данных каротажа, ВЭЗ и ЗСБ. 3. Применение геофизических методов исследования скважин для оценки глубины и толщины водоносного горизонта в зоне Г геологического разреза в северной части оазиса Эль – Бахария. 4. Гидрохимические анализы для оценки водоносного горизонта (зона А) подземных вод в оазисе Эль-Бахария.

Данной тематике посвящены также тезисы научных докладов: 1. Петрофизические параметры водоносного горизонта нубийского песчаника в оазисе Эль-Бахария. 2. Стратиграфия и геологическое строение оазиса Эль-Бахария. 3. Применение 2D и 3D магнитного моделирования для топографического картирования фундамента в окрестностях деревни Мандиша в оазисе Эль-Бахария. 4. Интерпретация данных вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) для поисков малоглубинных подземных водоносных горизонтов в районе Мандиша в Оазисе Эль-Бахария. 5. Интерпретация данных магниторазведки в окрестностях деревни Мандиша в оазисе Эль-Бахария с использованием компьютерной технологии "КОСКАД 3D".

Цель работы – Обеспечение населения в исследуемом районе хорошими источниками подземных вод, которая необходима для питьевых и бытовых целей на основе геофизических и гидрохимических исследованиях.

Основные задачи исследования

1. Определение глубины залегания пород фундамента в исследуемой зоне и, следовательно, толщины осадочного чехла на основе данных магниторазведки.

2. Определение лучшего места для бурения водозаборных скважин в зонах (А, Б и В) в исследуемой территории на основе данных методов ГИС, ВЭЗ и ЗСБ.

3. Изучение целесообразности использования подземных вод в исследуемом районе для питьевых и бытовых целей на основе анализов качества подземных вод.

Научная новизна

1. Установлено по данным магниторазведки, что глубина залегания пород фундамента в исследуемой зоне изменяется от 1150 м в Северо-восточном, Северо-западном, Северном и Западном районах исследуемой территории до 2150 м в восточной части исследуемой территории. Соответственно толщина осадочного чехла наибольшая в восточной части района исследования и, следовательно, в восточной части исследуемой территории увеличивается возможность накопления подземных вод.

2. Установлено по результатам интерпретации данных магниторазведки, что основными направлениями разломов в исследуемом районе являются направления Запад-Восток, СВ-ЮЗ и СЗ-ЮВ.

3. Показано, что что данный комплекс геофизических методов: ГИС, ВЭЗ и ЗСБ - является рациональным для поисков водоносных горизонтов до глубины 250 метров в исследуемом районе оазиса Эль-Бахария в Западной пустыне Египта.

4. Установлено, что по общей минерализации (T.D.S), электропроводности (σ) и общей жёсткости воды (С) проба воды № 4, отобранная в юго-восточной части района исследования, является хорошей водой для питьевых и бытовых целей.

Фактический материал и личный вклад автора - Автором проводились полевые и камеральные исследования водоносных горизонтов в исследуемом районе в оазисе Эль-Бахария, Западная пустыния, Египет. Непосредственно автором выполнены такие виды исследований, как:

1. Сбор многочисленных опубликованных литературных и фондовых материалов по геологии исследуемого района.

2. Участие в проведении полевых геофизических съемок в районе исследования, которые включают в себя: магниторазведку, вертикальные электрические зондирования (метод ВЭЗ), зондирование становлением поля в ближней зоне (метод ЗСБ) и отбор проб грунтовых вод в районе исследования.

3. Проведены обработка и интерпретация данных геофизических методов: Магниторазведка, ГИС, ВЭЗ и ЗСБ.

4. Проведение комплексной интерпретации геофизических данных и построение геологического разреза района исследования.

5. Формулирование основных результатов исследований, выводов и заключений.

Практическая значимость работы - Результаты исследований будут использованы для поисков подземных вод в исследуемом районе с использованием комплекса геофизических методов (Магниторазведка, ГИС, ВЭЗ и ЗСБ). Комплекс геофизических методов и применяемая методика могут применяться во многих местах в других оазисах в Западной пустыне Египта, которые страдают от нехватки поверхностных вод для обеспечения населением хорошим источником воды, которая необходима для питьевых, ирригационных, бытовых нужд.

Методы исследований - В этом исследование применялся комплекс геофизических методов, включающий магниторазведку, ГИС, ВЭЗ и ЗСБ, для поисков подземных вод до

глубины 250 м (зоны A,Б и B), а также гидрохимический анализ отобранных проб воды для определения качества воды в зоне A.

Интерпретация магнитных данных для определения разломов и глубины поверхности фундамента в исследуемом районе проведена пятью методами, а именно: методом первой вертикальной производной, методом обнаружения края источника - методом 2D Магнитное моделирование, методом 3D Магнитное моделирование и методом 3D деконволюция Эйлера. Реализация перечисленных методов проведена с использованием программного комплекса Геософт.

Комплекс методов каротажа скважин (ГИС) включает кривые электрического и гамма каротаж. Комплекс позволил выделить проницаемые пласты (коллекторы) и получить данные для построения геоэлектрической модели, используемой для интерпретации данных методов ВЭЗ и ЗСБ. Электрический каротаж проведен двумя потенциал-зондами: коротким потенциал-зондом длиной 16 дюймов "R16" и длинным потенциал-зондом длиной 64 дюйма "R64".

Для количественной интерпретации вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) с целью определения удельного электрического сопротивления и толщин последовательно залегающих пластов геологического разреза применялись два метода. Первый метод - это ручная интерпретация с использованием двух опорных пластов и двухслойной палетки ВЭЗ. Второй метод заключается в использовании результатов ручной интерпретации в качестве исходных моделей для вычисления удельного электрического сопротивления и толщин всех слоев разреза с использованием программы IPI2WIN.

В методе зондирования становлением поля в ближней зоне (метод 3СБ) 18 точек 3СБ были выполнены с совмещенной петлёй 50 на 50 метров для определения свойств (глубина, толщина и удельное сопротивление) неглубоких подземных водоносных горизонтов до 250м в районе исследований. Три программы (TEM2IX1D program (Version 1, 2005), Interpex 1D program and ZONDTEM1D program (Version 6)) были использованы для обработки и интерпретации собранных данных 3СБ.

Для гидрохимических анализов были отобраны 11 проб воды отобраны из небольших скважин (их глубина менее 50 м) для изучения качества грунтовых вод в зоне A в исследуемом районе. Собранные пробы подземных вод были проанализированы на Концентрацию водородных ионов (pH), общую минерализация (T.D.S), электропроводность (σ), общую жёсткость воды (C), Сульфат (SO₄)⁻², Хлорид (Cl)⁻¹, Бикарбонат (HCO₃)⁻¹, Магний (Mg)⁺², Калий (Ca)⁺², Калий (K)⁺¹ и Натрий (Na)⁺¹.

Защищаемые положения

1. Глубина поверхности фундамента, толщина осадочного чехла и основные направлении разломов были определены в исследуемой территории с использованием результатов интерпретации магнитных данных.

2. Свойства водоносных горизонтов (глубины, толщины и удельного сопротивления подземных водоносных горизонтов до 250м) в зонах А, Б и В в исследуемом районе были определены с использованием результатов интерпретации комплексных геофизических методов (ГИС, ВЭЗ и ЗСБ).

3. Лучшие места для бурения водозаборных скважин в зонах А, Б и В в исследуемой территории были определены с использованием результатов интерпретации комплекса геофизических методов (ГИС, ВЭЗ и ЗСБ).

4. Качество подземных вод для питьевых и бытовых целей в зоне А в исследуемом районе были определены с использованием результатов гидрохимических анализов подземных вод.

Апробация результатов исследования - Основные положения и результаты исследования были представлены автором в 5 научных докладах на следующих конференциях: Международная Научно-Практическая Конференция / Стратегия Развития Геологического Исследования Недр: Настоящее И Будущее «К 100-Летию МГРИ–РГГРУ» (Москва 2018 г.); геология в развивающемся мире / Сборник научных трудов по материалам XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Пермь 2018 г.); Всероссийская научно-практическая конференция и выставка «Геофизика и МГРИ. 100 лет вместе» (Москва 2018 г.); XIV Международной научно-практической конференции "Новые идеи в науках о Земле" (Москва 2019 г.).

Публикации - По теме диссертации опубликовано 5 работ в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

Структура и объем работы - Работа состоит из 5 глав, введения, заключения, списка литературы из 106 наименований. Общий объем диссертации составляет 104 страницы, включая 49 рисунк и 8 таблиц.

Содержание работы. Во введении обоснована актуальность работы, охарактеризована её цель и задачи, представлена научная новизна и практическая значимость, отражены методы исследований и личный вклад автора. В первой главе приведена геоморфологические и геологические условия оазиса Эль-Бахария, Западная пустыня, Египет. В второй главе приведена интерпретация данных магниторазведки для определения глубины залегания пород

фундамента в исследуемом районе и ,следовательно, определения толщины осадочного чехла в исследуемом районе, а также определения структурных элементов таких как разломы в исследуемом районе. В третьей главе приведен комплекс геофизических методов исследования скважин (ГИС), который был использован для выделения коллекторов подземных вод и построения геоэлектрической модели, используемой для интерпретации данных вертикальных электрических зондирований (Метод ВЭЗ) и интерпретации данных зондирования становлением поля в ближней зоне (Метод ЗСБ). В четвертей главе приведена интерпретация данных вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) и данных зондирования становлением поля в ближней зоне (метод ЗСБ) для построение карт глубины, толщины и удельного сопротивления подземных водоносных горизонтов в зонах А, Б и В в исследуемом районе и определение лучшего места для бурения водозаборных скважин в зонах А, Б и В в исследуемой территории. В пятой главе изучена целесообразность использования подземных вод для питьевых и бытовых целей в зоне А в исследуемом районе: оазисе Эль-Бахария, Западная пустыня, Египет на основе гидрохимических анализов отобранных проб подземных вод в исследуемом районе. В заключении резюмируются основные результаты научной работы.

Благодарности - Автор выражает искреннюю признательность и благодарность профессорско-преподавательскому составу кафедры геофизики факультета геологии и геофизики нефти и газа МГРИ, своему научному руководителю к.т.н. доценту Мараеву И.А. взявшему на себя нелёгкий труд наставничества над иностранным соискателем. Написание диссертации было невозможным без постоянной всесторонней помощи и внимания со стороны научного руководителя, которому автор выражает свою благодарность.

Глубокую признательность и особую благодарность выражаю профессору Петрову А.В., Старшему преподавателю Посеренину А.И., декану факультета геологии и геофизики нефти и газа и заведующему кафедрой геофизики доценту, к.г-м.н. Иванову А.А., доценту Романову В.В, доценту Лобанову А.М., доценту Новикову П.В., доценту Мальскому К.С. и всем профессорам и преподавателям кафедры геофизики за оказание научной помощи в проведении анализа и интерпретации геофизических данных при написании моей диссертации.

Автор приносит искреннюю благодарность коллегам из Национального научноисследовательского института астрономии и геофизики (NRIAG) за многолетнее плодотворное сотрудничество и помощь при получении геофизических данных и использовании научных и технических возможностей NRIAG. Автор глубоко благодарен своей семье за систематическую поддержку в работе.

10

1. ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОАЗИСА Эль-бахария, западная пустыня, египет

С ростом спроса на воду из-за увеличения численности населения, урбанизации и расширения сельского хозяйства ресурсы подземных вод приобретают слишком большое значение, особенно в засушливых и полузасушливых регионах. Египет имеет много засушливых и полузасушливых регионов, которые страдают от нехватки поверхностных вод, особенно в западной пустыне. Так Египет внедряет многие проекты по разведке подземных вод для развития этих районов, как Западная пустыня, включая Оазис Эль- Бахария.

Египет находится на Северо Востоке Африки. Египет имеет пять крупных географических провинций: 1-полуостров Синай, 2-долина Нила, 3-дельта Нила, 4-Восточная пустыня, 5-Западная пустыня. Западная пустыня охватывает запад реки Нил и простирается до границы с Ливией. Эта провинция состоит из множества разнообразных геологических бассейнов и структурных элементов. В Западной пустыне имеется пять больших оазисов, которые страдают от недостатка поверхностных вод; Оазис Дахлы, Оазис Харгы, Оазис Фарафры, Оазис Сивы и Оазис Эль- Бахария (Рис. 1.1).

Оазис Эль- Бахария является интересным районом, привлекающим внимание своими ценными экономическими ресурсами, включая месторождения железной руды, месторождения углеводородов и археологические раскопки. Он также был предметом интенсивных исследований с гидрогеологической точки зрения, в связи с его высокой потенциальностью подземных вод.

Нубийский песчаник – это водоносный горизонт, который является важнейшим источником подземных вод не только в оазисе Эль-Бахария, но и во всей Западной пустыне. Оазис Эль-Бахария представляет собой топографическую депрессию большой овальной формы с длинной осью северо-восточного направления с узким расширение на каждом конце . Оазис Эль-Бахария полностью окружен откосами.

Оазис Эль- Бахария, расположен на севере центральной части Западной пустыне Египта между $27^{\circ} 45^{\circ} - 28^{\circ} 30^{\circ}$ Северной широты и $28^{\circ} 30^{\circ} - 29^{\circ} 10^{\circ}$ Восточной долготы с площадью 2250 км² (Рис. 1.2). Оазис Эль- Бахария расположен в 370 км к юго-западу от Каира и в 190 км к западу от Нильской долины. Оазис Эль- Бахария является одним из самых важных районов Западной пустыни и привлекал внимание многих геологов особенно в последние пять десятилетий с началом мелиорации и открытия месторождений железной руды около трех населенных пунктах: Эль- Гедида, Гураби и Эль- Харра. Более детальные исследования в этой области включают в себя работы, опубликованные [27, 32, 34, 36, 37, 45, 54, 58, 59, 60, 61, 83,

90, 91]. В Оазисе Эль-Бахария, родники и колодцы являются основными ресурсами подземных вод для орошения и гражданских целей [86].



Рис. 1.1. Крупнейшие географические районы Египта и крупнейшие оазисы Западной пустыни



Рис. 1.2. Карта района исследования: Оазис Эль- Бахария, Западная пустыня, Египет

Область исследования является частью оазиса Эль-Бахария, Западная пустыня, Египет. Область исследования расположена между 28° 16` 22`` - 28° 19` 14`` Северной широты и между 28° 55` 40`` - 28° 59` 50`` Восточной долготы с площадью 36.13 Km² (Рис. 1.2). Область

исследования страдает нехваткой поверхностной воды, которая необходимых для жизнедеятельности и развития области исследования. Поэтому мое докторское исследование посвящено поискам другого источника воды а именно подземных вод, которые компенсируют нехватку поверхностных вод.

Тема моей докторской диссертации "Комплекс геофизических методов для поисков подземных вод в Оазисе Бахария, Западная Пустыня, Египет". Целью моей диссертации является оценка потенциала ресурсов подземных вод в Оазисе Эль-Бахария. Исследования по теме моей диссертации помогут выявить глубину водоносных горизонтов и выбрать лучшие места для бурения новых скважин в исследуемой местности. Данное исследование основано главным образом на анализе геофизических данных: электроразведка методами ВЭЗ, ЗСБ и ГИС, магниторазведка и данных гидрохимического анализа проб подземных вод, отобранных из неглубоких пробуренных скважин в исследуемом районе (Рис. 1.2).

1.1. Геоморфология оазиса Эль-Бахария

Оазис Эль- Бахария имеет площадь около 2250 км². Он отличается от других оазисов в Западной пустыне Египта окружающими его уступами и большим количеством холмов внутри него. Он имеет овальную форму с трендом большой оси с северо-востока на юго-запад [82].

Оазис Эль-Бахария представляет собой типичную морфотектоническую зону, отраженную в топографии. Его можно разделить на несколько топографических единиц, по существу созданных структурными элементами, физическими процессами, литолого-климатическим контролем. Эти единицы включают в себя уступы и дно оазиса Эль- Бахария.

1. Уступы окружают оазис Эль-Бахария со всех сторон. Высота уступов составляет 180 - 200 м над дном Оазиса Эль-Бахария. Северные уступы имеют грубую полукруглую форму. Ширина этих уступов колеблется от 4 до 5 км. Уступы расположены рядом с горой Гораби (с севера). Большинство уступов осложнены разломами и складками.

2. Дно оазиса Эль- Бахария почти плоская поверхность, покрытая мягкими отложениями формации Эль- Бахария. Рельеф дна оазиса Эль-Бахария изменяется от 100м до 170м над уровнем моря. Нижние части оазиса Эль- Бахария обычно покрыты себхой (периодически затопляемыми плоскими соляными участками) и возделываемыми землями. Обработанные земли сосредоточены в районе Эль- Бавити, районе Эль-Харры, районе Мандишы, районе Эль-Хеиза и других районах. В оазисе Эль-Бахария есть несколько поселений, таких как город Эль-Бавити (Самая большая деревня в оазисе Эль-Бахария), деревни Эль-Харра, Эль-Каср, Мандиша и Эль-Хеиза. Самые высокие части дна оазиса Эль- Бахария расположены в центральном секторе между районами Эль- Бавити и Эль- Хеиз. Некоторые формы рельефа хорошо представлены на дне оазиса Эль-Бахария [85]. Эти формы рельефа включают в себе остаточные холмы, песчаные дюны, дренажные линии, солончаки и соляные корки (Рис. 1.3).

<u>А) Остаточные Холмы.</u> Дно оазиса Эль-Бахария неровное из-за большого количества изолированных конических остаточных холмов (останцов), которые сложены железистыми песчаниками, доломитовым известняком и базальтовыми пластовыми экструзиями. Останцы сосредоточены вдоль осей основных складок в центральной части оазиса Эль-Бахария [85].

Конические остаточные холмы (останцы) включают черные холмы и базальтовые пластовые экструзии. Экструзии интенсивно развивались вдоль антиклинальных осей, таких как гора Эль- Дист и Гора Эль- Маграфа (на северной части оазиса Эль- Бахария) (Рис. 1.3А). Черные холмы расположены в центральной части оазиса Эль- Бахария и сложены черными железистыми песчаниками (Рис. 1.3Б). Вулканические конусы и базальтовые пластовые экструзии развивались в результате вулканической деятельности в третичном периоде. Вулканические конусы и базальтовые пластовые экструзии сосредоточены вдоль основных систем разломов на горе Мандиша и северной части горы Эль-Хафуф (Рис. 1.3В).

<u>Б)</u> Песчаные Дюны. Песчаные дюны покрывают широкие участки в северной и северовосточной частях оазиса Эль- Бахария. Многие песчаные дюны расположены в юго - восточной части горы Эль- Хуфуфа, в восточной части деревни Эль- Харры и в других местах в оазисе Эль- Бахария. Хорошо известные песчаные дюны встречаются в юго-восточной части горы Гурапи (на севере оазиса Эль- Бахария) и в северо-восточной части антиклинали Раиса (центр оазиса Эль- Бахария). Песчаные дюны имеют направление СЮ и иногда отклоняются к направлению СЗ - ЮВ (Рис. 1.3Г).

<u>В)</u> Дренажные Линии. Многочисленные короткие и крутые дренажные линии рассекают дно оазиса Эль- Бахария и окружающие его уступы. Эти дренажные линии характеризуются высокой плотностью, мелкими и средними отложениями, узкими и неглубокими потоками в дне оазиса Эль- Бахария. Аллювиальные равнины малой интенсивности развивались вокруг дренажных линий в северо-восточной части оазиса Эль- Бахария [85].

<u>Г) Солончаки и соляные корки.</u> В оазисе Эль- Бахария имеются несколько солончаков, которые встречаются во многих пониженных участках рельефа (Рис. 1.3Д). Солончаки встречаются во многих местах таких как; Эль-Харра, Мандиша, Эль-Забу, Эль-Хуфуф (в северной части оазиса Эль-Бахария) и Эль-Хеиз и Хуман Спрингс (в южной части оазиса Эль-Бахария). Солончаки питаются родниковыми, грунтовыми и оросительными водами [15, 48].



Рис. 1.3. (А) Гора Эль-Дист представляет собой конические холмы в северной части оазиса Бахария. (Б) Один из черных холмов, покрытый железистыми песчаниками в центральной части оазиса Бахария. (В) Базальтовые вулканические пластовые экструзии, покрывающие отложения Бахарии в районе Мандиши. (Г) Песчаные дюны на юговостоке области Мандиша. (Д) Солончаки вблизи деревни Эль-Бавити

1.1.1. ГЕОМОРФОЛОГИЯ ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Область исследования является частью оазиса Эль-Бахария, Западная пустыня, Египет. По данным геоморфологических исследований средняя высота области исследования составляет 170м над уровнем моря. Область исследования включает засоленные земли в северной и юго-

восточной частях исследуемой территории, а также немногие сельскохозяйственные угодьях, которые зависят от неглубоких грунтовых вод для орошения, например, в западной части района исследования (Рис. 1.4).



Рис. 1.4. Геоморфология Области Исследования. 1 - Поверхностные солевые отложения, 2 – Сельскохозяйственные фермы, 3 – Дороги, 4 - Изолинии рельефа

1.2. Геология оазиса Эль-Бахария

Поверхностная и подповерхностная последовательность напластований в оазисе Эль-Бахария были исследованы несколькими авторами Said R., El_Akkad and Issawi, Soliman and El-Badry, Morsy M.A., El_Mansy et.al., Salem A.A., Khalifa et.al. и Moustafa et.al. [34, 40, 60, 72, 73, 83, 84, 91]. Осадочный столбчатого строения участок в оазисе Эль-Бахария мощностью 2000 м, возраст которого колеблется от кембрийского до олигоценового, перекрыт четвертичными отложениями [84]. Часть этих четвертичных отложений мощностью от 200 до 300 м выходят на поверхность, особенно в северной части оазиса Эль-Бахария. Моиstafa et.al. (2003) описали породы палеозойского возраста в оазисе Эль-Бахария. Эта палеозойская толща имеет мощность 1024 м. Палеозойская толща состоит из двух слоев. Нижний слой представлен глинистыми отложениями мощностью 436 м (Средний Кембрий). Нижний слой залегает на докембрийском фундаменте. Верхний слой представлен песчаниками с глинистыми прослоями мощностью 588 м (от Позднего Карбона до Перми) [73].

Породы поверхностной геологии оазиса Эль-Бахария и его окрестностей датируются от сеноманского возраста до среднего миоценового возраста, как показано на геологической карте (Рис. 1.5). Все обнажающиеся горные породы в оазисе Эль-Бахария имеют осадочное происхождение (кроме базальтовых экструзий и долеритовых пластовых интрузий и даек).

Поверхностная геология включает следующие формации:

1. Формация Эль-Бахария датируется ранним и поздним Сеноманом [32, 35, 83]. Формация Эль-Бахария является частью холмов в оазисе Эль-Бахария мощностью 209м и представлена песчаником от мелкого до грубого [92]. Формация Эль-Бахария перекрыта формаций Эль-Накап (средний Эоцен) в окружающих уступах оазиса Эль-Бахария и базальтовыми породами (средний Миоцен) в окрестностях горы Эль-Хуфуфа в северной части оазиса Эль- Бахария. Формация Эль-Бахария залегает согласно с вышезалегающей формацией Эль-Хеиз (поздний Сеноман) (Рис. 1.5).

2. Формация Эль-Хеиз датируется поздним Сеноманом. Формация Эль-Хеиз появляется на поверхности в восточной, юго-восточной и южной частей оазиса Эль-Бахария (Рис. 1.5). Формация Эль-Хеиз состоит из обломочных отложений с прослоями карбонатных пород и имеет толщину 40м в южной части оазиса Эль-Бахария и уменьшается до 12м в северной части оазиса Эль-Бахария [34]. Формация Эль-Хеиз перекрыта отложениями формации Эль-Накап (средний Эоцен) из окружающих уступов оазиса Эль-Бахария в западной, северной и восточной частях оазиса Эль-Бахария [73].

3. Формация Эль-Хуфуф датируется Туроном / Сантоном. Формация Эль-Хуфуф появляется на поверхности в северо-западной, западной, юго-западной, южной, юго-восточной и в немногих местах в центральной части оазиса Эль-Бахария (Рис. 1.5) и состоит из доломитов, чередующихся с песчаными и глинистыми пластами. Формация Эль-Хеиз перекрыта формацией Эль-Хуфуф в южной части оазиса Эль-Бахария. Формация Эль-Бахария несогласно перекрыта формацией Эль-Хуфуф в горе Эль-Хуфуфа на севере оазиса Эль-Бахария. С другой стороны, формация Эль-Хуфуф отсутствует в районах Эль-Харре и Эль-Гедиде. Формация Эль-Хуфуф имеет толщину 45м в горе Эль- Хуфуфа [92] и рассматривается как граничный маркер

между кластическими осадками (формация Эль-Бахария) и верхнемеловыми некластическими отложениями (формация Мела и формация Тараванского Мела) в оазисе Эль-Бахария [85].

4. Формация Хуман широко распространена в западной и юго-западной частях оазиса Эль-Бахария. El- Akkad and Issawi (1963) датировали формацию Хуман ранним Маастрихтским возрастом [34], а в северо-западной пустыне Египта - от Сантонского до Маастрихтского возраста [87]. Формация Хуман появляется на поверхности в западной и югозападной частях оазиса Эль-Бахария (Рис. 1.5) и состоит из массивного белого мела толщиной от 30м до 45м в западном крутом откосе оазиса Эль-Бахария [104].

5. Формация Тараван. Issawi et.al. (1996) датировали формацию Тараван ранним Палеоценом [55]. Формация Тараван расположена в южной части оазиса Эль-Бахария (Рис. 1.5) и состоит из меловых известняков и известняков [17]. Мощность формации Тараван колеблется от 20м до 30м.

6. Формация Эль-Накап с толщиной 68м датирована от раннего до среднего Эоцена. Формация Эль-Накап состоит из розовато - серого кремнистого доломитового известняка. Различные породы несогласно перекрыты формацией Эль-Накап в оазисе Эль-Бахария. Оазис Эль- Бахария окружен формацией Эль-Накап со всех сторон (Рис. 1.5), за исключением южных и юго-восточных частей [81]. Карбонатные породы формации Эль-Накап содержали Железные руды. Железные руды расположены в районе Эль-Гедида и Гураби в северо-восточной части оазиса Эль-Бахария [38].

7. Формация Казун датируется средним Эоценом. Формация Накап перекрыта формацией Казун (средний Эоцен). Формация Казун встречается только в северо-восточной части Оазиса Эль-Бахария [81]. Толщина формации Казун составляет 32м. Формация Казун состоит из белого до серого мелкого нуммулитового известняка, который содержит сферические кремнистые конкреции (Рис. 1.5).

8. Формация Хамра датирована от среднего до позднего Эоцена [81]. Формация Хамра толщиной 63м перекрывает формацию Казун. Формация Хамра расположена только в северовосточной части оазиса Эль-Бахария (Рис. 1.5) и сложена желто – коричневым известняком.

9. Базальтовые Породы. Несколько небольших обнажений базальта наблюдаются в северной и центральной частях оазиса Эль-Бахария. Базальтовые породы находятся рядом с горными районами и Радваном и Эль- Хуфуфом и районом Эль- Забу (Рис. 1.5). Разные исследователи различаются в определении возраста базальтовых пород, найденных в оазисе Эль-Бахария; El- Akkad and Issawi (1963) предположили, что базальтовые скалы в Оазисе Эль-

Бахария Олигоценового возраста [34]. Они полагались на стратиграфическое положение и сходство между базальтовыми породами в оазисе Эль-Бахария и базальтовыми скалами в других местах в западной пустыне Египта (как район Або-Роаш и гора Катран). Но, Meneisy and El- Kalioubi (1975) предположили, что возраст базальтовых пород в Оазисе Эль- Бахария - средний миоцен на основе определения возраста калий-аргоновым методом и находится в пределах от 15 до 20 миллионов лет (средний Миоцен) [69].

10. Четвертичные отложения охватывают обширную территорию в оазисе Эль-Бахария (Рис. 1.5) и включают два основных типа:

А) Себха (периодически затопляемые плоские соляные участки) и накопленные соли, которые формируют 90% четвертичных отложений в оазисе Эль-Бахария. Себха и накопленные соли распространены в низменных областях и бассейнах, которые контролируются тектонической деятельностью. Накопленные соли образуются за счет просачивания воды из природных проточных источников и скважин, приводящих к образованию соляной корочки [48].

Б) Песчаные дюны представлены эоловыми песками. Песчаные дюны расположены недалеко от города Мандиша, города Эль-Бавити, в областях Эль-Харра, Эль-Забу и других мест в оазисе Эль- Бахария. Песчаные дюны расположены также в восточной части оазиса Эль-Бахария и недалеко от города Эль-Хиз. Кроме того, некоторые скопления песка обнаруживаются вокруг районов себхи, обрабатываемых земель, а также естественной растительности. Источником эолового песка является песчаник, который осаждался в течение Мелового периода [48].



Рис. 1.5. Геологическая и Структурная карты оазиса Эль-Бахария, Западная пустыня, Египет [73, 85]. 1- Четвертичные отложения, 2- Базальтовые Породы (Средний Миоцен), 3- Формация Хамра (Средний / Поздний Эоцен), 4- Формация Казун (Средний Эоцен), 5-Формация Накап (Ранний - Средний Эоцен), 6- Железная Руда Горапи, 7- Формация Тараван (Ранний палеоцен), 8- Формация Хуман (Маастрихтский Ярус), 9- Формация Эль-Хуфуф (Турон - Сантон - Кампан), 10- Формация Эль-Хеиз (Поздний Сеноман), 11-Формация Эль-Бахария (Ранний - поздний Сеноман), 12- Район Исследований, 13-Деревня, 14- Гора, 15- Скважина, 16- Дорога, 17- Ось антиклинали, 18- Расщелина по

1.2.1. ГЕОЛОГИЯ ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поверхностная геология области исследования представлена на геологической карте Египта (NH 35 SE BAHARIYA) масштаба 1: 500000 [33]. Эта карта построена Египетской генеральной нефтяная корпорацией в 1986 году (Рис. 1.6).

Поверхностная геология в исследуемой области относится к эпохе верхнего мела «Сеноманский возраст» и Четвертичному периоду:

1. Верхнемеловые отложения имеют широкое распространение в районе исследования. Эти верхнемеловые отложения включают только Формацию Эль-Бахария, которая датируется ранним сеноманом. Формация Эль-Бахария сложена от тонкого до грубого песчаника, переслаиваемого глиной (Рис. 1.6).

2. Четвертичные отложения сосредоточены в северной части исследуемого района и представлены отложениями Сабхи.

Структурные элементы в исследуемой области представлены трещинами и разломами, ориентированными в основном в северо-восточном и юго-западном направлении (Рис. 1.6).



Рис. 1.6. Геологическая карта Области Исследования [33]

1.2.2. ПОДПОВЕРХНОСТНАЯ СТРАТИГРАФИЯ

Подповерхностный стратиграфический разрез оазиса Эль- Бахария построен по данным поисковой скважины №.1 (Бокс-1), которая расположена в точке с координатами 28° 25[\] 20.969^{\\} Северной широты и 28° 58[\] 0.66^{\\} Восточной долготы и с высотой 98 м (Рис. 1.5).

Краткое описание стратиграфического разреза в оазисе Эль-Бахария [31, 73, 83] от верхнего слоя до нижнего слоя (Рис. 1.7), можно представить следующим образом:

1. Неогеновые породы представлены вулканическими породами. Вулканические породы датируются ранним Миоценом и представлены оливиновым базальтом.

2. Оливиновый базальт лежит на Формации Радван, которая датируется Олигоценом. Формация Радван толщиной 35м состоит из темно-коричневого железистого песчаника.

3. Формация Радван лежит на формации Хамра. Возраст которой датируется от среднего Эоцена до позднего Эоцена. Формация Хамра сложена известняком с прослоями обломочных пород, образующими рифообразные структуры с провалами 10-40 °. Формация Хамра имеет толщину 60м [31].

Формация Хамра лежит на формации Казун, которая датируется средним Эоценом.
 Формация Казун состоит из розового известняка, образующего изолированные холмы.
 Формация Казун имеет толщину 32м.

5. Формация Казун лежит на формации Эль-Накап, которая датируется от раннего Эоцена до среднего Эоцена. Формация Эль-Накап состоит из мела с прослоями доломитового известняка. Формация Эль-Накап имеет толщину 67 м.

6. Формация Эль-Накап лежит на формации Хуман, которая датируется Маастрихтом. Формация Хуман состоит из Долостона с прослоями песчаной глины. Формация Хуман имеет толщину 42 м.

7. Формация Хуман лежит на формации Эль- Хуфуф, возраст которой датируется от Турона до Сантона. Формация Эль-Хуфуф состоит из известняка и доломита. Формация Эль-Хуфуф имеет толщину 43м.

8. Формация Эль-Хуфуф лежит на формации Эль-Хеиз, которая датируется поздним Сеноманом. Формация Эль-Хеиз сложена карбонатными и доломитовыми породами. Формация Эль-Хеиз имеет толщину 30м.

9. Формация Эль- Хеиз лежит на формации Эль-Бахария, которая датируется Сеноманом. Формация Эль-Бахария состоит из песчаника с прослоями глин. Формация Эль-Бахария состоит из 5 зон А, Б, В, Г и Д. Зона Д, формации Эль-Бахария несогласно залегает на Кембрийских породах, что объяснят отсутствие Ордовикских, Силурийских, Девонских, Каменноугольных, Пермских, Триасовых и Юрских отложений [83].

10. Кембрийские породы состоят из плотного гранита и залегают на глубине 1835 м.



Рис. 1.7. Композитный стратиграфический разрез оазиса Эль-Бахария составлен из [31, 73, 83]. так что; 1- Оливин Базальт. 2- Формация Радван. 3- Формация Хамра. 4- Формация Казун. 5- Формация Эль-Накап. 6- Формация Хуман. 7- Формация Эль-Хуфуф. 8-Формация Эль-Хеиз. 9- Формация Эль-Бахария, зона А. 10- Формация Эль-Бахария, зона

Б. 11- Формация Эль-Бахария, зона В. 12- Формация Эль-Бахария, зона Г. 13- Формация Эль-Бахария, зона Д 14- Кембрийские скалы. 15- Несоответствие, перерыв в отложении

1.3. Основные структурные элементы оазиса эль-бахария

Оазис Эль-Бахария считается антиклиналью с ориентацией в северо-восточном / югозападноме направлении. Эта антиклиналь связана со сирийской дуговой системой на севере Египта. Ось этой антиклинали проходит в направлении от северной части оазиса Эль-Бахария (рядом с юго-западной частью горы Гураби) до южной части оазиса Эль-Бахария (Рис. 1.5).

Многие авторы изучали поверхностные структуры оазиса Эль-Бахария: Said R., El- Akkad and Issawi, El- Bassyouny A.A., Morsy M.A., Salem A.A., Moustafa et.al., и другие [34, 37, 72, 73, 83, 84].

Основные структурные элементы оазиса Эль-Бахария следующие:

А) Антиклинали и синклинали:

Оазис Эль-Бахария состоит из групп последовательных антиклиналей и синклиналей (Рис. 1.5). Оазис Эль-Бахария имеет две основные антиклинали: антиклиналь Гураби (на севере оазиса Эль-Бахария) и антиклиналь Эль-Хеиза (на юге оазиса Эль-Бахария). Оазис Эль-Бахария также содержит синклиналь Эль-Хуфуфа, которая расположена в центральной части оазиса Эль-Бахария между основными антиклиналями. Синклиналь Эль-Хуфуфа имеет длину 15 км и ширину 2 км [34].

Самые большие антиклинали в Оазисе Эль-Бахария - антиклиналь Гураби, антиклиналь Эль- Хеиза и антиклиналь Риза (Рис. 1.5). Антиклиналь Гураби длиной более 25 км находится на севере оазиса Эль- Бахария. Антиклиналь Эль-Хеиза длиной более 65 км простирается от центра на юг Оазиса Эль-Бахария. Антиклиналь Риза находится в центральной части оазиса Эль-Бахария. Антиклиналь Риза простираются в направлении CB - ЮЗ. Большинство антиклиналей и синклиналей в Эль-Бахария Оазис расположены в направлениях CB - ЮЗ и В - З [72].

Б) Тектонические нарушения (разломы):

Все тектонические нарушения в оазисе Эль-Бахария нормального типа. Большинство тектонических нарушений параллельны осям складок. Эти тектонические нарушения имеют СВ - ЮЗ и СЗ - ЮВ направления. Длина этих разломов колеблется от менее одного километра до нескольких десятков километров (Рис. 1.5). Формирование оазиса Эль-Бахария в его нынешнем виде обусловлено взаимодействием между основными тектоническими нарушениями и смещениями разломов во время миоценового возраста [85].

2. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ МАГНИТОРАЗВЕДКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ ПОРОД КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА И СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОАЗИСЕ ЭЛЬ-БАХАРИЯ, ЗАПАДНАЯ ПУСТЫНЯ, ЕГИПЕТ

2.1. Введение о магниторазведке

Магниторазведка основана на изучении аномалий земного магнитного поля, которые могут быть вызваны как неоднородностями в составе пород фундамента так и его структурными особенностями или топографическим рельефом поверхности фундамента. Эти магнитные аномалии могут быть получены по результатам измерений на некоторой высоте над земной поверхностью (аэромагниторазведка) или на земной поверхности с использованием соответствующей аппаратуры. Интерпретация измеренных магнитных аномалий позволяет определить глубину залегания пород фундамента и, таким образом, определить мощность осадочного чехла [74]. Амплитуда магнитной аномалии зависит от напряженности магнитного поля Земли, от формы геологического объекта, магнитных свойств слагающих его пород и направления его намагниченности [71].

Исследуемая область была изучена методом наземной магнитной съемки, а значения магнитных аномалий скорректированы и нанесены на базовую карту интенсивности магнитного поля. Затем эта карта была сведена к магнитному полюсу методом редукции к магнитному полюсу. Полученная таким способом полная интенсивность магнитного поля приведённая к полюсу, была использована для определения глубины фундамента с помощью специализированного программного обеспечения.

2.2. Цели анализа и интерпретации магнитных данных

Район исследования является частью оазиса Эль-Бахария, Западная пустыня Египта и расположен в окрестностях деревни Мандиша в 2.56 км от дороги Каир – Оазис Эль-Бахария (Рис. 1.2).

Исследуемая территория заселена бедуинами, страдающими от дефицита поверхностных вод, необходимых для хозяйственно-бытовых нужд и сельскохозяйственной деятельности. Поэтому они вынуждены пользоваться водой из других источников.

Основные водоносные горизонты в исследуемом районе расположены в Нубийском песчанике, который залегает непосредственно на поверхности фундамента. Нубийский

песчаник датируется сеноманом и состоит из песчаника с прослоями глины. Водоносный горизонт Нубийского песчаник в оазисе Эль-Бахария содержит пять водоносных зон (А, Б, В, Г и Д). Зоны А, Б и В, - залегают на глубине менее 300 метров. Глубокие водоносные горизонты зоны Г и Д залегают на глубине более 300 метров [31, 41, 52, 62, 85]. Для заложения водозаборных скважин необходимо знать глубину залегания пород фундамента, чтобы определить толщину осадочного чехла, содержащего водоносные слои Нубийского песчаника в исследуемой территории.

Для решения этой задачи был применен метод наземной магниторазведки. Интерпретация магнитных измерений была использована для:

A) Определения глубины залегания пород фундамента в исследуемой зоне, следовательно, толщины осадочного чехла.

Б) Картирования рельефа поверхности фундамента.

В) Определения структурных элементов таких как разломы.

2.3. Применяемая аппаратура

Измерения проводились с помощью магнитометров Оверхаузера (GSM-19) версия 7.0, сделанных в Канаде (Рис. 2.1). Магнитометры Оверхаузера производятся в Канаде с 1980 года. Магнитометры использовались для магнитных измерений на базовой станции (опорные точки наблюдения), а также для магнитной съемки на рядовых точках в исследуемой зоне [98]. Магнитометр представляет собой легкий инструмент, с экономичной системой питания, простой в использовании и способный устойчиво работать в широком диапазоне температуры и влажности [99]. Прибор Оверхаузера (GSM-19 версия 7.0) используется во многих областях, в том числе: разведка полезных ископаемых, археология, для измерения в магнитных обсерваториях и другие [98].

Технические характеристики магнитометра Оверхаузера:

1. Производительность оверхаузера магнитометра. Чувствительность магнитометра-0.022 нанотесла, разрешение магнитометра- 0.01 нанотесла, рабочая температура- от -40° С до +50° С [99].

2. Режимы работы. магнитометр имеет 3 режима работы (ручной режим, режим базовой станции и режим ходьбы). В ручном режиме магнитометр автоматически каждые 3 секунды сохраняет значение напряженности магнитного поля, координаты точки наблюдения, время и

дату. В режим базовой станции магнитометр на точке наблюдения сохраняет значение напряженности магнитного поля, время и дату с интервалом от 1 до 60 секунд [99]. В режиме ходьбы, данные собираются и сохраняются со скоростью до 5 показаний в секунду, когда вы идете с постоянной скоростью вдоль профиля съемки [98].

3. Память магнитометра. твердая память до 32 мегабайт. Количество точек, сохраненных в памяти, зависит от режима измерений: в режиме базовой станции- 5373951 точек, в режиме ходьбы - 2686975 точек [99].

Данные хранятся в памяти магнитометра с координатами точки измерения. Измеренные данные хранятся в формате файла XYZ (Таблица 2.1). Данные экспортируются в стандартном формате XYZ, для удобного использования в специализированных программах. Кроме того, на любой точке измерений можно ввести описательные примечания длиной до 32 символов. Данные можно показать численно или графически для быстрой оценки качества измеренных данных [98].



Рис. 2.1. Магнитометр Оверхаузера (GSM-19, Версия 7.0)

Таблица 2.1.

Примеры магнитных данных, которые экспортируются из магнитометра в формат файла XYZ

/ (/ Gem Systems GSM-19GW 0103903 v7.0 15 II 2011 M ew5fpl.v7s											
/ ID 0 file 01survey.m 23 II 96												
/												
/	Х	Y	elevation	nT	sq	cor-nT	sat	time	picket-x	picket-y		
lir	line 000020											
	028.2996220	028.9952480	000150	42594.40	99	000000.00	07	045644.0	0.00	0.00		
	028.2996216	028.9952480	000150	42594.39	99	000000.00	07	045650.0	0.00	0.00		
	028.2996421	028.9952438	000150	42595.68	99	000000.00	07	045659.0	0.00	0.00		
	028.2996472	028.9952860	000152	42594.48	99	000000.00	07	045717.0	0.00	0.00		

2.4. Сбор магнитных данных

Сто семьдесят четыре магнитных измерения были сделаны для покрытия исследуемой области (Рис. 2.2 А и Б). Магнитные измерения проводились в исследуемой зоне через каждые 300-500 м. Базовая станция располагалась в восточной части исследуемой области в точке с координатами 28.9919° восточной долготы и 28.2993° северной широты с абсолютным значением напряженности магнитного поля 42592.5 γ для записи магнитных измерений, используемых для расчета суточных вариаций во время полевых магнитных измерений. Расчет суточной вариации проводился по программе Эксель.



Рис. 2.2. (А) Карта расположения точек наблюдения, базовой станции и магнитных профилей в исследуемой области (Б) Измерения магнитных данных в исследуемой области

2.5. Коррекция магнитных данных

В измеренные магнитные данные необходимо ввести необходимые поправки за суточные вариации магнитного поля и международное геомагнитное аналитическое поле (МГАП).

А) Поправка за суточные вариации. Суточные вариации магнитного поля Земли должны быть вычтены из магнитных данных [95]. Суточные вариации регистрируются во время магнитной съемки магнитометром, установленным на базовой станции. Магнитные измерения

на базовой станции хранятся в памяти магнитометра. Затем магнитные данные, полученные на базовой станции и рядовых точках, загружаются в компьютер. Используя программу Эксель суточные вариации вычитались из магнитных данных, полученных на рядовых точках.

Б) Поправка за Междунаро́дное Геомагни́тное Аналити́ческое По́ле (МГАП). Магнитное поле (МГАП) представляет собой теоретическое ненарушенное магнитное поле в любой точке земной поверхности [70]. Модель МГАП предназначена для эмпирического представления магнитного поля Земли. Модель МГАП представляет основное поле без внешних источников. Модель МГАП использует обычное гармоническое распространение скалярного потенциала В геоцентрических координатах. Коэффициенты ΜΓΑΠ рассчитываются, основываясь на всевозможных источниках данных, включая геомагнитные измерения, проведённые обсерваториями, летательными аппаратами и спутниками, а также привлекаются данные глубинных исследований земной коры. Модель МГАП пересматривается каждые 5 лет, путем пересмотра коэффициентов модели. Таким образом, каждые 5 лет меняется поколение модели [12, 13].

В этом исследовании использовалась программа Геософт [47] для вычисления МГАП на 09 октября 2015 года для точки с координатами 28.96° В и 28.30° С и высотой 134 м. Для этой точки программа Геософт рассчитала полное магнитное поле T= 42488.2 нT, угол наклона= 41.2177° и угол склонения= 3.9282°.

2.6. Обработка магнитных данных

После введения поправок в магнитные данные, скорректированные магнитные данные были сохранены в памяти компьютере для расчетов карт и контуров с помощью программы Геософт. Программа Геософт использовалась для создания двух карт с контурным интервалом 2 нанотесла. Первая карта - это карта откорректированного наблюдённого аномального магнитного поля и вторая карта - это карта аномального магнитного поля приведённого к полюсу.

А) Карта откорректированного наблюдённого аномального магнитного поля является отражением изменений магнитных свойств пород фундамента (Рис. 2.3). Таким образом, магнитное выражение различных структурных особенностей зависит от существования и величины их магнитных контрастов. Качественная интерпретация карты откорректированного наблюдённого аномального магнитного поля начинается с визуального осмотра формы аномалий и их направлений.

Особенности аномалии, которые контролируются при описании магнитной аномалии: относительное расположение и амплитуда положительной и отрицательной частей аномалии, удлинение и расширение этих аномалий, и резкость между аномалиями. Во многих случаях значимая геологическая информация может быть обнаружена непосредственно, если посмотреть на карту [89].



Рис. 2.3. Карта откорректированного наблюдённого аномального магнитного поля

Карта откорректированного наблюдённого аномального магнитного поля (рис. 2.3) может быть описана следующим образом:

1- Интенсивность магнитного поля изменяется в пределах от 42500 до 42620 нанотесла.

2- Положительная магнитная аномалия сосредоточена в северо-восточной части исследуемой области; её магнитная величина в пределах от 42600 до 42620 нТ; относительная

величина этой магнитная аномалия указывает на небольшую глубину пород фундамента (или тонкий осадочный чехол) в северо-восточной части исследуемой области; эта аномалии пологая и неполная, имеющая ориентацию в Северо-восточном направлении.

3- Отрицательная магнитная аномалия сосредоточена в юго-восточной части области исследования; эта аномалия изменяется в пределах от 42530 до 42500 нТ; эта магнитная аномалия указывает на большую глубину залегания пород фундамента (или мощный осадочный чехол) в юго-восточной части исследуемой области; аномалия неполная, а ее магнитный градиент небольшой; аномалия ориентирована в направлении близком а северо-западному.

4- Таким образом, интенсивность магнитных аномалий уменьшается с северо-восточной части к юго-восточной части области исследования, что указывает на то, что мощность осадочного чехла увеличивается в сторону юго-восточной части области исследования.

Б) Карта аномального магнитного поля приведённого к полюсу. Магнитные аномалии созданные геологическими телами, зависят от многих факторов, таких как направление простирания и падения тела и его глубины залегания тела, наклонения и склонения индуцирующего поля. Эти магнитные аномалии всегда искажены углами наклона и склонения геомагнитного поля. Таким образом, пик аномалий смещается от центров намагниченных тел, что затрудняет точное определение местоположения этих намагниченных тел.

Для корректировки этих искажений аномалий, зависящих от геомагнитной широты, пересчитывается угол наклонения вектора намагниченности тела. Математическая процедура проводится по сетке значений контурного отображения полной магнитной интенсивности. Эта математическая процедура была впервые описана [19, 20, 21, 24, 25].

Карта аномального магнитного поля приведённого к полюсу (рис. 2.4) может быть описана следующим образом:

1- Общая карта аномального магнитного поля приведённого к полюсу рассчитывается путем ввода в программу Геософт следующих параметров: угла наклонения (41.2177°), угла склонения (3.9282°), напряженности магнитного поля (42488.2 нТ) и высоты датчика прибора от поверхности земли (1 м).

2- Общий взгляд на карту аномального магнитного поля приведённого к полюсу (Рис. 2.4) по сравнению с картой откорректированного наблюдённого аномального магнитного поля (Рис. 2.3) показывает, что все магнитные аномалии смещены к северу за счет исправления

31

наклонения магнитного поля в исследуемой области. Кроме того, магнитные градиенты становятся более интенсивными и крутыми.

3- Появились новые магнитные аномалии тогда как некоторых магнитные аномалии, которые были на карте откорректированного наблюдённого аномального магнитного поля (Рис. 2.3) исчезли на карте аномального магнитного поля приведённого к полюсу (Рис. 2.4).

4- Две новые отрицательные магнитные аномалии на карте аномального магнитного поля приведённого к полюсу (Рис. 2.4), расположены в южной части исследуемой территории в направлении С – Ю. Две положительные аномалии в направлении В - 3 исчезли. Одна положительная аномалия в северной части исследуемой территории была смещена, удлинена и изменила свое направление с севера на юг (Рис. 2.3) на северо- восток (Рис. 2.4).



Рис. 2.4. Карта аномального магнитного поля приведённого к полюсу

2.7. Интерпретация магнитных данных

Пять методов использовались на карте аномального магнитного поля, приведённого к полюсу, для интерпретации магнитных аномалий для определения разломов и глубины залегания поверхности пород фундамента в исследуемом районе. Эти методы следущие: 1. техника первой вертикальной производной; 2. Метод обнаружения края источника; 3. 2D Магнитное моделирование; 4. 3D Магнитное моделирование и 5. 3D деконволюция Эйлера.

А) Техника первой вертикальной производной. Первым методом для интерпретация магнитных данных является техника первой вертикальной производной. Многие авторы как Evjan H.M., Henderson R.G. and Ziettz L., Elkins T.A., Rosenbach O.A., Henderson R.G., El-Hussaini A. and Henain E.F.и другие рассчитывали первую вертикальную производную от потенциальных гравитационных или магнитных данных [39, 42, 43, 50, 51, 80].

Первая вертикальная производная определяется следующими уравнениями [80]:

$$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = \frac{1}{24} \left(\begin{bmatrix} 96g(0) - 18\sum_{i=1}^4 gi(S) - 8\sum_{i=1}^4 gi(s\sqrt{2}) + \sum_{i=1}^8 gi(s\sqrt{5}) \right)$$
(Rosenbach, 1953)
где $\frac{\partial^2 g}{\partial z^2}$ является первой вертикальной производной гравитационного или
магнитного потенциального поля; s - расстояние между сетками; g(0) - гравитационное или
магнитное значение в точке расчета. $\sum_{i=1}^4 gi(S)$, $\sum_{i=1}^4 gi(s\sqrt{2})$ и $\sum_{i=1}^8 gi(s\sqrt{5})$ - суммирование
значений гравитационных или магнитных данных в точках 4, 4 и 8, лежащих на трех

концентрических окружностях радиусов $s\sqrt{2}$ и $s\sqrt{5}$ соответственно.

Первая вертикальная производная действует как фильтр, подчеркивая выражение локальных аномалий и устраняя эффект региональных аномалий. Поэтому карта первой вертикальной производной усиливает эффект малых структур на малой глубине относительно крупномасштабных признаков, характеризующих тела на большой глубине. Принцип использования этих карт при магнитной интерпретации заключается в указании мест разломов в породах фундамента.

Карта первой вертикальной производной (Рис. 2.5) была создана из карты аномального магнитного поля приведённого к полюсу. Эта карта показывает следующее:

1- Нулевая линия контура определяет магнитные источники (разломы).

2- Нулевые контурные линии показывают разломы между высоко поляризованными источниками (неглубокие магматические породы) и менее поляризованными источниками (глубокие магматические породы) на одном и том же уровне измерения.

3- Неглубокие магматические породы являются источниками положительных магнитных аномалий в области исследования, которые появляются в северо-восточной части, северной части, западной части и в нескольких местах в южной части области исследования. Положительные значения градиента достигают 0.0299477 нТ/м.

4- Глубокозалегающие магматические породы являются источниками отрицательных магнитных аномалий в области исследования, которые появляются в восточной части и северозападной части области исследования. Отрицательные значения градиента достигают - 0.0450588 нТ/м.



Рис. 2.5. Карта первой вертикальной производной

Б) Метод обнаружения края источника. Вторым методом для интерпретация магнитных данных является метод обнаружения края источника. Этот метод определяет геологические разломы в данных потенциального поля путем анализа локальных градиентов. Программа SEDpeak2.GX «версии 2.2», работающая в рамках программы Геософт, использовалась для определения геологических разломов в зоне исследования [47].

Программа SEDpeak2.GX «версия 2.2» была применена для расчета полной аномального магнитного поля приведённого к полюсу, и горизонтального градиента этого поля. Эта программа использовалась для уменьшения влияния магнитного наклонения на магнитные данные и сделать его пригодным для обнаружения геологических разломов в районе исследования. Эта программа рассчитывала каждый пик и направление по простиранию на краях. Направление по простиранию края источника перпендикулярно направлению нисходящего градиента.

Метод обнаружения края источника создает две карты. Первая карта называется Карта горизонтального градиента, полученная из карты аномального магнитного поля приведённого к полюсу (Рис. 2.6А). Вторая карта называется карта геологических разломов в районе исследования, которые обнаружены на карте аномального магнитного поля приведённого к полюсу. Эта карта показывает местоположения и направления разломов в районе исследования. Основными направлениями разломов являются 3-В, СВ-ЮЗ и СЗ-ЮВ направления (Рис. 2.6Б).



Рис. 2.6. (А) Карта горизонтального градиента, полученная из карты аномального магнитного поля, приведённого к полюсу (Б) Карта геологических разломов в районе исследования

В) 2D Магнитное моделирование. Третьим методом для интерпретация магнитных данных является 2D Магнитное моделирование. Этот метод применяется для определения глубины поверхности пород фундамента в районе исследования. 2D магнитное моделирование проводилось с использованием программы GM-SYS на карте аномального магнитного поля, приведённого к полюсу [47].

Программа GM-SYS использовалась при 2D магнитном моделировании для оценки глубины поверхности пород фундамента с использованием следующих параметров:

1- Общее магнитное поле 42488.2° нТ, угол наклонения 41.2177° и угол склонения 3.9282°, рассчитанные МГАП для опорной точки, которая имеет восточную долготу 28.9583°, северную широту 28.300°, высоту 134 м для времени измерения 09.10.2015.

2- Осадочный чехол, сложенный песчаником с прослоями глины, имеет среднюю плотность 2.5 г/см³, магнитную восприимчивость 0 СГС, остаточную намагниченность 0 ети/См³, остаточной намагниченности наклонения = 0° и склонение остаточной намагниченности 0° (Рис. 2.7).

3- Параметры фундамента, который сложен гранитом: средняя плотности фундамента 2.8 г/см³, магнитная восприимчивость 0.00075 СГС, остаточности намагниченности 0.00398 ети/См³, наклонение остаточной намагниченности 41.2177° и склонение остаточной намагниченности 3.9282° (Рис. 2.7).

Семь магнитных профилей нанесено на карте аномального магнитного поля приведённого к полюсу (Рис. 2.2А). Первый профиль (П1) проходит через скважину Бокс_2 в направлении с юга на север, а шесть других профилей (П2, П3, П4, П5, П6 и П7) ориентированы с запада на восток.

Краткое описание всех профилей выглядит следующим образом:

Первый профиль (П1 - П1[\]) длиной 6130 м перпендикулярен к другим профилям и проложен в направлении с юга на север. Этот профиль проходит через скважину Бокс_2, которая находится в точке с координатами 28° 19` 27.5`` Северой широты и 28° 58` 00`` Восточной долготы. Эта скважина вскрыла фундамент на глубине 1822 м [31]. Глубина поверхности фундамента вдоль первого профиля колеблется от 1822 м до 1963 м (Рис. 2.7).


Рис. 2.7. 2D магнитное моделирование по первому профилю П1 и используемые параметры в программе GM-SYS для осадочный чехла и фундамента

Второй профиль (П2 - П2[\]) длиной 7187 м имеет направление с запада на восток. Глубина поверхности фундамента вдоль второго профиля колеблется от 1820 м до 1998 м (Рис. 2.8А).

Третий профиль (ПЗ – ПЗ[\]) длиной 7161 м имеет направление с запада на восток. Глубина поверхности фундамента вдоль третьего профиля колеблется от 1630 м до 2150 м (Рис. 2.8Б).

Четвёртый профиль (П4 – П4[\]) длиной 7174 м имеет направление с запада на восток. Глубина поверхности фундамента вдоль четвёртого профиля колеблется от 1580 м до 1996 м (Рис. 2.8В).

Пятый профиль (П5 – П5[\]) длиной 7161 м имеет направление с запада на восток. Глубина поверхности фундамента вдоль пятого профиля колеблется от 1714 м до 2065 м (Рис. 2.8Г).

Шестой профиль (П6 – П6[\]) длиной 7161 м имеет направление с запада на восток. Глубина поверхности фундамента вдоль шестого профиля колеблется от 1588 м до 1742 м (Рис. 2.8Д).

Седьмой профиль (П7 – П7[\]) длиной 7174 м имеет направление с запада на восток. Глубина поверхности фундамента вдоль седьмого профиля колеблется от 1274 м до 1564 м (Рис. 2.8Е).



Рис. 2.8. (A) 2D магнитное моделирование по второму профилю П2 (Б) 2D магнитное моделирование по третьему профилю П3 (В) 2D магнитное моделирование по четвёртому профилю П4 (Г) 2D магнитное моделирование по пятому профилю П5 (Д) 2D магнитное моделирование по шестому профилю П6 (Е) 2D магнитное моделирование по седьмому профилю П7

Результаты 2D магнитного моделирования были использованы для построения карты глубины фундамента (Рис.2.9). Карта глубины фундамента построена программой Геософт с контурным интервалом 50 м.

Основной водоносный слой в исследуемой зоне находится в нубийском песчаниковом водоносном горизонте (Сеноман), который расположен непосредственно на поверхности фундамента [73]. Таким образом, глубина верхней поверхности пород фундамента равна глубина нижней поверхности водоносный слой нубийского песчаника.

Глубина поверхности фундамента колеблется от 1150 м до 2150 м (Рис.2.9). Северо-Восточная, Северо-Западная, Северная и Западная части исследуемой территории характеризуются неглубоким фундаментом (глубина поверхности фундамента менее 1600 м), тогда как восточная часть исследуемой территории отличается большой глубиной залегания фундамента (глубина поверхности фундамента больше 2000 м). Таким образом толщина осадочных отложений увеличивается в направлении к восточной части исследуемой территории (Рис.2.9).



Рис. 2.9. Карта глубины фундамента

Г) 3D Магнитное моделирование. Четвёртым методом для интерпретация магнитных данных является 3D Магнитное моделирование. Этот метод используется для оценки глубины верхней поверхности пород фундамента в районе исследования. GMSYS-3D пакет используется для трехмерного моделирования гравитационных и магнитных сеток. Модель, построенная пакетом GMSYS3D, задается количеством поверхностных слоев с их параметрами такими как плотность, магнитная восприимчивость и остаточная намагниченность [47].

GMSYS-3D программа применена на сетке полного аномального магнитного поля, приведённого к полюсу, для выполнения 3D магнитного моделирования с целью получения рельефа поверхности фундамента и рельефа земной поверхности (относительно уровня моря). Для расчетов использовались следующие величины параметров осадочного чехла: средняя плотность 2.5 г/см³, магнитная восприимчивость 0 СГС, остаточная намагниченность 0 ети/см³, угол наклонения остаточной намагниченности 0° и угол склонения остаточной намагниченности 0° (Рис 2.10А) и параметры фундамента: средняя плотность 2.8 г/см³, магнитная восприимчивость 0.00075 СГС, остаточности намагниченности 0.00398 ети/см³, угол наклонения остаточной намагниченности 41.2177° и угол склонения остаточной намагниченности 3.9282° (Рис 2.10В).



Рис. 2.10. (А) Используемые параметры в программе GMSYS-3D для осадочного чехла (Б) 3-D магнитное моделирование, включая топографию поверхности фундамента, топографию поверхности земли и карту аномального магнитного поля приведённого к полюсу (В) Используемые параметры в программе GMSYS-3D для поверхности фундамента После применения 15 итераций для запуска программного обеспечения результаты трехмерного моделирования показали, что; толщина осадочного чехла в северо-восточной, север-западной и западной частях исследуемого района значительно меньше по сравнению с толщиной осадочного чехла в восточной части исследуемой области (Рис. 2.10Б).

Д) **3D** Деконволюция Эйлера. Пятым методом для интерпретация магнитных данных является 3D деконволюция эйлера. В последнее время, метод 3D деконволюция Эйлера широко используется в автоматической интерпретации магнитных и гравитационных данных. Этот метод возник как мощный инструмент для прямого определения глубины возмущающих тел. Кроме того, этот метод используется для определения даек и контактов с хорошей точностью [22, 49, 63, 66, 77, 93].

Обычно местоположения и глубины любых источников могут быть определены с помощью следующего уравнения [77]:

$$\frac{\partial f}{\partial x} (x - x_0) + \frac{\partial f}{\partial y} (y - y_0) + \frac{\partial f}{\partial z} (z - z_0) = SI (B - f)$$
 (Reid et.al., 1990)

где f - наблюдаемое поле в точке (x, y, z), В - базовый уровень поля [региональное значение в точке (x, y, z)] и SI - структурный индекс или степень однородности.

Это уравнение позволяет определить положение источника инверсией метода наименьших квадратов в движущемся окне точек данных. Чтобы получить точную оценку местоположения источника, используемые полевые данные должны адекватно отбирать аномалии, присутствующие в данных.

В настоящем исследовании; 3D деконволюция Эйлера была применена для определения местоположения и глубины разломов в исследуемой области. Полученные решения эйлеровой деконволюции магнитных данных показаны на Рис. 2.11. Решения Эйлера были применены на карте аномального магнитного поля, приведённого к полюсу, с использованием программы Геософт.

В настоящем исследовании структурный индекс СИ, который был применен для выбора наилучшего решения на карте аномального магнитного поля, приведённого к полюсу, был равен 0, 1, 2 и 3. Значение индекса структуры СИ= 0 указывает на контакт или разлом, значение индекса структуры СИ=1 указывает на дайки, значение индекса структуры СИ=2 указывает на цилиндр или трубы и значение индекса структуры СИ=3 указывает на сферы [47]. Результаты применения 3D деконволюции Эйлера для структурного индекса равного нулю показаны на Рис. 2.11А, для структурного индекса равного 1 - на Рис. 2.11Б, для структурного индекса равного 3 – на Рис. 2.11Г.

Структурный индекс СИ=0 дает наилучшие решения, чем другие структурные индексы 1, 2 и 3, потому что полученные с этим индексом данные закономерно сосредоточены в определенных местах в исследуемой области и не распределены хаотично в исследуемой области как данные, полученные со структурными индексами 1, 2 и 3. Структурный индекс СИ = 0 дает хорошее представление о местоположениях и глубинах геологических разломов в исследуемом районе (Рис. 2.11А).



Рис. 2.11. (А) 3D решения Эйлера для структурного индекса СИ=0; (Б) для структурного индекса СИ=1; (В) для структурного индекса СИ=2; (Г) для структурного индекса СИ=3

Таким образом, глубина пород фундамента в исследуемом районе определялась двумя методами: 2D и 3D магнитным моделированием. Согласование между этими двумя способами очень высокое. Показано, что область исследования затронута разломами. Эти разломы были определены тремя методами, а именно техникой первой вертикальной производной, методом обнаружения края источника и 3D деконволюции Эйлера для структурного индекса СИ=0.

2.8. Обсуждение и выводы интерпретации магнитных данных

Карта аномального магнитного поля приведённого к полюсу указывает на то, что: Восточная часть исследуемого района характеризуется низкой магнитной аномалией, которая указывает на большую глубину залегания пород фундамента. Северная, северо-восточная и западная части исследуемого района характеризуются высокой магнитной аномалией, которая указывает на небольшую глубину пород фундамента (Рис. 2.4).

Карта аномального магнитного поля приведённого к полюсу использовалась для расчета карты глубины фундамента. Согласно этой карте наибольшая глубина поверхности фундамента наблюдается в восточной части района исследований (глубина поверхности фундамента больше 2000 м), тогда как наименьшая глубина поверхности фундамента отмечается в северовосточной, северной, северо-западной и западной частях области исследования (глубина поверхности фундамента меньше 1600 м). Таким образом, наибольшую толщину осадочный чехол имеет в восточной части района исследований, а наименьшую толщину - в северовосточной, северной, северо-западной и западной частях исследуемого района (Рис. 2.9).

Карта геологических разломов в районе исследования указывает направления разломов в исследуемом районе (Рис. 2.6Б).

Карта результатов применения 3D деконволюции Эйлера для структурного индекса равного нулю показана на рисунке 2.11А. Эта карта использовалась для создания карты 3D деконволюции Эйлера для структурного индекса СИ=0 до глубины 300 м и, соответственно, для определения местоположения и глубины разломов до глубины 300 м (Рис.2.12). Эта карта указывает на то, что в восточной части исследованного района есть много разломов в интервале глубин от 100м до 300 м, т.е. в интервале глубин исследования (Рис.2.12).



Рис. 2.12. 3D решения Эйлера для структурного индекса СИ=0 до глубины 300м

Сравнение между этими картами: карта аномального магнитного поля приведённого к полюсу, карта глубины фундамента, карта геологических разломов в районе исследования и карта 3D деконволюции Эйлера для структурного индекса СИ=0 до глубины 300м, полученными с использованием программ Arc Map "версия 10.5" and Arc Scene "версия10.5", показывает, что;

1) в восточной части исследуемого района глубина кровли фундамента наибольшая, и следовательно, наибольшая толщина осадочного чехла (Рис.2.13).

2) в восточной части исследуемый район окружен разломами, начинающимися от 100 м глубины до 300 м (Рис.2.13).

3) Висячее крыло этих разломов направлено в сторону уменьшения магнитных аномалий к восточной части исследуемого района (Рис.2.13).

Следовательно, в восточной части исследуемой территории увеличивается возможность накопления подземных вод.



Рис. 2.13. Сравнение между картами (карта аномального магнитного поля приведённого к полюсу, карта глубины фундамента, карта геологических разломов в районе исследования и карта 3D деконволюции Эйлера для структурного индекса равного нулю до глубины 300м)

Как уже упоминали выше, основные водоносные горизонты в исследуемом районе расположены в нубийском песчанике, который залегает непосредственно на поверхности фундамента. Нубийский водоносный горизонт состоит из песчаника с прослоями глины и подразделяется на пять зон (А, Б, В, Г и Д). Зоны А, Б и В, - залегают на глубине менее 300 метров. Глубокие водоносные горизонты зоны Г и Д залегают на глубине более 300 метров [31, 41, 52, 62, 85].

Чтобы поддерживать население исследуемого района грунтовыми водами, которые необходимы для питьевых и ирригационных целей, был применен комплекс геофизических методов, включающий ГИС, ВЭЗ и ЗСБ, для определения характеристик неглубоких подземных водоносных горизонтов в исследуемом районе до глубины 250 м.

<u>выводы</u>

1- Глубина поверхности фундамента в исследуемой территории колеблется от 1150 м до 2150 м.

2- В Северо-восточном, Северо-западном, Северном и Западном районах исследуемой территории глубина залегания поверхности пород фундамента значительно меньше, чем в восточной части исследуемой территории. Соответственно толщина осадочного чехла наибольшая в восточной части района исследования. Следовательно, в восточной части исследуемой территории увеличивается возможность накопления подземных вод.

3- Основными направлениями разломов являются 3-В, СВ-ЮЗ и СЗ-ЮВ направления.

3. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ КАРОТАЖА СКВАЖИН ПРИ ПОИСКАХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОАЗИСА ЭЛЬ-БАХАРИЯ, ЗАПАДНАЯ ПУСТЫНЯ, ЕГИПЕТ

3.1. Введение о геофизических методах исследования скважин

Геофизические методы исследования скважин (ГИС) – это совокупность физических и физико-химических методов для получения информации о горных породах, пересеченных скважиной и о техническом состоянии скважин (Рис. 3.1).

Геофизические методы исследования скважин (ГИС) включает в себя большое количество способов исследования. Всего существует свыше 50 методов ГИС.

В настоящем исследовании комплекс методов каротажа скважин включает кривые электрического и гамма каротажа. Электрический каротаж проведен двумя потенциал-зондами: коротким потенциал-зондом длиной 16 дюймов "R₁₆" и длинным потенциал-зондом длиной 64 дюйма "R₆₄".



Рис. 3.1. Геофизические исследования скважин (ГИС)

3.2. Цели интерпретации данных каротажа скважин

Район исследования расположен на северной части оазиса Эль-Бахария, Западная пустыня, Египет в окрестностях деревни Мандиша в 2.56 км от дороги Каир – Оазис Эль-Бахария (Рис. 1.2).

Население этого района страдает от дефицита поверхностных вод, необходимых для хозяйственно-бытовых нужд и сельскохозяйственной деятельности. Кроме того, эта вода могут быть загрязнена отходами расположенного недалеко от района исследования рудника Эль– Гедида, где ведется добыча и переработка железной руды и находится в северо-восточной части исследуемого района (Рис. 3.2). Для снабжения населения качественной водой необходимо отбирать ее из более глубоких горизонтов.

Основной водоносный горизонт в исследуемом районе расположен в нубийском песчанике, который залегает непосредственно на поверхности фундамента. Нубийский песчаник датируется сеноманом. Нубийский песчаник состоит из песчаника от мелкого до грубого с прослоями глины. Водоносный горизонт Нубийского песчаника в оазисе Эль-Бахария подразделяется на две группы: неглубокие и глубокие водоносные горизонты. Неглубокие водоносные горизонты: зоны А, Б и В, - залегают на глубине менее 300 метров. Глубокие водоносные горизонты зоны Г и Д залегают на глубине более 300 метров. Глубина зоны А колеблется от 5м до 50м. Глубина зоны Б колеблется от 100 м до 170 м. Глубина зоны В колеблется от 200м до 300м. Глубина зоны Г изменяется от 500м до 800м. Глубина зоны Д колеблется от 1000м до 1200м [31, 41, 52, 62, 85].

В этом исследовании геофизические методы исследования скважин были использованы для оценки глубины залегания и строения водоносного горизонта в Зоне Г в северной части оазиса Эль – Бахария и построения геоэлектрической модели, используемой для интерпретации данных вертикальных электрических зондирований (Метод ВЭЗ) и интерпретации данных зондирования становлением поля в ближней зоне (Метод ЗСБ).

3.3. Сбор данных каротажа скважин

Для снабжения населения водой компания РИГВА с 1990 по 2010 год пробурила в оазисе Эль-Бахария много скважин. Однако в настоящее время большинство скважин воду не дают изза падения уровня пьезометрического давления подземных вод.

В этом исследовании были выбраны 7 скважин вокруг исследуемой области для оценки глубокого водоносного горизонта подземных вод в Зоне Г в северной части оазиса Эль-Бахария.



Эти скважины Эль-Забу 1998, Эль-Бавити 2008, Эль-Хзан, Мандйща, Эль-Забу 2007, Эль-Харра 13 и Табела 12 (Рис. 3.2). Все эти скважины пробурены до глубины 950 м.

Рис. 3.2. Карта расположения скважин в оазисе Эль-Бахария. 1- Дорога, 2- Район исследований: магниторазведка, ВЭЗ, ЗСБ и отбор проб воды, 3- Геофизические исследования в скважине Эль- Хзана, 4- Деревня Эль-Хиза, 5- Профиль П1 -П1[\], 6- Район исследования методами ГИС

3.4. Интерпретация данных каротажа скважин

Данные каротажа оцифровывались в программе Solver (версия 7) в регулярном интервале глубин, хранящихся в файлах данных [46]. Пример данных каротажа скважин, созданных программой Geooffice Solver, показан в таблице 3.1.

Глубина	GR	R ₆₄	R ₁₆	Кровля	Подошва	Hπ	GRΠ
600	37.77778	23.37662	12.98701	600	606	6	57.02128
600.2	36.49524	22.4282	12.98701	606	620.8	14.8	13.61702
600.4	35.95344	21.47978	12.98701	620.8	637.4	16.6	74.89362
600.6	25.61693	20.77922	12.98701	637.4	650.6	13.2	8.510638
600.8	27.24233	20.77922	12.98701	650.6	715.8	65.2	20.42553

Примеры данных каротажа скважин, созданных программой Geooffice Solver

Данные каротажа использовались для построения литологического разреза скважины, определения глубины водоносного горизонта в зоне Г на северной части оазиса Эль-Бахария, и построения геоэлектрической модели, которой используемой для интерпретации данных ВЭЗ.

Комплекс методов каротажа в используемых скважинах включает: 1.Метод КС потенциалзондами фирмы Шлюмберже A64M и A16M (здесь длины зондов даны в дюймах); 2.Метод естественной радиоактивности ГК в единицах API (1 мкР/ч=10 API).

Потенциал зонды обладают разной глубиной исследования: короткий потенциал-зонд A16M несет информацию о сопротивлении зоны проникновения в проницаемых пластах, в которой пластовая вода замещена фильтратом бурового раствора, а длинный потенциал – зонд несет информацию о сопротивлении неизмененной части проницаемого пласта. Поэтому кривые зондов A64M и A16M расходятся против коллекторов; проницаемых водоносных зон (A, Б, В и Г, особенности в зоне Г) и совпадают против непроницаемых пластов глин.

Интерпретация данных каротажа скважин

1. Скважина Эль- Бавити 2008 расположена в точке с координатами 28.354° С, 28.815° В, альтитуда устья скважины 127м (Рис. 3.2). Глубина скважины в диапазоне от 600м до 825м. Кажущееся сопротивления длинного потенциал зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 70.65 до 145.10 Ом.м., а против глин от 18.48 до 45.11 Ом.м. Показания ГК против пластов глин изменяются в пределах от 58.70 до 83.15 АРІ, а против водоносных зон Г от 12.5 до 29.57 АРІ (Рис. 3.3).

По данным каротажа геологический разрез скважины Эль- Бавити 2008 включает 3 слоя: первый слой - глина (от 600 м до 620 м); второй слой - песчаник с незначительными прослоями глины (зона Г «от 620 м до 755 м») и третий слой - глина с незначительными прослоями песчаника (от 755 м до 825 м). Основным водоносным горизонтом в скважине Эль- Бавити 2008 является зона Г, которая залегает в интервале глубин от 620 м до 755 м (Рис. 3.3).



2. Скважина Эль- Хзан расположена в точке с координатами 28.338° С, 28.868° В, альтитуда устья скважины 139м (Рис. 3.2). Глубина скважины в диапазоне от 650м до 875м. Кажущееся сопротивления длинного потенциал зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 90.76 до 143.52 Ом.м., а против глин от 21.74 до 48.91 Ом.м. Показания ГК против пластов глин изменяются в пределах от 93.48 до 128.26 АРІ, а против водоносных зон Г от 22.28 до 51.63 АРІ (Рис. 3.4).

По данным каротажа геологический разрез скважины Эль- Хзан включает 5 слоев: первый слой - глина с незначительными прослоями песчаника (от 650м до 680м); второй слой - песчаник с незначительными прослоями глины (зона Г «от 680 м до 785 м»); третий слой - глина с незначительными прослоями песчаника (от 785 м до 840 м); четвертый слой - песчаник (от 840м до 855м) и пятый слой - глина (от 855м до 875м). Основным водоносным горизонтам в скважине Эль- Хзан является зона Г, которая залегает в интервале глубин от 680 до 785 м (Рис. 3.4).



Рис. 3.4. Скважина Эль- Хзан

3. Скважина Мандйща расположена в точке с координатами 28.353° С, 28.912° В, альтитуда устья скважины 124м (Рис. 3.2). Глубина скважины в диапазоне от 600м до 850м. Кажущееся сопротивления длинного потенциал зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 77.40 до 150.69 Ом.м., а против глин от 19.86 до 47.26 Ом.м. Показания ГК против пластов глин изменяются в пределах от 45.21 до 101.37 АРІ, а против водоносных зон Г от 13.73 до 28.73 АРІ (Рис. 3.5).

По данным каротажа геологический разрез скважины Мандйща включает 5 слоев: первый слой - глина с незначительными прослоями песчаника (от 600 м до 620 м); второй слой - песчаник (зона Г «от 620 м до 690 м»); третий слой - глина с незначительными прослоями песчаника (от 690 м до 780 м); четвертый слой - песчаник с незначительными прослоями глины (от 780м до 840м) и пятый слой - глина (от 840м до 850м). Основным водоносным горизонтам в скважине Мандйща является зона Г, которая залегает в интервале глубин от 620 до 690 м (Рис. 3.5).



4. Скважина Эль- Забу 2007 расположена в точке с координатами 28.369° С, 28.936° В, альтитуда устья скважины 104м (Рис. 3.2). Глубина скважины в диапазоне от 600м до 875м. Кажущееся сопротивления длинного потенциал зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 69.02 до 123.37 Ом.м., а против глин от 11.96 до 38.05 Ом.м. Показания ГК против пластов глин изменяются в пределах от 67.39 до 87.5 АРІ, а против водоносных зон Г от 21.73 до 27.03 АРІ (Рис. 3.6).

По данным каротажа геологический разрез скважины Эль- Забу 2007 включает 7 слоев: первый слой - глина с незначительными прослоями песчаника (от 600 м до 660 м); второй слой - песчаник (от 660 м до 680 м); третий слой - глина с незначительными прослоями песчаника (от 680 м до 718 м); четвертый слой - песчаник с незначительными прослоями глины (зона Г «от 718м до 785м»); пятый слой - глина (от 785м до 793м); шестой слой - песчаник с незначительными прослоями глины (зона Г «от 718м до 785м»); пятый слой - глина (от 785м до 793м); шестой слой - песчаник с незначительными прослоями глины (от 793м до 827м) и седьмой слой - глина с незначительными прослоями песчаника (от 827м до 875м). Основным водоносным горизонтам в скважине Эль- Забу 2007 является зона Г, которая залегает в интервале глубин от 718м до 785м (Рис. 3.6).



5. Скважина Эль- Забу 1998 расположена в точке с координатами 28.412° С, 28.955° В, альтитуда устья скважины 91м (Рис. 3.2). Глубина скважины в диапазоне от 600м до 950м. Кажущееся сопротивления длинного потенциал зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 85.33 до 126.09 Ом.м., а против глин от 21.96 до 65.22 Ом.м. Показания ГК против пластов глин изменяются в пределах от 56.52 до 91.82 АРІ, а против водоносных зон Г от 9.78 до 25.49 АРІ (Рис. 3.7).

По данным каротажа геологический разрез скважины Эль- Забу 1998 включает 9 слоев: первый слой - глина (от 600 м до 606 м); второй слой - песчаник (от 606 м до 621 м); третий слой - глина (от 621 м до 638 м); четвертый слой - песчаник с незначительными прослоями глины (зона Г «от 638 м до 738 м»); пятый слой - глина с незначительными прослоями песчаника (от 738 м до 769 м); шестой слой - глина (от 769 м до 823 м); седьмой слой - песчаник (от 823 м до 850 м»); восьмой слой - глина (от 850 м до 885 м) и девятый слой - песчаник с незначительными прослоями глины глины (от 885 м до 950 м). Основным водоносным горизонтам в скважине Эль- Забу 1998 является зона Г, которая залегает в интервале глубин от 638 м до 738 м (Рис. 3.7).



6. Скважина Табела_12. Ближайшая скважина к району исследования скважина Табела_12, которая расположена в 2-х км от него в точке с координатами 28.333° C, 28.933° B, альтитуда устья скважины 136м (Рис. 3.2). Глубина скважины в диапазоне от 0 м до 800 м. Кажущееся сопротивления длинного потенциал зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 326.09 до 668.45 Ом.м., а против глин от 48.91 до 138.59 Ом.м. Показания ГК против пластов глин изменяются в пределах от 55.84 до 71.74 API, а против водоносных зон Г от 13.86 до 31.38 API (Рис. 3.8).

По данным каротажа геологический разрез скважины Табела_12 до глубины 800м включает 12 слоев (Рис. 3.8): первый слой - песчаник с незначительными прослоями глин (от 0 м до 10 м); второй слой - песчаник (зона А «от 10 м до 30 м»); третий слой - песчаник с незначительными прослоями глин (от 30 м до 110 м); четвертый слой - песчаник (зона Б «от 110 м до 160 м»); пятый слой - глина с незначительными прослоями песчаника (от 160 м до 200 м); шестой слой - песчаник

(зона В «от 200 м до 220 м»); седьмой слой - глина (от 220 м до 280 м); восьмой слой - песчаник (зона В «от 280 м до 300 м»); девятый слой - глина с незначительными прослоями песчаника (от 300 м до 430 м); десятый слой - глина (от 430 м до 570 м); одиннадцатый слой - песчаник с незначительными прослоями глин (зона Г «от 570 м до 685 м») и двенадцатый слой - глина (от 685 м до 800 м).

Уровень воды в скважине 9.9 м. Поэтому интервале от 0 до 9.9 метров скважина документирована по керну. Основными водоносными горизонтами в скважине Табела_12 являются зоны А, Б, В и Г. Зона А залегает в интервале глубин от 10 до 30 м, зона Б залегает в интервале глубин от 10 до 30 м, зона Б залегает в интервале глубин от 200 до 220 м и от 280 до 300 м, и зона Г залегает в интервале глубин от 570 м до 685 м (Рис. 3.8).



7. Скважина Эль- Харра_13: Скважина Эль- Харра_13 расположена в точке с координатами 28.295° С, 29.065° В, альтитуда устья скважины 127м (Рис. 3.2). Глубина скважины Эль- Харра_13 в диапазоне от 0 м до 700 м. Кажущееся сопротивления длинного потенциал зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 664 до 1369 Ом.м., а против глин от 48.91 до 146 Ом.м. Показания ГК против пластов глин изменяются в пределах от 41.57 до 70.11 АРІ, а против водоносных зон Г от 12.64 до 20.79 АРІ (Рис. 3.9).



Рис. 3.9. Скважина Эль- Харра_13

По данным каротажа геологический разрез скважины Эль- Харра_13 включает 10 слоев: первый слой - глина (от 0м до 30м); второй слой - песчаник (зона А «от 30м до 40м»); третий слой - глина (от 40м до 50м); четвертый слой - песчаник с незначительными прослоями глин (зона Б «от 50м до 160м»); пятый слой - глина (от 160м до 200м); шестой слой - песчаник (зона В «от 200м до 227м»); седьмой слой - глина (от 227м до 280м); восьмой слой - песчаник (зона В «от 280м до 298м»); девятый слой - глина (от 298м до 530м) и десятый слой- песчаник с незначительными прослоями глин (зона Г «от 530м до 700м»).

В интервале от 0 до 30 метров скважина документирована по керну. Основными водоносными горизонтами в скважине Эль- Харра_13 являются зоны А, Б, В и Г. Зона А залегает в интервале глубин от 30 до 40 м, зона Б залегает в интервале глубин от 50 до 160 м, зона В залегает в интервалах глубин от 200 до 227 м и от 280 до 298 м, и зона Г залегает в интервале глубин от 530 м до 700 м (Рис. 3.9).

3.5. Построения геоэлектрических разрезов

Результаты интерпретации скважин были использованы для построения геоэлектрических разрезов в северной части оазиса Эль-Бахария. Эти геоэлектрические разрезы позволили определить глубины и толщины водоносных горизонтов в зоне Г в северной части оазиса Эль-Бахария.

1. Первый профиль (П₁-П₁) построен по данным корреляции каротажа скважин Эль-Бавити 2008, Эль-Хзан, Мандища, Эль-Забу 2007 и Эль-Забу 1998. Длина профиля 18.18 км, направление ЮЗ-СВ (Рис. 3.2).

Зона Г залегает вдоль первого профиля в интервале глубин от 620м до 785м. Её толщина колеблется от 67 м (скважина Эль-Забу 2007) до 135м (скважина Эль-Бавити 2008). Зона Г состоит из песчаника с незначительными прослоями глин (скважины Эль-Бавити 2008, Эль-Хзан, Эль-Забу 2007 и Эль-Забу 1998) или сложена песчаником (скважина Мандйща) (Рис. 3.10).

Кажущееся сопротивления длинного потенциал- зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 69.02 до 150.69 Ом.м. Показания ГК против водоносных пластов в зоне Г изменяются в пределах от 9.78 до 51.63 АРІ (Рис. 3.10).

Показания короткого и длинного потенциал- зондов (R₁₆ и R₆₄) и ГК. против водоносных пластов в зоне Г во всех скважинах вдоль первого профиля приведены в таблице 3.2.

2. Второй профиль (П2-П2¹) построен по результатам корреляции данных каротажа 4–х скважин: Эль-Бавити 2008, Эль-Хзан, Табела_12 и Эль-Харра_13. Длина профиля 25.46 км, направление 3-В (Рис. 3.2).

Зона Г залегает в интервале глубин от 530м до 785м. Её толщина колеблется от 105 м (в скважине Эль-Хзан) до 170 м (в скважине Эль-Харра_13). Зона Г состоит из песчаника с незначительными прослоями глин (Рис. 3.11).

Кажущееся сопротивления длинного потенциал- зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 70.65 до 1369 Ом.м. Показания ГК против водоносных пластов в зоне Г изменяются в пределах от 12.5 до 51.63 АРІ (Рис. 3.11).

Показания короткого и длинного потенциал- зондов (R₁₆ и R₆₄) и ГК в всех скважинах вдоль второго профиля приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2.

Глубина Толщина **R**₁₆ (Ом.м) ГК (АРІ) Номер Название **R**₆₄ (Ом.м) (M) профиля Скважины **(M)** От От От До От До Дo До Эль-Бавити Первый профиль (П₁-П₁) 620 755 135 42.39 98.37 70.65 145.10 12.5 29.57 2008 Эль-Хзан 680 785 105 58.70 92.93 90.76 143.52 22.28 51.63 Мандйща 620 690 70 102.74 77.40 150.69 13.73 58.22 28.73 Эль-Забу 718 785 27.03 67 36.41 56.52 69.02 123.37 21.73 2007 Эль-Забу 638 738 100 69.02 96.20 85.33 126.09 9.78 25.49 1998 Второй профиль (П2-П2^{\)} Эль-Бавити 755 70.65 145.10 620 42.39 98.37 12.5 29.57 135 2008 Эль-Хзан 680 785 58.70 92.93 90.76 143.52 22.28 105 51.63 Табела 12 570 326.09 685 115 264.95 436.14 668.45 13.86 31.38 Эль-530 700 170 501.36 680.71 664 12.64 20.79 1369 Xappa 13

Показания короткого и длинного потенциал- зондов (R₁₆, R₆₄) и ГК в скважинах против зоны Г



Рис. 3.10. Геоэлектрический разрез вдоль первого профиля (П₁-П₁[\]) по корреляции между скважинами по потенциальным зонды R₁₆, R₆₄ и GR на первом профиле (П₁ - П₁[\])



Рис. 3.11. Геоэлектрический разрез вдоль второй профиля (П₂-П₂¹) по корреляции между скважинами по потенциал- зондам R₁₆, R₆₄ и GR на втором профиле (П₂ - П₂¹)

3.6. Создание геоэлектрической модели для интерпретации данных ВЭЗ и данных ЗСБ

Как упоминалось предварительно, водоносный горизонт нубийского песчаника в оазисе Эль-Бахария состоит из 5 зон (А, Б, В, Г и Д). Скважина Табела_12 (Рис. 3.8) расположена в 2 км от него в северо-западной части исследуемого района. Эта скважина включает 4 зоны (зоны А, Б, В и Г). Параметры водоносных зон, определенных по данным комплекса ГИС в скважине Табела_12, представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3.

зоны	ГЛУБИНА (М)	ТОЛЩИНА (М)	GR (API)	R ₁₆ (OM.M)	R64 (OM.M)
Зона А	10 - 30	20	15.67	85 - 320	167 - 419
Зона Б	110 - 160	50	14.29	157-286	277 - 613
Зона В, Первый Слой	200 - 220	20	21.20	88 - 258	295 - 452
Зона В, Второй Слой	280 - 300	20	21.65	69 - 272	313 - 484
Зона Г	570 - 685	115	22.62	265 - 436	326 - 669

Параметры водоносных зон в скважине Табела_12

На данном этапе исследований максимальная глубина используемого ствола скважины Табела_12 составляет 250м (Рис. 3.12). По результатам интерпретации комплекса ГИС в скважине Табела_12 была построена геоэлектрическая модель до глубины 250м, которая была использована для интерпретации данных вертикального электрического зондирования (Метод ВЭЗ) и данных зондирования становлением поля в ближней зоне (Метод ЗСБ).

Уровень воды в скважине Табела_12 составляет 9.9 м. Поэтому интервале от 0 до 9.9 метров скважина документирована по керну (Рис. 3.12). Геоэлектрическая модель, использованная для интерпретации данных ВЭЗ и данных ЗСБ состоит из 7 слоев (Таблица 3.4 и Рис. 3.12).

Таблица 3.4.

Геоэлектрическая модель для интерпретации данных ВЭЗ и данных ЗСБ

№ Слоя	Литология	Глубина (М)	Толщина (М)	Удельное Сопротивление (Ом.М)
Первый Слой	Песчаник, переслаиваемый глиной	0 — 10м	10м	
Второй слой	Песчаник (зона А)	10-30м	20 м	400 Омм
Третий слой	Песчаник, переслаиваемый глиной	30 - 110 м	80 м	180 Омм
Четвертый слой	Песчаник (зона Б)	110 - 160 м	50 м	500 Омм
Пятый слой	Глина переслаиваемая Песчаником	160 - 200 м	40 м	80 Омм
Шестой слой	Песчаник (зона В)	200 - 220 м	20 м	500 Омм
Седьмой слой	Глина	220 м -		70 Омм



Рис. 3.12. Скважина Табела_12 до глубины 250м

3.7. Результаты интерпретации данных каротажа скважин

В этом исследовании 7 скважин были использованы для оценки глубины и строения водоносного горизонта в Зоне Г в северной части оазиса Эль - Бахария и построения геоэлектрической модели, используемой для интерпретации данных ВЭЗ и данных ЗСБ в районе исследования.

Результаты проведенных исследований следующие:

1. Геоэлектрическая модель, использованная для интерпретации данных ВЭЗ и данных ЗСБ в районе исследования состоит из 7 слоев; первый слой - песчаник с незначительными прослоями глин (от 0 м до 10 м); второй слой - песчаник (зона А «от 10 м до 30 м»); третий слой - песчаник с незначительными прослоями глин (от 30 м до 110 м); четвертый слой - песчаник (зона Б «от 110 м до 160 м»); пятый слой - глина с незначительными прослоями песчаника (от 160 м до 200 м); шестой слой - песчаник (зона В «от 200 м до 220 м»); седьмой слой - глина (более 220 м).

2. Зона Г залегает в северной части оазиса Эль_Бахария в интервале глубин от 530м (в скважине Эль-Харра_13) до 785м (в скважине Эль-Забу 2007), и её Толщина изменяется от 67m (в скважине Эль-Забу 2007) до 170m (в скважине Эль-Харра 13).

3. Зона Г в северной части оазиса Эль_Бахария состоит из песчаника (скважина Мандйща) или песчаника с незначительными прослоями глин (скважина Эль-Забу 1998, скважина Эль-Бавити 2008, скважина Эль-Хзан, скважина Эль-Забу 2007, скважина Эль-Харра_13 и скважина Табела_12).

4. Кажущееся сопротивление длинного потенциал-зонда в зоне Γ в северной части оазиса Эль_Бахария изменяется в пределах от 69.02 Ом.м (в скважине Эль-Забу 2007) до 1369 Ом.м (в скважине Эль-Харра_13), а кажущееся сопротивление короткого потенциал-зонда в зоне Г в северной части оазиса Эль_Бахария изменяется в пределах от 36.41 Ом.м (в скважине Эль-Забу 2007) до 680.71 Ом.м (в скважине Эль-Харра_13).

5. Показания ГК в зоне Г в северной части оазиса Эль_Бахария изменяются в пределах от 9.78 API (в скважине Эль-Забу 1998) до 51.63 API (скважине Эль-Хзан).

4. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ (ВЭЗ) И ДАННЫХ ЗОНДИРОВАНИЯ СТАНОВЛЕНИЕМ ПОЛЯ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ (МЕТОД ЗСБ) ПРИ ПОИСКАХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ОАЗИСЕ ЭЛЬ-БАХАРИЯ, ЗАПАДНАЯ ПУСТЫНЯ, ЕГИПЕТ 4.1. Введение в электроразведке (ВЭЗ И ЗСБ)

Электроразведка начала свое развитие в качестве метода прикладной геофизики в начале XX века благодаря фундаментальным исследованиям братьев Шлюмберже [94]. Метод вертикальных электрических зондирований являются одними из самых распространенных и простых методов изучения сред в электроразведке [1, 7, 9, 10, 14].

На рис. 4.1 представлена симметричная 4–х электродная установка Шлюмберже для проведения вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ). Установка включает два питающих электрода A и B и два измерительных электрода M и N. Электроды A и B питаются постоянным током либо током низкой частоты. Электроды установки ВЭЗ расположены симметрично относительно средней точки O, к которой относят результаты измерения разности потенциалов между электродами M и N. Глубина зондирования определяется разносом электродов A и B. При каждом разносе AB по результатам измерения тока в питающей цепи и разности потенциалов между электродами M и N рассчитывается кажущееся сопротивление. Результаты измерений методом ВЭЗ представляются в виде зависимости величины кажущегося сопротивления от величины разноса AB. По результатам последующей интерпретации данных измерений определяются удельные сопротивления и толщины слоев, слагающих геологический разрез [1, 9].



Рис. 4.1. Распределение силовых линий электрического поля в геологической среде в установке Шлюмберже

Удельное электрическое сопротивление горных пород зависит от их пористости, проницаемости, температуры, содержания пластовой воды и ее минерализации. Увеличение

пористости горных пород, минерализации пластовой воды и температуры вызывает уменьшение удельного сопротивления пород. Присутствие глин и проводящих минералов в породе также снижает ее удельное сопротивление [96].

Конрад и Марсель Шлюмберже первыми начали изучение ЭМ полей в земной коре посредством воздействия на нее электрическим током. В настоящее время одним из основных методов электроразведки при изучении осадочного чехла является метод зондирования становлением поля в ближней зоне - метод ЗСБ [2, 6]. Метод ЗСБ начал развиваться в 70-80 годы XX вв., его продвижение связано с именами Г.А. Исаева, Ф.М. Каменецкого, А.А. Кауфмана, Г.М. Морозова, А.К. Захаркина, Б.И. Рабиновича, В.А. Сидорова, В.В. Тикшаева, L. Buselli, T. Lee, J. McNeill, K. Vozoff, P. Weidelt и др [8, 26, 65, 68].

Зондирования становлением поля в ближней зоне (Метод ЗСБ) основан на изучении электромагнитного поля, устанавливающегося в земной коре при резком изменении тока в источнике. Выключение тока в генераторной петле вызывает появление индукционных токов, которые распространяются от дневной поверхности на глубину [7]. Систему возбуждения магнитного поля и регистрации сигнала от исследуемого разреза можно представить следующим образом (см. рисунок 4.2). В соответствии с законом Фарадея, при выключении тока в генераторной петле – первичного ЭМ поля, в подстилающих породах индуцируется ЭДС. Причем амплитуда ЭДС пропорциональна скорости изменения первичного магнитного поля источника. ЭДС, в свою очередь, создает вихревые токи (вторичное ЭМ поле), которые затухают в зависимости от проводимости и геометрических параметров слоев – так называемое становление поля. Затухающие вихревые токи создают вторичное магнитное поле, а его скорость изменения во времени измеряют с помощью приемных датчиков [3, 4, 5, 11]. Скорость диффузионного тока зависит от проводимости земли. В резистивных слоях токи будут распространяться медленнее [67].



Рис. 4.2. Схематическое представление системы возбуждения вихревых токов [3]

4.2. Цели интерпретации данных вертикальных электрических зондирований (метод ВЭЗ) и данных зондирования становлением поля в ближней зоне (метод ЗСБ)

Район исследования расположен в окрестностях деревни Мандиша в Оазисе Эль-Бахария в Западной пустыни Египта (Рис. 1.2). Он страдает от нехватки поверхностных вод. Поэтому необходимо искать другой источник воды как неглубокие подземные воды в исследуемом районе.

Как уже упоминалось раньше, основные водоносные горизонты в исследуемом районе расположены в нубийском песчанике (сеноман). Нубийский песчаник представлен мелкими до грубых разностями с прослойками глины. Нубийский песчаник включает пять водоносных горизонтов: зоны А, Б, В, Г и Д. Неглубокие водоносные горизонты зоны А, Б и В в оазисе Эль-Бахария залегают на глубине меньше, чем 300 м. Глубина зоны А колеблется от 5м до 50м, глубина зоны Б колеблется от 100 м до 170 м и глубина зоны В колеблется от 200м до 300м [31, 41, 52, 62, 85].

В настоящем исследовании; приведены результаты интерпретации данных вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) и результаты интерпретации данных зондирования становлением поля в ближней зоне (метод ЗСБ) для определения неглубоких подземных водоносных горизонтов в зонах А, Б и В в исследуемом районе.

Результаты интерпретации данных методов ВЭЗ и ЗСБ были использованы для:

1. Применение метода ЗСБ для поисков неглубоких подземных водоносных горизонтов при наличии экранов электрического поля, делающих невозможным интерпретацию кривых ВЭЗ (ВЭЗ № 4 и ВЭЗ № 5).

2. Сравнение результатов интерпретации данных двух методов ЗСБ и ВЭЗ для получения более достоверных данных о глубине и толщине неглубоких подземных водоносных горизонтов до 250м в районе исследований.

3. Построение карт глубины, толщины и удельного сопротивления подземных водоносных горизонтов в зонах А, Б и В.

4. Определение лучшего места для бурения водозаборных скважин в исследуемой территории.

4.3. Метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ)

4.3.1. ПРИМЕНЯЕМАЯ АППАРАТУРА

В этом исследовании использовалась многоэлектродная станция «Syscal/R2» (компания IRIS, Франция), предназначенная для проведения поисковых съемок методами постоянного электрического тока. Эта аппаратура широко используется в Египте при проведении работ методами вызванной поляризации, вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и электротомографии [100].

Комплект аппаратуры электроразведочной станции «Syscal/R2» включает косы питающих и приемных электродов, коммутатор, преобразователь постоянного или переменного тока и генератор (Рис. 4.3).

Станция Syscal/R2 имеет автоматический диапазон усиления как для напряжения, так и для тока. Цифровое накопление использовано для уменьшения шума с максимумом 250 значений. Во время накопления оператор может контролировать или мгновенное значение, или кумулятивное среднее значение. Разрешение после накопления составляет 0.1 мкВ. Стандартное отклонение каждого показания также отображается и сохраняется. Syscal/R2 вычисляет кажущееся сопротивление на основе типа массива и геометрических параметров, которые были введены. До 1000 отсчетов могут быть сохранены. Передача данных осуществляется по последовательной связи [100].

Вторым компонентом системы Syscal/R2 является преобразователь мощности. Это может быть либо преобразователь постоянного тока, либо преобразователь переменного тока с питанием от генератора двигателя. В нижнем диапазоне мощности 250 Ватт постоянного тока преобразователь DC/DC питается от внешнего 12В аккумулятора. В диапазоне 1200 Ватт преобразователь AC/DC питается от стандартного генератора [100].

Третьим компонентом в системе является сам источник питания, либо 12 Вольт, либо 220 Вольт, (либо аккумулятор, либо генератор). Запоминающее устройство сохраняет во внутренней памяти до 24800 значений. Каждое значение включает в себя ток, напряжение, величину ПС, удельного сопротивления, поляризуемости, разнос электродов, количество станций и т. д. Максимальный выходной ток составляет 2.5 Ампер, Точность определения выходного тока составляет 10 мкА. Рабочая температура от -20° С до +70° С [100].



Рис. 4.3. Многоэлектродная электроразведочная станция «Syscal R2»

4.3.2. СБОР ДАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (ВЭЗ)

Вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ) были проведены в окрестностях деревни Мандиша с использованием французского геофизического оборудования SYSCAL R2 (Рис. 4.4А). ВЭЗ применили для обнаружения неглубоких зон подземных водоносных горизонтов (зоны А, Б и В) в исследуемом районе.



Рис. 4.4. Проведение методов ВЭЗ и ЗСБ. А) Во время измерения данных ВЭЗ. Б) Во время измерения данных метода ЗСБ. В) Карта местоположения точек и профили методов ВЭЗ и ЗСБ нанесено на карту глубины фундамента

Семнадцать ВЭЗ были проведены в пределах исследуемого участка с использованием установки Шлюмберже с разносами AB/2 в пределах от 1 до 1000 м. ВЭЗ №.1, проведенный рядом с скважиной Табела 12, применен для корреляции между данными ВЭЗ и геологической информацией по каротажным данным в скважине Табела 12 (Рис. 4.4В).

4.3.3. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (ВЭЗ)

Использовались два метода количественной интерпретации вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) для определения удельного электрического сопротивления и толщин последовательно залегающих пластов геологического разреза.

Первый метод - это ручная интерпретация, используя два опорных пласта и обобщенные графики Каньяра [64, 75]. Второй метод заключается в использовании результатов ручной интерпретации в качестве исходных моделей для вычисления удельного электрического сопротивления и толщин всех слоев разреза с использованием программы IPI2WIN [53] в качестве конечных результатов. Программа IPI2WIN была разработана российской научной группой в Московском государственном университете (МГУ).

Как упоминалось ранее, водоносный горизонт нубийского песчаника в оазисе Эль-Бахария состоит из 5 зон (А, Б, В, Г и Д). Неглубокие водоносные горизонты зоны А, Б и В в оазисе Эль-Бахария имеют глубину меньше чем 300м. Интерпретации ВЭЗ использовались для определения глубины и толщин водоносных горизонтов подземных вод в зонах А, Б и В в исследуемом районе.

Геологический разрез скважины Табела 12 (Рис. 3.8) включает 4 зоны: А, Б, В и Г. Результаты интерпретации данных геофизических исследований в скважине Табела 12 были использованы для построения геоэлектрической модели, которая используется для интерпретации данных вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Геоэлектрическая модель, построена с учетом глубины исследования ВЭЗ и состоит из 7 слоев (Таблица 3.4).

Корреляция между данными ВЭЗ № 1 и данными скважины Табела_12, показанная на Рис. 4.5, дается хорошее соответствие между ВЭЗ № 1 и скважиной Табела_12.

Результаты интерпретации ВЭЗ №1 показали, что оптимальное количество слоев в ВЭЗ №1 семь. Геоэлектрический разрез по данным ВЭЗ включает только зоны А, Б и В. Глубина зоны А в скважине Табела_12 с удельным сопротивлением 400 Ом.м изменяется от 10 м до 30 м, а в ВЭЗ №1 глубина зоны А с удельным сопротивлением 220 Ом.м изменяется от 4.8 м до 24.4 м. Глубина зоны Б в скважине Табела_12 с удельным сопротивлением 500 Ом.м изменяется от 110 м до 160

м, а глубина зоны Б в ВЭЗ №1 с удельным сопротивлением 519 Ом.м изменяется от 105 м до 162 м. Глубина зоны В в скважине Табела_12 с удельным сопротивлением 500 Ом.м изменяется от 200 м до 225 м, а глубина зоны В в ВЭЗ №1 с удельным сопротивлением 397 Ом.м изменяется от 207 м до 241 м (Рис. 4.5).



Рис. 4.5. Корреляция между ВЭЗ № 1 и данными скважины Табела_12

Результаты интерпретации данных измерений всех ВЭЗ показали, что оптимальное количество слоев в геологическом разрезе в исследуемом районе семь (Рис. 4.6) и (Рис. 4.7). Величины удельных сопротивлений этих слоев изменяются в пределах от 2 до 587 Ом.м, а толщины от 3.3 м до 89.7 м. На кривых ВЭЗ № 4 и ВЭЗ № 5 появляется низкоомный тонкий слой, который состоит из глины с соленой водой, представляющий экран для электрического тока (Рис. 4.6).



Рис. 4.6. Интерпретация вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ №2 - ВЭЗ №9) по программе IPI 2WIN



Рис. 4.7. Интерпретация вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ №10 - ВЭЗ №17) по программе IPI 2WIN

4.4. Метод зондирования становлением поля в ближней зоне (метод ЗСБ)

4.4.1. ПРИМЕНЯЕМАЯ АППАРАТУРА

Исследования методом ЗСБ проводились с использованием станции «SIROTEM MK3» (Сделено в южной Австралии), которая позволяет возбуждать вторичные магнитные поля в геологической среде путем задания электрического импульса в петле кабеля, размещенной на дневной поверхности. Комплект аппаратуры электроразведочной станции методом ЗСБ «SIROTEM MK3» включает измерительный блок (SIROTEM MK3), аккумулятор (12 Вольт) и лебедку с кабелем длиной 200 М (Рис. 4.8).


Рис. 4.8. Электроразведочная станция методом ЗСБ «SIROTEM MK3»

4.4.2. СБОР ДАННЫХ МЕТОДА ЗСБ

Применяется метода ЗСБ для поисков неглубоких подземных водоносных горизонтов особенно при наличии экранов электрического поля, делающих невозможным интерпретацию кривых ВЭЗ, как (ВЭЗ № 4 и ВЭЗ № 5).

Зондирования становлением поля в ближней зоне (метод ЗСБ) был проведен в окрестностях деревни Мандиша с использованием Австралийского геофизического оборудования SIROTEM MK3 (Рис. 4.4Б). Метод ЗСБ применил для обнаружения неглубоких зон подземных водоносных горизонтов (зоны А, Б и В) в исследуемом районе.

Было выполнено восемнадцать точек ЗСБ с аппаратурой SIROTEM MK3 с совмещенной петлёй 50 на 50 метров, минимальное значение времени задержки 1 мкс, - максимальное значение времени задержки 35000мкс (35 мс), параметр накоплений - Stack (512), Time Range – при измерениях установить максимальное время задержки 15 мс. Та же петля использовалась в качестве передатчика и приемника с установкой системы SIROTEM MK3. Измерение повторяли 4 раза с разными коэффициентами усиления (0.1- 1.0- 10.0- 100) в каждой точке чтобы получить

наилучший сигнал, который используется для обработки и интерпретации. Данные измерений ЗСБ в точке №.1, расположенной рядом со скважиной Табела 12 (Рис. 4.4В), использовались для корреляции между данными метода ЗСБ и геологической информацией по каротажным данным в скважине Табела 12.

4.4.3. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ МЕТОДА ЗСБ

Три программы (TEM2IX1D program (Version 1, 2005), Interpex 1D program and ZONDTEM1D program (Version 6)) были использованы для обработки и интерпретации собранных данных ЗСБ. Для получения более точных результатов, данные ВЭЗ интерпретировались индивидуально и использовались в качестве первичной модели для интерпретация данных ЗСБ.

Результаты интерпретации данных геофизических исследований в скважине Табела 12 (Рис. 3.8) были использованы для построения геоэлектрической модели, которая используется для интерпретации данных ВЭЗ и данных ЗСБ. Эта геоэлектрическая модель, построенная с учетом глубины исследования ЗСБ, состоит из 7 слоев и использовалась также для интерпретации данных ЗСБ. (Таблица 3.4).

Корреляция между данными ЗСБ № 1 и данными скважины Табела_12, показанная на Рис. 4.9, дает хорошее соответствие между ЗСБ № 1 и скважиной Табела_12.

Результаты интерпретации ЗСБ №1 показали, что оптимальное количество слоев в ЗСБ №1 семь. Геоэлектрический разрез по данным ЗСБ включает только зоны А, Б и В. Глубина зоны А в скважине Табела_12 с удельным сопротивлением 400 Ом.м изменяется от 10 м до 30 м, а в ЗСБ №1 глубина зоны А с удельным сопротивлением 412 Ом.м изменяется от 9 м до 30 м. Глубина зоны Б в скважине Табела_12 с удельным сопротивлением 500 Ом.м изменяется от 110 м до 160 м, а глубина зоны Б в ЗСБ №1 с удельным сопротивлением 519 Ом.м изменяется от 115 м до 169 м. Глубина зоны В в скважине Табела_12 с удельным сопротивлением 519 Ом.м изменяется от 200 м до 225 м, а глубина зоны В в ЗСБ №1 с удельным сопротивлением 515 Ом.м изменяется от 214 м до 239 м (Рис. 4.9).

Как было объяснено ранее; метод ВЭЗ был применен для определения неглубоких подземных водоносных горизонтов в исследуемом районе. Метод ВЭЗ был успешным методом, но в двух ВЭЗах (ВЭЗ № 4 и ВЭЗ №5) результаты были отрицательные из-за слоя глины, которая лежит на поверхности, насыщена солоноватой водой и представляет собой экран для электрического тока (Рис. 4.6). Поэтому метод ЗСБ в этих точках ВЭЗ дает хорошие результаты.

ВЭЗ № 4 и ВЭЗ № 5 находятся рядом с ЗСБ № 4 и ЗСБ № 5. Результаты интерпретации данных измерений ЗСБ № 4 и ЗСБ № 5 показали, что оптимальное количество слоев в геологическом разрезе в этих точеках (ЗСБ №4 и ЗСБ №5) семь (Рис. 4.10 и Таблица 4.1) и величины удельных сопротивлений этого поверхностного слоя (глина с соленой водой) изменяются в пределах от 45 до 55 Ом.м, а толщины от 8 м до 9 м (Таблица 4.1).

Результаты интерпретации данных измерений всех точек ЗСБ показали, что оптимальное количество слоев в геологическом разрезе в исследуемом районе семь (Рис. 4.10), (Рис. 4.11) и Таблица 4.1. Величины удельных сопротивлений этих слоев изменяются в пределах от 45 до 550 Ом.м, а толщины от 8 м до 85 м (Таблица 4.1).

Таблица 4.1.

ЗСБ	0.	h.	0.	ha	0.	ha	0.	h.	0-	h-	0.	h.	0-
№	$\boldsymbol{\rho}_1$	<i>n</i> ₁	ΡΖ	nz	Ρ3	113	μ4	164	μ2	162	P 6	16	P 7
1	161	9	412	21	64	85	519	54	111	45	515	25	50
2	160	9	413	20	67	83	430	55	95	41	480	31	50
3	173	13	290	15	71	85	425	55	111	47	500	30	50
4	55	9	350	23	74	85	450	55	103	45	525	30	51
5	45	8	450	23	75	85	400	55	95	45	550	35	50
6	185	8	450	25	65	85	350	60	97	45	500	35	50
7	149	14	417	24	60	78	475	60	65	40	460	37	54
8	102	13	440	22	80	80	300	57	65	50	440	30	53
9	67	13	400	25	75	80	400	60	89	50	494	30	50
10	46	12	345	23	90	85	345	55	80	45	500	30	51
11	150	11	375	18	75	82	450	55	80	45	500	33	51
12	185	13	425	25	65	80	450	55	105	50	525	30	51
13	150	12	375	24	60	76	520	56	85	42	550	26	55
14	155	12	356	25	68	85	525	56	85	43	540	27	55
15	190	13	450	21	70	80	325	50	105	45	475	31	54
16	180	11	420	17	63	80	525	53	140	49	500	30	52
17	156	9	378	20	69	75	400	55	80	43	425	35	53
18	150	9	375	20	75	85	400	55	78	45	475	33	52

Интерпретация данных метода ЗСБ по программе ZondTEM1D



Рис. 4.9. Корреляция между ЗСБ № 1 и данными скважины Табела_12



Рис. 4.10. Интерпретация данных метода ЗСБ (ЗСБ №2 - ЗСБ №10) по программе ZondTEM1D



Рис. 4.11. Интерпретация данных метода ЗСБ (ЗСБ №11 - ЗСБ №18) по программе ZondTEM1D

4.5. Построения геоэлектрических разрезов

На основании интерпретаций геофизических методов ГИС, ВЭЗ и ЗСБ, окончательные результаты интерпретации данных ВЭЗ и данных ЗСБ были использованы для построения пяти профилей П1 - П5 для определения неглубоких подземных водоносных горизонтов до 250м в районе исследований. Эти профили нанесены на карту глубины фундамента (Рис. 4.4В) и были построены с учетом альтитуды каждой точки ВЭЗ и ЗСБ, изменяющейся в пределах от 121 м до 159 м.

77

1. Первый профиль (П₁ - П₁[\]) построен по данным интерпретации скважины Табела_12 и трёх точек ВЭЗ (ВЭЗ № 1, 7 и 13). Профиль длиной 5500 м ориентирован с севера на юг (Рис. 4.12А). Этот профиль состоит из семи слоев. Первый слой сложен песчаником переслаиваемый глиной. Толщина первого слоя изменяется от 5 м до 11 м, а удельное сопротивление - от 156 Ом.м до 220 Ом.м. Второй слой сложен песчаником (Зона А). Толщина второго слоя изменяется от 15 м до 24 м, а удельное сопротивление - от 320 Ом.м до 400 Ом.м. Третий слой сложен песчаником, переслаиваемый глиной. Толщина третьего слоя изменяется от 70 м до 80 м, а удельное сопротивление - от 74 Ом.м до 189 Ом.м. Четвертый слой состоит из песчаника (Зона Б). Толщина четвёртого слоя изменяется от 50 м до 58 м, а удельное сопротивление - от 351 Ом.м до 519 Ом.м. Пятый слой представлен глиной. Толщина пятого слоя изменяется от 40 м до 45 м, а удельное сопротивление - от 18 Ом.м до 88 Ом.м. Шестой слой сложен песчаником (Зона В). Толщина шестого слоя изменяется от 25 м до 34 м, а удельное сопротивление - от 365 Ом.м до 571 Ом.м. Седьмой слой сложен глиной с удельным сопротивление 66 Ом.м - 173 Ом.м (Рис. 4.12А).

2. Второй профиль (П₂ - П₂)) построен по данным интерпретации скважины Табела_12 и трёх точек 3СБ (3СБ № 1, 7 и 13). Профиль длиной 5500 м ориентирован с севера на юг (Рис. 4.12Б). Этот профиль включает семь слоев. Первый слой сложен песчаником с прослоями глин. Толщина первого слоя изменяется от 9 м до 14 м, а удельное сопротивление - от 149 Ом.м до 180 Ом.м. Второй слой сложен песчаником (Зона А). Толщина второго слоя изменяется от 20 м до 24 м, а удельное сопротивление - от 20 м до 24 м, а удельное сопротивление - от 375 Ом.м до 417 Ом.м. Третий слой сложен песчаником с прослоями глин. Толщина третьего слоя изменяется от 76 м до 85 м, а удельное сопротивление - от 60 Ом.м. Четвертый слой сложен песчаником (Зона Б). Толщина четвёртого слоя изменяется от 50 м до 60 м, а удельное сопротивление - от 475 Ом.м до 520 Ом.м. Пятый слой представлен глиной. Толщина пятого слоя изменяется от 40 м до 45 м, а удельное сопротивление - от 65 Ом.м до 111 Ом.м. Шестой слой сложен песчаником (Зона В). Толщина шестого слоя изменяется от 25 м до 37 м, а удельное сопротивление - от 460 Ом.м (Рис. 4.12Б).

Сравнения геоэлектрических разрезов вдоль первого профиля и второго профиля свидетельствует о том, что результаты интерпретации данных ЗСБ совпадают с результатами интерпретации данных ВЭЗ с различными значениями удельного сопротивления слоев. Это сравнение между результатами интерпретации данных методов ЗСБ и ВЭЗ очень хорошое для получения более достоверных данных о глубине и толщине неглубоких водоносных горизонтов в районе исследования (Рис. 4.12). Три профиля ПЗ, П4 и П5 построены с запада на восток с использованием результатов интерпретации данных ВЭЗ и ЗСБ.



Рис. 4.12. Сравнения между геоэлектрическими разрезами вдоль первого профиля (A) и второго профиля (Б); 1- глинистый песчаник; 2- песчаник; 3- глина; 4- пород фундамента

3. Третий профиль (ПЗ - ПЗ¹) построен результатам интерпретации шести ВЭЗ (ВЭЗ № 1, 2, 3, 4, 5 и 6) и шести ЗСБ (ЗСБ № 1, 2, 3, 4, 5 и 6). Профиль длиной 7500 м ориентирован с запада на востока (Рис. 4.13А). Этот профиль (ПЗ - ПЗ¹) состоит из семи слоев. Первый слой сложен песчаником с прослоями глин. Толщина первого слоя изменяется от 5 м до 13 м, а удельное сопротивление - от 85 Ом.м до 220 Ом.м. Второй слой сложен песчаником (Зона А). Толщина второго слоя изменяется от 15 м до 25 м, а удельное сопротивление - от 290 Ом.м до 479 Ом.м. Третий слой сложен песчаником с прослоями глин. Толщина третьего слоя изменяется от 70 м до 90 м, а удельное сопротивление - от 64 Ом.м до 155 Ом.м. Четвертый слой сложен песчаником (Зона Б). Толщина четвёртого слоя изменяется от 42 м до 60 м, а удельное сопротивление - от 350 Ом.м до 519 Ом.м. Пятый слой представлен глиной. Толщина пятого слоя изменяется от 41 м до 47 м, а удельное сопротивление - от 57 Ом.м до 155 Ом.м. Шестой слой сложен песчаником (Зона В). Толщина шестого слоя изменяется от 25 м до 41 м, а удельное сопротивление - от 351 Ом.м. До 587 Ом.м. Седьмой слой сложен глиной с удельным сопротивление 50 Ом.м - 124 Ом.м (Рис. 4.13А).

На кривых ВЭЗ № 4 и ВЭЗ № 5 появляется низкоомный тонкий слой, который состоит из глины с соленой водой, представляющий экран для электрического тока (Рис. 4.6). Метод ЗСБ в точках (ЗСБ № 4 и 5) позволяет оценить толщину и сопротивление этого низкоомного тонкого слоя, делающего невозможным интерпретацию кривых ВЭЗ № 4 и ВЭЗ № 5. Этот слой имеет толщину в диапазоне от 3 м до 9 м и низкое удельное сопротивление в пределах от 2 до 55 Омм (Рис. 4.13А).

4. Четвёртый профиль (П4 - П4)) построен по результатам интерпретации шести ВЭЗ (ВЭЗ № 7, 8, 9, 10, 11 и 12) и шести ЗСБ (ЗСБ № 7, 8, 9, 10, 11 и 12). Профиль длиной 7500 м ориентирован с запада на востока (Рис. 4.13Б). Этот профиль (П4 - П4¹) состоит из семи слоев. Первый слой сложен песчаником с прослоями глин. Толщина первого слоя изменяется от 4 м до 14 м, а удельное сопротивление - от 41 Ом.м до 202 Ом.м. Второй слой состоит из песчаника (Зона А). Толщина второго слоя изменяется от 16 м до 25 м, а удельное сопротивление - от 320 Ом.м до 451 Ом.м. Третий слой сложен песчаником с прослоями глин. Толщина третьего слоя изменяется от 62 м до 87 м, а удельное сопротивление - от 60 Ом.м до 172 Ом.м. Четвертый слой сложен песчаником (Зона Б). Толщина четвёртого слоя изменяется от 48 м до 64 м, а удельное сопротивление - от 300 Ом.м до 562 Ом.м. Пятый слой сложен глиной. Толщина пятого слоя изменяется от 38 м до 50 м, а удельное сопротивление - от 18 Ом.м до 110 Ом.м. Шестой слой сложен песчаником (Зона В). Толщина шестого слоя изменяется от 19 м до 37 м, а удельное сопротивление - от 355 Ом.м. До 525 Ом.м. Седьмой слой сложен глиной с удельным сопротивление - от 337 Ом.м (Рис. 4.135).



Рис. 4.13. Геоэлектрические разрезы вдоль третьего профиля (А), четвёртого профиля (Б) и пятого профиля (В); 1- глинистый песчаник; 2- песчаник; 3- глина; 4- пород фундамента

5. Пятый профиль (П5 - П5¹) построен результатам интерпретации пяти ВЭЗ (ВЭЗ № 13, 14, 15, 16, и 17) и шести ЗСБ (ЗСБ № 13, 14, 15, 16, 17 и 18). Профиль длиной 7500 м ориентирован с запада на востока (Рис. 4.13В). Этот профиль (П5 - П5¹) состоит из семи слоев. Первый слой сложен песчаником с прослоями глин. Толщина первого слоя изменяется от 6 м до 13 м, а удельное сопротивление - от 122 Ом.м до 200 Ом.м. Второй слой сложен песчаником (Зона А). Толщина второго слоя изменяется от 9 м до 25 м, а удельное сопротивление - от 351 Ом.м до 450 Ом.м. Третий слой сложен песчаником с прослоями глин. Толщина третьего слоя изменяется от 66 м до 450 Ом.м. Третий слой сложен песчаником с прослоями глин. Толщина третьего слоя изменяется от 66 м до 85 м, а удельное сопротивление - от 60 Ом.м. До 189 Ом.м. Четвертый слой сложен песчаником (Зона Б). Толщина четвёртого слоя изменяется от 40 м до 56 м, а удельное сопротивление - от 254 Ом.м до 559 Ом.м. Пятый слой представлен глиной. Толщина пятого слоя изменяется от 30 м до 49 м, а удельное сопротивление - от 30 Ом.м до 140 Ом.м. Шестой слой сложен песчаником (Зона В). Толщина шестого слоя изменяется от 25 м до 39 м, а удельное сопротивление - от 254 Ом.м до 571 Ом.м. Седьмой слой сложен глиной с удельным сопротивление 51 Ом.м - 173 Ом.м (Рис. 4.13В).

Выводы: Комплекс геофизических методов (ГИС, ВЭЗ и ЗСБ) использовался для определения свойств: (глубина залегания, толщина и удельное сопротивление) неглубоких подземных водоносных горизонтов до 250м в районе исследований. Этот комплекс геофизические методы выделил 7 слоев вдоль всех профилей. Седьмой (подстилающий) слой характеризуется только глубиной залегания и удельным сопротивлением.

Глубина залегания поверхности фундамента вдоль всех профилей определялись по данным магниторазведки. Глубина залегания поверхности фундамента вдоль первого профиля изменялась в диапазоне от 1396 м до 1756 м (Рис. 4.12А). Глубина залегания поверхности фундамента вдоль второго профиля - в диапазоне от 1400 м до 1821 м (Рис. 4.12Б). Глубина залегания поверхности фундамента вдоль третьего профиля - в диапазоне от 1323 м до 1560 м (Рис. 4.13А). Глубина залегания поверхности фундамента вдоль четвёртого профиля - в диапазоне от 1703 м до 2053 м (Рис. 4.13Б). Глубина залегания поверхности фундамента вдоль третьего профиля - в диапазоне от 1703 м до 2053 м (Рис. 4.13Б). Глубина залегания поверхности фундамента вдоль третьего профиля поверхности фундамента вдоль четвёртого профиля - в диапазоне от 1703 м до 2053 м (Рис. 4.13Б). Глубина залегания поверхности фундамента вдоль третьего профиля - в диапазоне от 1703 м до 2053 м (Рис. 4.13Б).

4.6. Построения карт глубины, толщины и удельного сопротивления водонасыщенных зон А, Б и В

За исключением ВЭЗ № 4 и ВЭЗ № 5, интерпретация данных которых была невозможной из-за наличия в разрезе тонкого низкоомного слоя вблизи поверхности, результаты

интерпретации данных ВЭЗ и данных ЗСБ были использованы для построения карт глубины, толщины и удельного сопротивления водонасыщенных зон А, Б и В (Рис. 4.14).

Глубина первого водоносного горизонта (Зона А) изменяется от 6 м до 15 м, его толщина от 14 м до 26 м, а удельное сопротивление - от 340 Ом.м до 450 Ом.м. Высокие значения удельного сопротивления в зоне А полученные по данным ВЭЗ № 6, и 14 и по данным ЗСБ № 1, 5, 6, 7 и 15 указывают на пресную / слабосоленую воду. Большие толщины в зоне А получены по данным ВЭЗ № 6, 9 и 13 и по данным ЗСБ № 4, 5, 7, 13 и 14. Небольшие глубины кровли первого водоносного горизонта (Зона А) получены по данным ВЭЗ № 1, 6, 10, 16 и 17 и по данным ЗСБ № 1, 2, 5, 6, 17 и 18 (Рис. 4.14).



Рис. 4.14. Карты глубины залегания, толщины и кажущего удельного сопротивления первого водоносного горизонта (Зона А), второго водоносного горизонта (Зона Б) и третьего водоносного горизонта (Зона В)

Выбор места заложения водозаборных скважин определен по данным ВЭЗ и ЗСБ: основные критерии выбора- это высокие значения удельного сопротивления водонасыщенных горизонтов в зонах (А, Б и В), их толщины и небольшие глубины залегания кровли водоносного горизонта.

Кромо того, сравнения результатов интерпретации данных ВЭЗ в зоне A с результатами общей минерализации T.D.S. показывает, что самые низкие значения T.D.S. и короткий диапазон изменения удельного сопротивления в пределах от 340 до 450 омм наблюдаются в юго-восточной и юго-западной частях исследуемой области. Исходя из этих критериев лучшее место для бурения водозаборной скважины в зоне A на исследуемом участке находится находятся в юго-восточной и юго-западной частях исследуемой области рядом с ВЭЗ № 13 и 17 и 3СБ № 13, 17 и 18 (Рис. 4.14).

Глубина второго водоносного горизонта (Зона Б) изменяется в пределах от 97 м до 120 м, его толщина - от 48 м до 61 м, а удельное сопротивление - от 330 Ом.м до 520 Ом.м. Высокие значения удельного сопротивления в зоне Б, полученные по данным ВЭЗ № 1, 13 и 15 и по данным ЗСБ № 1, 2, 7, 13 и 17 также характерны для пресной / слабоминерализованной воды. Большие толщины водоносного горизонта в зоне Б получены по данным ВЭЗ № 6 и 8 и по данным ЗСБ № 6, 7 и 9. Небольшие глубины кровли второго водоносного горизонта (Зона Б) получены по данным ВЭЗ № 8, 12, 14, 15, 16 и 17 и по данным ЗСБ № 8, 12, 16, 17 и 18. Исходя из вышеопределенных критериев лучшее место для бурения водозаборной скважины в зоне Б на исследуемом участке, по данным ВЭЗ находится недалеко от ВЭЗ № 1, 13 и 15, а по данным ЗСБ - недалеко от ЗСБ № 1, 13 и 17 (Рис. 4.14).

Глубина третьего водоносного горизонта (зона В) изменяются в пределах от 190 м до 218 м, его толщина - от 23 м до 39 м, а удельное сопротивление - от 400 омм до 550 омм. Высокие значения удельного сопротивления в зоне В, полученные по данным ВЭЗ № 13 и по данным ЗСБ № 1, 4, 5 и 13 также указывают на пресную / слабосоленую воду. Большие толщины водоносного горизонта в зоне В получены по данным ВЭЗ № 6, 7 и 17 и по данным ЗСБ № 5, 6, 7 и 18. Небольшие глубины кровли третьего водоносного горизонта (Зона В) получены по данным ВЭЗ № 2, 11, 12, 14, 15, 16 и 17 и по данным ЗСБ № 3, 11, 12, 16, 17 и 18. Исходя из вышеопределенных критериев лучшее место для бурения водозаборной скважины в зоне В на исследуемом участке, по данным ВЭЗ № 13 и 17, а по данным ЗСБ № 5 и 13 (Рис. 4.14).

4.7. Выводы интерпретации данных ВЭЗ и ЗСБ

 Основными зонами водоносных горизонтов в исследуемом районе до глубины 250м являются зоны А, Б и В. Глубина зоны А колеблется от 6 м до 15 м, глубина зоны Б – от 97 м до120 м, глубина зоны В – от 190 м до 218 м.

2. Лучшее место для бурения водозаборной скважины в зоне А на исследуемом участке, по результатам общей минерализации (T.D.S) и данным ВЭЗ и ЗСБ находится недалеко от ВЭЗ № 13 и 17 и ЗСБ № 13, 17 и 18.

3. Лучшее место для бурения водозаборной скважины в зоне Б на исследуемом участке, по данным ВЭЗ и ЗСБ, находится недалеко от ВЭЗ № 1, 13 и 15 и ЗСБ № 1, 13 и 17.

4. Лучшее место для бурения водозаборной скважины в зоне В на исследуемом участке, по данным ВЭЗ и ЗСБ, находится недалеко от ВЭЗ № 13 и 17 и ЗСБ № 5 и 13.

5. ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ АНАЛИЗЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ОАЗИСЕ ЭЛЬ-БАХАРИЯ, ЗАПАДНАЯ ПУСТЫНЯ, ЕГИПЕТ 5.1. Введение

Река Нил является основной поверхностной водой в Египте, кроме того есть нескольких озер, но в настоящее время поверхностные воды стали недостаточными источниками. Это вызвано проблемой перенаселения. Поэтому во многих засушливых регионах в Западной пустыне Египта, таких как оазис Эль-Бахария, возникла необходимость в грунтовых водах как еще одного источника воды [30].

Изучение гидрохимии имеет большое значение в определении качества и характеристики подземных вод [88]. Гидрохимические анализы используются для оценки химических составов подземных вод и их происхождения. Эти анализы служат также для установления связи между грунтовыми водами и строением горных пород [105].

Как качество воды, так и геологические условия, в которых она содержится, могут быть экстраполированы из химического состава подземных вод [28]. Вариации в геохимии подземных вод являются общими признаками различий в составах водоносных горизонтов, поскольку геохимия подземных вод тесно связана с минеральным составом горных пород и продуктами их выветривания [23, 56, 76, 79].

5.2. Цели гидрохимических анализов первого водоносного горизонта подземных вод (Зона А) в исследуемом районе

Область исследования расположена в окрестностях деревни Мандиша в северо-восточной части оазиса Эль-Бахария в 15 км от источников грунтовых вод Эль-Хара и рудника Эль-Гедида в северо-восточной части исследуемого района, где ведется добыча и переработка железной руды (Рис. 1.2).

Население исследуемого района страдает от нехватки воды. Комплекс геофизических методов (ГИС, ВЭЗ и ЗСБ) использовался для определения свойств (глубина, толщина и удельное сопротивление) неглубоких подземных водоносных горизонтов до 250м в районе исследований. Этот комплекс геофизических методов позволил выделить 3 водоносных горизонта (Зона А, Зона Б и Зона В) в исследуемом районе. Глубина первого водоносного горизонта (Зона А) изменяется от 6 м до 15 м, его толщина - от 14 м до 26 м, а удельное сопротивление - от 340 Ом.м до 450 Ом.м.

Первый водоносный горизонт (Зона А) может быть загрязнен отходами шахты Эль-Гедида. Поэтому необходимо изучить качества подземных вод в зоне А в исследуемом районе с использованием гидрохимических анализов воды. Эти исследования заключаются в следующем:

1) Оценка качества подземных вод в первом водоносном горизонте (Зона А) в исследуемом районе с использованием различных анализов качества подземных вод.

2) Изучение целесообразности использования подземных вод в первом водоносном горизонте (Зона А) для питьевых и бытовых целей.

5.3. Отбор проб грунтовых вод

В Августе 2015 г 11 проб воды были отобраны из небольших скважин в исследуемом районе для изучения качества грунтовых вод в первом водоносном горизонте (Зона А) (Рис. 5.1 А). Пробы воды отбирались непосредственно из неглубоких скважин (их глубина не более 50 м), которые использовались для орошения. Местоположение каждой пробы воды регистрировалось с помощью устройства GPS (Garmin eTrex 10) (Рис. 5.1 Б).

Пробы воды собирали в чистые пластиковые бутылки после значительного времени откачки (более 30 минут) во избежание застоя и загрязнения грунтовых вод в скважинах. Бутылки несколько раз промывали водой для отбора проб, затем наполняли и немедленно закрывали, чтобы избежать воздействия воздуха. Каждая бутылка была маркирована для её идентификации.

Водородный показатель (pH), Электропроводность (σ) и общая минерализация (TDS) измерялись во время полевых работ с помощью устройства EC/pH. Эти параметры (pH, EC и TDS) представляют собой значения водоносного горизонта, вскрытого скважиной.

Собранные пробы воды были отправлены в лабораторию в течение менее чем трех дней. Все пробы воды хранились в контейнере со льдом до тех пор, пока не были проанализированы с использованием известных стандартных мер, документированных Американской ассоциацией общественного здравоохранения [16].



Рис. 5.1. Отбор проб воды (А) Во время отбора проб воды (Б) Карта местоположения отбора проб воды

5.4. Гидрохимические анализы подземных вод в первом водоносном горизонте (Зона А) в исследуемой территории

Собранные пробы подземных вод были проанализированы в лабораториях научноисследовательского института почвы, воды и окружающей среды в Каире (SWERI, Cairo) на Концентрацию водородных ионов (pH), общую минерализация (T.D.S), электропроводность (σ), общую жёсткость воды (C), Сульфат (SO₄)⁻², Хлорид (Cl)⁻¹, Бикарбонат (HCO₃)⁻¹, Магний (Mg)⁺², Кальций (Ca)⁺², Калий (K)⁺¹ и Натрий (Na)⁺¹.

Гидрохимические анализы подземных вод начинались с определения концентрации разных анионов и катионов по специальным методикам в лаборатории. Кальций и Магний оценивали методом титрования [57]. Натрий и Калий определяли методом пламенной фотометрии [57]. Концентрацию Бикарбоната оценивали методом титрования с концентрацией Серной Кислоты 0.02н, в день отбора проб перед фильтрацией [106]. Хлориды оценивали с использованием стандартного раствора нитрата серебра, а сульфаты были измерены с использованием метода турбидиметрии спектрофотометрическим способом [57].

Концентрации разных катионов (Ca⁺², Mg⁺², Na⁺¹ и K⁺¹) и концентрации разных Анионов ((HCO₃)⁻¹, (SO₄)⁻² и Cl⁻¹) собранных проб воды представлены в Таблице 5.1 и рисунке 5.2.

88

Проба	(HCO ₃) ⁻¹	CL-1	(SO4) ⁻² (мг/л)	Са ⁺² (мг/л)	Mg ⁺² (мг/л)	Na ⁺¹ (мг/л)	К ⁺¹ (мг/л)	б (мкСм/см)	T.D.S	рН	С
воды	(мг/л)	(мг/л)							(мг/л)		(мг/л)
1	122.04	379.3	182.53	102.2	37.32	179.3	20.72	1750	1120	7.35	408.5
2	103.73	308.4	100.87	84.17	16.29	149.4	17.99	1350	864	7.38	277.2
3	91.53	326.1	120.09	76.15	18.35	165.5	26.98	1420	909	7.4	265.6
4	56.14	102.8	56.68	36.07	12.16	45.75	8.21	530	339	7.38	140.0
5	61.02	155.9	86.46	42.08	15.07	82.76	10.17	790	506	7.35	167.0
6	97.63	333.2	134.50	88.18	20.54	160.9	27.76	1480	947	7.42	304.6
7	134.24	999.6	312.23	186.3	93.84	434.5	38.32	3790	2426	7.4	850.6
8	109.83	475.0	139.30	110.2	28.32	220.7	26.20	1910	1222	7.39	391.6
9	128.14	733.8	216.16	156.3	58.10	319.5	32.06	2830	1811	7.41	628.9
10	73.22	198.5	86.46	42.08	23.34	98.86	10.95	960	614	7.42	200.8
11	97.63	265.8	100.87	76.15	17.99	126.4	16.42	1220	781	7.5	264.1

Концентрации разных анионов и катионов в отобранных пробах воды

Где; σ - Электропроводность, T.D.S - Общая Минерализация, pH - Концентрация Водородных Ионов и С - Общая Жёсткость Воды.

Из рисунка 5.2 видно, что концентрации разных анионов и катионов отобранных проб воды включает в себе бикарбонат (HCO₃)⁻¹, Хлорид (Cl)⁻¹, Сульфат (SO₄)⁻², Кальций (Ca)⁺², Магний (Mg)⁺², Натрий (Na)⁺¹ и Калий (K)⁺¹.

Вывод о концентрациях анионов и катионов во всех пробах водах, отобранных в районе исследования следующий: Концентрация Бикарбоната во всех пробах воды изменяется от 56.14 мг/л до 134.2 мг/л (Рис. 5.2А). Концентрация Хлорида во всех пробах воды изменяется от 102.8 мг/л до 999.7 мг/л (Рис. 5.2А). Концентрация Сульфата во всех пробах воды изменяется от 56.68 мг/л до 312.23 мг/л (Рис. 5.2А). Концентрация Кальция во всех пробах воды изменяется от 36.07 мг/л до 186.37 мг/л (Рис. 5.2Б). Концентрация Магния во всех пробах воды изменяется от 12.16 мг/л до 93.84 мг/л (Рис. 5.2Б). Концентрация Натрия во всех пробах воды изменяется от 45.75 мг/л до 434.51 мг/л (Рис. 5.2Б). Концентрация Калия во всех пробах воды изменяется от 8.21 мг/л до 38.32 мг/л (Рис. 5.2Б). Самые высокие концентрации разных анионов и катионов находятся в пробе воды № 7, а самые низкие значение концентраций разных анионов и катионов находится в пробе воды № 4 (Рис. 5.2).



Рис. 5.2. Концентрации разных ионов (А) Концентрации Разных Анионов (НСО₃)⁻¹, Cl⁻¹ и (SO₄)⁻². (Б) Концентрации Разных Катионов Ca⁺², Mg⁺², Na⁺¹ и K⁺¹

Концентрация водородных ионов (pH), общая минерализация (T.D.S), электропроводность (σ) и общая жёсткость воды (С) также определялись во всех пробах водах, отобранных в районе исследования. Результаты этих анализов представлены в Таблице 5.1 и Рисунке 5.3.

Концентрация Водородных Ионов (рН) является показателем кислотности или основности раствора. Значения рН анализируемых проб воды варьируют от 7.35 до 7.5, что свидетельствует о том, что подземная вода исследуемого района является щелочной водой с рН более 7 (Таблица 5.1 и Рис. 5.3А).

Общая Минерализация (T.D.S) определяет характер качества подземных вод и степень их загрязнения [18, 29, 78]. Значения общей минерализации (T.D.S) для всех проб подземных вод в исследуемом районе варьируются от 339 мг/л до 2426 мг/л (Таблица 5.1). Самые высокие значения минерализации (T.D.S) расположены в северо-восточной и восточной частях исследуемого района, а самые низкие значения минерализации (T.D.S) находятся в юговосточной и юго-западной частях исследуемой области (Рис. 5.3Б).

Электропроводность (σ) всех проб грунтовых вод в исследуемом районе находятся в диапазоне от 530 мкСм/см до 3790 мкСм/см (Таблица 5.1). Самые низкие значения электропроводности (σ) находятся в юго-восточной и юго-западной частях исследуемой территории, а самые высокие значения электропроводности (σ) находятся в восточной и северовосточной частях исследуемой территории (Рис. 5.3В).

90

Общая Жёсткость Воды (С) выражается в терминах эквивалента карбоната кальция следующим уравнением [97].

$$C = 2.5 (Ca^{+2}) + 4.1 (Mg^{+2})$$
 (Todd and Mays, 2005)

где C, Ca⁺² and Mg⁺² в мг/л.

Общая жёсткость воды (C) зависит от наличия щелочноземельных элементов, кальция и магния [103]. Общая жёсткость воды (C) рассчитана во всех пробах грунтовых вод в исследуемом районе и находится в диапазоне от 140.02 мг/л до 850.66 мг/л (Таблица 5.1). Самые низкие значения общей жёсткости воды (C) находятся в юго-восточной и юго-западной частях исследуемого района (пробы воды № 4 и 5), а самые высокие значения общей жёсткости воды (C) - в восточной и северо-восточной частях исследуемого района (пробы воды № 7 и 9) (Рис. 5.3Γ).



Рис. 5.3. Пространственные карты распределения; (А) Концентрация Водородных Ионов (pH). (Б) Общая Минерализация (T.D.S). (В) Электропроводность (σ). (Г) Общая Жёсткость Воды (С)

5.5. Оценка качества подземных вод в первом водоносном горизонте (Зона А) в исследуемой территории для питьевых и бытовых целей

Результаты химических параметров проб грунтовых вод (T.D.S, о и C) сравниваются со стандартами качества воды в Египте (Таблица 5.2), задокументированными Всемирной Организацией Здравоохранения [101] для определения пригодности грунтовых вод для питьевых и бытовых целей.

Сравнение стандартов качества воды в Египте (Таблица 5.2) со значениями общей минерализации (T.D.S) показывает, что пробы воды \mathbb{N} 2, 3, 4, 5, 6, 10 и 11 со значением минерализации (T.D.S) менее 1000 мг/л, классифицируются как пресная вода. Пробы воды \mathbb{N} 1, 7, 8 и 9 классифицируются как солоноватая вода, значения минерализации (T.D.S) которых находится в диапазоне от 1000 до 10000 мг/л [44]. Следует отметить, что грунтовые воды пригодны для питья, когда значения их минерализации (T.D.S) составляет менее 600 мг/л [101], как в пробах воды \mathbb{N} 4 и 5 в исследуемом районе.

В сравнении со стандартами качества воды в Египте пригодной для питья (Таблица 5.2) (электропроводность воды пригодной для питья находится в пределах от 250 до 750 мкСм/см) со значениями электропроводности (σ) во всех пробах грунтовых вод, проба воды № 4 классифицируется как хорошая вода со значение электропроводности (σ) равной 530 мкСм/см. Пробы воды № 1, 2, 3, 5, 6, 8, 10 и 11 классифицируются как удовлетворительная вода со значениями электропроводности (σ) в диапазоне от 750 до 2000 мкСм/см. Проба воды № 9 со значением электропроводности 2830 мкСм/см классифицируется как сомнительная вода (в диапазоне 2000 - 3000 мкСм/см). Проба воды № 7 со значением электропроводности (σ) более 3000 мкСм/см классифицируется как непригодная вода [88, 102]. Более высокие электропроводности (σ) грунтовых вод могут причинить желудочно-кишечное раздражение для потребителей [101].

В соответствии со стандартами качества грунтовых вод в Египте для питьевых и бытовых целей (Таблица 5.2) вода со значениями общей жёсткости (С) в пределах от 75 до 150 мг/л классифицируется как средняя жёсткость Вода. В соответствии с этим стандартом проба воды № 4 со значением общей жёсткости воды (С) равной 140.02 мг/л классифицируется как средняя жёсткость Вода. Пробы воды № 2, 3, 5, 10 и 11, общая жёсткость которых (С) находятся в диапазоне от 150 до 300 мг/л, классифицируются как жёсткая вода. Пробы воды № 1, 6, 7, 8 и 9, общая жесткость которых (С) более 300 мг/л классифицируются как очень жёсткая вода [88]. Эти результаты показывают насыщение подземных вод солями кальция и магния на исследуемой территории. Очень жёсткая вода и жёсткая вода характерны для исследуемого района, за

исключением юго-восточной части исследуемого района, который характеризуется как средняя жёсткость Вода (Рис. 5.3Г).

По результатам определения общей минерализации (T.D.S), электропроводности (σ) и общей жёсткости проб воды (С) можно сделать следующие выводы:

(А) Пробы воды № 4 и 5, значения общей минерализации (Т.D.S) которых менее 600 мг/л, это хорошая вода для питья.

(Б) Проба вода № 4, электропроводность (σ) которой находится между 250 -750 мкСм/см, является хорошей водой.

(В) Проба вода № 4, значение общей жёсткости воды (С) которой находится между 75 -150 мг/л, средней умеренной жесткой водой.

(Γ) Обобщение результатами определения общей минерализации (T.D.S), электропроводности (σ) и общей жёсткости проб отобранной воды (С) свидетельствует о том, что проба воды № 4, которая отобрана в юго-восточной части района исследования, является хорошей водой для питьевых и бытовых целей.

Таблица 5.2.

ПАРАМЕТР	КЛАССИФИК	ЛИТЕРАТУРЫ		
	Пресная вода	0 - 1000		
Общая	Солоноватая вода	1000 - 10000	(Fetter C.W.,	
Минерализация	Солёная вода	10000 - 100000	2014)	
(T.D.S), мг/л	Вода повышенной	>100000	2014)	
	солености			
	Превосходная вода	< 250		
	Хорошая вода	250 - 750	(Wilcos L.V.,	
Электропроводность	Удовлетворительная	750 - 2000	1955; Sen Z.,	
(б), мкСм/см	вода		2015)	
	Сомнительная вода	2000 - 3000		
	Непригодная вода	> 3000		
	Мягкая вода	0 - 75		
Оощая жесткость	Средняя жёсткость Вода	75 - 150	(Sen Z., 2015)	
Воды (С), мг/л	Жёсткая вода	150 - 300		
	Очень жёсткая вода	> 300		

Стандарты классификации качества воды в Египте

5.6. Выводы гидрохимических анализов подземных вод в первом водоносном горизонте (Зона А) в исследуемой территории

1. Самые высокие концентрации разных анионов и катионов находятся в северо-восточной и восточной частях исследуемого района, а самые низкие значения - в юго-восточной и югозападной частях исследуемого района.

2. Подземная вода исследуемого района является щелочной водой в соответствии с концентрацией водородных ионов (pH).

3. Обобщение результатов общей минерализации (T.D.S), электропроводности (σ) и общей жёсткости воды (С) свидетельствует о том, что проба воды № 4 является хорошей водой для питьевых и бытовых целей, которая находится в юго-восточной части района исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Геология области исследования включает Формацию Эль-Бахария (Ранный Сеноман) и представлена песчаником от тонкого до грубого, переслаиваемого глиной, и четвертичные отложения, сосредоточенные в северной части исследуемого района, которые представлены отложениями Сабхи.

2. Основной водоносный горизонт в исследуемом районе расположен в нубийском песчанике (Сеноман), который залегает непосредственно на поверхности фундамента. Нубийский песчаник состоит из песчаника с прослоями глины. Водоносный горизонт нубийского песчаника в оазисе Эль-Бахария подразделяется на пять зоы (А, Б, В, Г и Д). Зоны А, Б и В залегают на глубине менее 300 метров, а Зоны Г и Д - на глубине более 300 метров в исследуемом районе. В диссертации изучены свойства водоносных горизонтов в зонах А, Б и В.

3. Глубина поверхности фундамента в исследуемой территории колеблется от 1150 м до 2150 м, по данным магниторазведки. В Северо-восточном, Северо-западном, Северном и Западном районах исследуемой территории глубина залегания поверхности пород фундамента значительно меньше, чем в восточной части исследуемой территории. Соответственно толщина осадочного чехла наибольшая в восточной части района исследования. Следовательно, в восточной части исследуемой территории увеличивается возможность накопления подземных вод.

4. Основными направлениями разломов в исследуемом районе являются Запад-Восток, СВ-ЮЗ и СЗ-ЮВ направления по результатам интерпретации данных магниторазведки.

5. Основными зонами водоносных горизонтов в исследуемом районе до глубины 250м являются зоны А, Б и В, свойства которых определены по данным ГИС, ВЭЗ и ЗСБ. Глубина зоны А колеблется от 6 м до 15 м, глубина зоны Б – от 97 м до120 м, глубина зоны В – от 190 м до 218 м.

6. Лучшее место для бурения водозаборной скважины в зоне А на исследуемом участке, по результатам общей минерализации (T.D.S) и данным ВЭЗ и ЗСБ находится недалеко от ВЭЗ № 13 и 17 и ЗСБ № 13, 17 и 18.

7. Лучшее место для бурения водозаборной скважины в зоне Б на исследуемом участке, по данным ВЭЗ и ЗСБ, находится недалеко от ВЭЗ № 1, 13 и 15 и ЗСБ № 1, 13 и 17, а лучшее место для бурения водозаборной скважины в зоне В на исследуемом участке, по данным ВЭЗ и ЗСБ, находится недалеко от ВЭЗ № 13 и 17 и ЗСБ № 5 и 13.

8. Самые высокие концентрации разных анионов и катионов находятся в северо-восточной и восточной частях исследуемого района, а самые низкие значения - в юго-восточной и югозападной частях исследуемого района.

9. Подземная вода исследуемого района является щелочной водой в соответствии с концентрацией водородных ионов (pH).

10. Обобщение результатов общей минерализации (T.D.S), электропроводности (σ) и общей жёсткости воды (С) свидетельствует о том, что проба воды № 4, которая отобрана в юговосточной части района исследования, является хорошей водой для питьевых и бытовых целей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блох И.М. Электропрофилирование методом сопротивлений. М. //, Недра, 1971, 216 с.

 Бродовой В.В. Комплексирование геофизических методов. – М.: Недра. – 1987. – 471 с.

3. Буддо И.В. Тонкослоистые модели при изучении коллекторов в осадочном чехле методом зондирований становлением поля в ближней зоне – методика и результаты интерпретации (на примере юга Сибирской платформы): дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ. – 2012. – 162 с.

4. Ваньян Л.Л. Электромагнитные зондирования. – М.: Научный мир. – 1997. – 218
с.

5. Великин А.Б., Булгаков Ю.И. Индуктивная электроразведка методом переходных процессов с совмещенным источником и приемником поля. – Л.: Недра. – 1967. – 55 с.

6. Горностаев В.П. Панкратов В.М. Рабинович Б.И. Опыт применения метода ЗСБ в восточной части Иркутского амфитеатра // Геология и геофизика. – 1973. – №73.

7. Жданов М.С. Электроразведка. М. //, Недра, 1986, 316 с.

 Захаркин А.К., Кунин Д.И. Зондирование становлением поля в ближней зо-не. – М.: Недра. – 1976. – 102 с.

9. Колесников В.П. Основы интерпретации электрических зондирований. М. // Научный мир, 2007, 248 с.

10.Куфуд О. Зондирование методом сопротивлений М. //, Недра, 1984, 270 с.

11. Матвеев Б.К. Электроразведка: учебник для вузов. – М.: Недра. – 1990. – 368 с.

12.Новиков К.В. Магниторазведка: Учебное пособие для студентов-геофизиков, Часть 1 // Москва, 2013, 141 С.

13.Хмелевской В.К. и Костицын В.И. Основы геофизических методов // Перм. университет – Пермь, 2010. ISBN 978-5-7944-1428-8 – 400 с.

14. Хмелевской В.К. Электроразведка М. //, 1984, 420 с.

15.Abdel Monem A. A., Hilmy M. E., Ali M. M., Morsy M. A. and Haroun Y. S. Geology and mineralogy of Sabkhas and origin of associated uranium deposits, Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt // Egyptian Mineralogist Journal, 1995, Volume No. 7, Pages; 187 - 203.

16.APHA Standard Methods for the Examination of Water and Waste water // 21st edition, Washington, DC, 2005.

17.Awad G. H. and Ghobrial M. G. Zonal stratigraphy of El Kharga Oasis and El Bahariya Oasis, western desert, Egypt // Geological Survey of Egypt, 1965, Paper No. 34, 77 P.

18.AWWA Water Quality and Treatment, Mc Graw - Hill, NY, 1971, 654 P.

19.Baranov V. A new method for interpretation of aeromagnetic maps: pseudo - gravimetric anomalies // Geophys., 1957, vol. 22, No. 2, Pages; 259- 383.

20.Baranov V. and Naudy H. Numerical calculation of the formula of reduction to the magnetic pole // Geophys., 1964, Vol. 29, Pages; 67-79.

21.Baranov V. potential fields and their transformation in applied geophysics // Geoexploration Monographs, Gebruder, Borntraeger, Berlin – Stuttgart, 1975, series1-6.

22.Barbosa V., Sliva J. and Medeiros W. Stability analysis and improvement of structural index in Euler deconvolution // Geophysics, 1999, Vol. No. 64, Pages; 48 - 60.

23.Bartarya S. K. Hydrochemistry and rock weathering in a sub-tropical Lesser Himalayan river basin in Kumaun, India // Journal of Hydrology, 1993, Vol. No. 146, Pages; 149 - 174.

24.Bhattacharyya B.K. Some general properties of potential field in space and frequency domains // a review Geoexploration. 5, 1967, Pages; 127 - 143.

25.Bhattacharyya B.K. Two dimensional harmonic analysis as a tool for magnetic interpretation // Geophysics, 1965, Vol. 30, No. 5, Pages; 829 - 857.

26.Buselli G. The effect of near surface superparamagnetic material on electro-magnetic transients // Geophysics. – 1982. – Vol. 47. – N_{2} 9. – P. 1315-1324.

27.Catuneanu O., Khalifa M. A. and Wanas H. A. Sequence stratigraphy and incised valley systems of the Cenomanian Bahariya Formation, Western Desert, Egypt // Journal of Sedimentary Geology, 2006, ISSN No. 0037 – 0738, Pages; 121 – 137.

28.Dauda M. and Habib G. A. Graphical Techniques of Presentation of Hydro-Chemical Data // Journal of Environment and Earth Science, 2015, Vol. No. 5, Pages; 65 - 76.

29. Davis S. N. and De Weist R. J. M. Hydrogeology, Wiley, New York, 1966.

30.Dawoud M. A., Darwish M. M. and El-Kady M. M. GIS - Based Groundwater Management Model for Western Nile Delta // Water Resources Management, 2005, Vol. No. 19, Pages; 585 - 604.

31.Diab M. S. Hydrogeological and Hydrochemical studies of the Nubian Sandstone water-bearing complex in some localities in United Arab Republic // PhD Thesis, Assiut University, Egypt, 1972.

32.Dominik W. Stratigraphie und Sedimentologie (Geochemie, Schwermineralanalyse) der Oberkreide von Bahariya und ihre Korrelation zum Dakhla Becken (Western Desert, Agypten) // Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, 1985, Vol. No. 62, 173 PP. 33.Egyptian Military Survey "EMS" Topographic Map of El- Bahariya Oasis, Scale 1:500000, Sheet No. NH 35 SE BAHARIYA, Western Desert, Egypt. 1986.

34.El- Akkad S. and Issawi B. Geology and iron ore deposits of the Bahariya Oasis // Geological Survey of Egypt Authority, Cairo, Egypt, 1963, Paper No. 18, 301 P.

35.El Bassyony A. A. Stratigraphy of El Harra Area, Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt // Sediment of Egypt, 2004, Vol. No. 12, Pages; 207 – 232.

36.El- Bassyouny A. A. Geology of the area between Gara El Hamra of Ball Qur Lyons and Ghard El Moharrik and its correlation with El Harra area, Bahariya Oasis, Egypt // Unpublished M.Sc. Thesis, Cairo University, Egypt, 1972, 180 P.

37.El- Bassyouny A. A. Structures of the northeastern plateau of the Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt // Minjbouw, 1978, Vol. No. 57, Pages; 77 - 86.

38.El- Bassyouny A. A. The discovery of the iron ores of El gedida and their origin, El-Bahariya oasis, Western Desert, Egypt // Journal of Geological Society of Iraq, 1980, Vol. No. 13, Pages; 119 - 130.

39.El- Hussaini A. and Henain E.F. On the computation of second derivative from gravity data // Presented in the 9th Arab Petroleum Congress, Dubai, 1975.

40.El Mansy I. M., Ragab M. A. and El Gendy N. H. Studies on petrologic and petrophysical properties of some Cambrian and Lower Cretaceous core samples from Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt // Faculty of Science Journal, Menoufia University, Egypt, 1989, Vol. No. 3, Pages; 285 – 304.

41.El_Bastawesy M., Faid A. and El_Gammal S.A. The quaternary development of tributary channels to the Nile River at Kom Ombo area, Eastern Desert of Egypt and their implication for groundwater resources // Journal of Hydrological Process, 2010, Volume No. 24, Pages: 1856–1865.

42.Elkins T.A. The second derivative method of gravity interpretation // Geophysics, 1951, Vol. No. 16, Pages; 29 - 50.

43.Evjan H.M. The place of the vertical gradient in gravitational interpretation // Geophysics, 1936, Vol. No. 1, Pages; 127 - 136.

44.Fetter C. W. Applied hydrogeology // 4th edition, Pearson, UK, 2014, 621 P.

45.Franks J. R. Stratigraphic modelling of the Upper Cretaceous sediments of Bahariya Oases // In; Proceedings of the Sixth Egyptian General Petroleum Corporation Seminar, 1982, Pages; 93 - 105.

46.Geooffice Solver 99, V.7, Copyright © 1996, 1999 Incomtech, windows NT 6.1 (Bulid 760, Service).

47.Geosoft Oasis Montaj Program Geosoft mapping and processing system: version 6.4.2 (HJ) // Inc Suit 500, Richmound St. West Toronto, ON Canada N5SIV6, 2007.

48.Haroun Y. S. Geological and Geochemical Studies on some radioactive quaternary deposits, El Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt // M.Sc. Thesis, Ain Shams University, Cairo, 1990, 184 P.

49.Harris E., Jessell W., and Barr T. Analysis of the Euler deconvolution techniques for calculating regional depth to basement in area of complex structures // SEG Annual International Meeting, 1996.

50.Henderson R.G. A comprehensive system of automatic computer in magnetic and gravity interpretation // Geophysics, 1960, Vol. No. 25, Pages; 569 - 585.

51.Henderson R.G. and Ziettz L. The computation of second vertical derivative of geomagnetic fields // Geophysics, 1949, Vol. No. 14, Pages; 517 - 534.

52.Himida I.H. Artesian water of the oases of Libyan Desert in United Arab Republic // PhD Thesis, Russian State Geological Prospecting University (M.G.R.U), Moscow, Russia (By Russian language), 1964.

53.IPI2WIN Program Version 3.1 2C; 17.10.08, 1990 – 2008. Copyright@1990-2010, Bobachev A.A., Programs set for VES data interpretation // Geophysical Department, Faculty of Geology, Moscow State University, Russia, 2008, pp. 119899.

54.Issawi B. Review of Upper Cretaceous Lower Tertiary stratigraphy in the central and northern Egypt // American Association of Petroleum Geologists, 1972, Bulletin No. 56, Pages; 1448 - 1463.

55.Issawi B., Labib S. and Fahmy K. A guide booklet for an excursion to El Bahariya Oasis, Farafra Oasis and El Kharga Oasis, Western Desert, Egypt // Centennial of the geological survey of Egypt, 1996, 60 P.

56.Jacks G. Chemistry of ground water in a district in Southern India // Journal of Hydrology, 1973, Vol. No. 18 (3 - 4), Pages; 185 - 200.

57.Jacksone M. L. Soil Chemical Analysis // Prentice - Hall of India private limited, New Delhi, 1973.

58.Khalifa M. A. and Abu El- Hassan M. M. Lithofacies, diagenesis, cyclicity and depositional environment of the Upper Cenomanian El- Heiz Formation, Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt // Journal of African Earth Sciences, 1993, Vol. No. 17, Pages; 555 - 570.

59.Khalifa M. A. Geological and Sedimentological studies of the El Hefhuf area, Bahariya Oases, Western Desert, Egypt // Unpublished M.Sc. Thesis, Cairo University, Egypt, 1977, 181 P.

60.Khalifa M. A., Soliman H. D. and Abu El- Hassan M. M. Lithostratigraphy and sequence stratigraphy of the Turonian–Santonian rocks, Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt // In; Proceedings of the Sixth Conference Geol. Arab World, Cairo University, Egypt, 2002, Pages; 483 - 501.

61.Khalifa M. A., Wanas H. A. and Tsirambides A. Depositional history of the clastic carbonate facies (El Reis Formation) of the Limestone Hills, central part of the Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt // In; Proceedings of the Fifth International Conference of the Middle East, Ain Shams University, Egypt, 2003, Pages; 355 - 366.

62.Khalifa R.M. Study of groundwater resources management in El-Bahariya Oasis // PhD Thesis, Faculty of Science, Alexandria University, Egypt, 2006, 226 P.

63.Klingele E.E., Marason L. and Kahle H.G. Automatic interpretation of gravity gradiometeric data in two dimensions: vertical gradient // Geophysical Prospecting, 1991, Vol. No. 39, Pages; 407 - 434.

64.Koefoed O., A generalized cagniard graph for interpretation of geoelectrical sounding data // Geophys. Prospect., 1960, Volume No. 8 (3), PP 459 - 469.

65.Lee T .J. The transient electromagnetic response of a magnetic or superparamagnetic ground // Geophysics. -1984. - Vol. 49. - No 7. - P. 854-860.

66.Marason L. and Klingele E.E. Advantage of using the vertical gradient of gravity for 3-D interpretation // Geophysics, 1993, Vol. No. 58, Pages; 349 - 355.

67.McNeill J.D. Use of electromagnetic methods for groundwater studies // Geotechnical and environmental geophysics, v.1: Review and Tutorial, Society of Exploration Geophysicists Investigations, 1990, Vol. No. 5, Pages; 107 - 112.

68.McNeill J.D. Application of transient electromagnetic techniques. – Missasa-gua, Canada: Geonics Limited. – TN 7, 1980. – 17 p.

69.Meneisy M. Y. and El- Kalioubi B. Isotopic ages of the volcanic rocks of El Bahariya Oasis // Annual of the geological Survey of Egypt, 1975, Volume No. 5, Pages; 119 - 122.

70.Milsom J. Field Geophysics - 3rd Edition // John Wiley & Sons Ltd, the Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, University College London, England, 2003, 232 P.

71.Milsom J. Field Geophysics // printed in Great Britain by Butler & Tanner Ltd, London, 1989.

72.Morsy M. A. Geology and radioactivity of late Cretaceous-Tertiary sediments in the Northern Western Desert, Egypt // Ph.D. Thesis, Faculty of Science, Mansoura University, Egypt, 1987, 351 P.

73.Moustafa A. R., Saoudi A., Moubasher A., Mohamed, I., Molokhia H. and Schwartz B. Structural setting and tectonic evolution of the Bahariya Depression, Western Desert, Egypt // Geo-Arabia Journal, 2003, Vol. No. 8, Pages; 91 - 124.

74.Nettleton L.L. Gravity and magnetic in oil prospecting // Mc Graw - Hill book co. Inc., New York, 1976, 322 P.

75.Orellana E. and Mooney H.M., Master table and curves for vertical electrical sounding data // Geophys. Prospect., 1966, Volume No. 8 (3), PP 459 - 469.

76.Rao N. S. Geochemistry of groundwater in parts of Guntur district, Andhra Pradesh, India // Environmental Geology, 2002, Vol. No. 41, Pages; 552 - 562.

77.Reid A.B., Allsop J.M., Granser H., Millett A.J. and Somerton I.W. Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution // Geophysics, 1990, Vol. No. 55, Pages; 80 - 91.

78.Robinnove C. J., Hangbird R. H. and Brook J. W. Saline water resources of north Dakota // U. S. Geol. Surv. Water Supply Pap. 1428 (1958) 72.

79.Rogers R. J. Geochemical comparison of ground water in areas of New England, New York, and Pennsylvania // Ground Water, 1989, Vol. No. 27(5), Pages; 690 - 712.

80.Rosenbach O. A contribution to the computation of second derivative from gravity data // Geophysics, 1953, Vol. No. 18, Pages; 894 - 912.

81.Said R. and Issawi B. Geology of Northern plateau, Bahariya oasis, Western desert, Egypt // Journal of Egyptian Geological Survey Authority, 1964, Paper No. 29, 41 P.

82.Said R. The geology of Egypt // El Savier, New York, USA, 1990, 734 P.

83.Said R. The Geology of Egypt // Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 1962, 377 P.

84.Salem A. A. Groundwater conditions in the Bahariya Oasis and its future development // M.Sc. Thesis, Department of Geology, Faculty of Science, Cairo University, Egypt, 1995, 132 P.

85.Salem A. A. Hydrogeological studies on the Nubia sandstone aquifer in Bahariya and Farafra Depressions, Western Desert, Egypt // Ph.D Thesis, Faculty of Science, Ain Shams University, Egypt, 2002, 165 P.

86.Salem M. Pedological Characteristics of Bahariya Oasis Soils // Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Egypt, 1987.

87.Schlumberger Company // Well Evaluation Conference, 1984, Pages; 1 – 64.

88.Sen Z. Practical and applied hydrogeology // Elsevier, 2015.

89.Sharma P.V. Geophysical methods in geology // Amsterdam, Oxford, New York, El-Sevier Pub. Co., 1967.

90.Soliman H. E. and Khalifa M. A. Stratigraphy, facies and depositional environments of the Lower Cenomanian Bahariya Formation, Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt // Egyptian Journal of Geology, 1993, Vol. No. 37, Pages; 193 - 209.

91.Soliman S. M. and El- Badry O. A. Petrology and tectonic framework of the Cretaceous, Bahariya Oasis, Egypt // Journal of Geology, 1980, Vol. No. 24, Pages; 11 - 51.

92.Soliman S. M. and El- Fetouh M. A. Carboniferous of Egypt, isopach and lithifacies maps. Bull. A.A.P.G., 1970, Vol. No. 54, Pages; 1918 - 1930.

93.Stavrev P.Y. Euler deconvolution using differential similarity transforms of gravity or magnetic anomalies // Geophysical Prospecting, 1997, Vol. No. 45, Pages; 207 - 246.

94.Stefanesco S., Schlumberge C.M. Sur la distfibution electrique potentielle autound une price de terre pentuelle dans un terrain couches horisontales homogenes et isotrope // J. de Physik. – 1930. – Vol. 1. – N $_{2}$ 4.

95.Sultan S.A. Shallow Geophysical Investigation for detecting the characteristics of near surface section of Inshas Area // PHD Thesis, Ain Shams University, Cairo, Egypt, 1998.

96.Telford W. L. Geldart and R.sheriff R. Applied geophysics. Second Edition // Cambridge University, Press, London, 1990, 660 p.

97. Todd D. K. и Mays L. W. Groundwater hydrology // 3^{rd} edition, John Wiley & Sons, 2005.

98.Website 2.1: http://www.gemsys.ca/overhauser-magnetometers/

99.Website 2.2: http://www.gemsys.ca/wp-

 $content/themes/gemsystems/pdf/GEM_Overhauser_GSM_19_fin.pdf?lbisphpreq=1$

100. Website 4.1: https://www.iris-instruments.com/syscal-r2.html

101. WHO (World Health Organization) Guidelines for drinking-water quality // 4th edition, World Health Organization, Switzerland, 2011.

102. Wilcox L. V. Classification and use of irrigation waters // US department of agriculture, 1955, Circular 969, Washington DC, 19p.

103. Wurts W. A. Understanding water hardness // World aquaculture, 1993, Vol. No. 24 (1), 18p.

104. Zaghloul E. A., Askalny M. M. and Salim M. M. Contribution to the stratigraphy of west Bahariya oasis, western desert, Egypt // Annals of the geological survey of Egypt, 1993, Vol. No. 19, Pages; 289 - 300.

105. Zaporozec A. Graphical Interpretation of Water - Quality Data // Ground Water,1972, Vol. No. 10 (2), Pages; 32 - 43.

106. Zhang L., Song X., Xia J., Yuan R., Zhang Y., Liu X. и Han D. Major element chemistry of the Huai river basin, China // Appl. Geochem., 2011, Vol. No. 26 (3), Pages; 293 - 300.