

Гавеиш В.Р. (МГРИ-РГГРУ, Национальный Исследовательский Институт Астрономии и Геофизики (NRIAG), г. Каир, Египет)

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЛУБИНЫ И ТОЛЩИНЫ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА В ЗОНЕ Г ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОАЗИСА ЭЛЬ-БАХАРИЯ (ЗАПАДНАЯ ПУСТЫНЯ, ЕГИПЕТ)

*Для оценки глубокого водоносного горизонта подземных вод в зоне Г в северной части оазиса Эль-Бахария западной пустыни Египта были использованы данные семи скважин. Основные результаты проведенных исследований следующие: зона Г залегает в интервале глубин от 530 до 785 м, а ее толщина изменяется от 67 до 170 м. Зона Г состоит из песчаника или песчаника с незначительными прослоями глин. Показания короткого потенциал-зонда М16А в этих скважинах против зоны Г изменяются от 36 до 681 Ом·м, показания длинного потенциал-зонда М64А — от 69 до 1369 Ом·м и показания гамма-каротажа — от 10 до 52 API. Лучшее место для бурения новых водозаборных скважин по результатам проведенных исследований находится в западной части исследуемой территории. **Ключевые слова:** подземный водоносный горизонт, геофизические исследования скважин (ГИС), Оазис Эль-Бахария, Западная пустыня, Египет.*

Gaweish W.R. (MGRI-RGGRU, National Research Institute of Astronomy and Geophysics (NRIAG), Cairo, Egypt)

APPLICATION OF WELL LOGGING METHODS TO ESTIMATE THE DEPTH AND THICKNESS OF DEEP AQUIFER (ZONE G) OF THE GEOLOGICAL SECTION IN THE IN THE NORTHERN PART OF EL-BAHARIYA OASIS (WESTERN DESERT, EGYPT)

*Seven well-logs have been studied to assess the deep groundwater aquifer (zone G) in the Northern part of El-Bahariya oasis, Western desert of Egypt. The most important results of this study as follows: The depth of zone D in the study area is ranging from 530m to 785m and its thickness ranging from 67m to 170m. Zone D consists of Sandstone or Sandstone with minor layers of clays. Readings of short, long potential probes and GR in well-logs against zone G is ranging from 36 to 681 Ohm.m, from 69 to 1369 Ohm.m and from 10 to 52 API (Respectively). The best place for drilling new well is located at western part of the study area. **Keyword:** groundwater aquifer, Well logging, El-Bahariya Oasis, Western desert of Egypt.*

Введение

Египет находится на Северо-Востоке Африки и имеет пять крупных географических провинций: 1 — п-ов Синай, 2 — долина Нила, 3 — дельта Нила, 4 — Восточная пустыня, 5 — Западная пустыня. Западная пустыня охватывает запад р. Нил и простирается до границы с Ливией. В Западной пустыне имеется пять больших оазисов; Оазис Дахла, Оазис Харга, Оазис Фарафра, Оазис Сива и Оазис Эль-Бахария (рис. 1А).

Район исследования расположен в северной части оазиса Эль-Бахария (рис. 1Б). Население этого района страдает от дефицита поверхностных вод, необходимых для хозяйственно-бытовых нужд и сельскохозяйственной деятельности. Кроме того, эта поверхностная вода загрязнена отходами расположенного недалеко от района исследования рудника Эль-Гедида, где ведется добыча и переработка железной руды (рис. 1Б). Для снабжения населения качественной водой необходимо отбирать ее из более глубоких горизонтов.

Многие исследователи изучали водоносный горизонт в оазисе Эль-Бахария. По результатам проведенных исследований было установлено, что основной водоносный горизонт в исследуемом районе расположен в Нубийском песчанике, который залегает непосредственно на поверхности фундамента. Нубийский песчаник датируется сеноманом и сложен песчаником 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 м. Глубокие водоносные горизонты зоны Г и Д залегают на глубине более 300 м [1, 7, 8, 10, 16].

В настоящем исследовании геофизические методы исследования скважин были использованы для оценки глубины залегания и толщины водоносного горизонта в Зоне Г в северной части оазиса Эль-Бахария Западной пустыни Египта.

Геология района исследования

Поверхностная последовательность напластований в оазисе Эль-Бахария была исследована несколькими авторами [6, 9, 11, 12, 14, 15, 17]. В северной части оазиса Эль-Бахария эти отложения датируются от сеноманского до олигоценного возраста, как показано на геологической карте (рис. 2). Все обнажающиеся горные породы в районе исследования осадочного происхождения, кроме базальтовых пород.

Поверхностную геологию описывают как:

1. Четвертичные отложения, представленные песчаными дюнами в районе исследования. Песчаные дюны расположены в центральной и восточной части

дятся против коллекторов проницаемой водоносной зоны Г и совпадают против непроницаемых пластов глин.

Результаты интерпретации данных ГИС следующие:

1. Интерпретация данных каротажа скв. Эль-Бавити 2008: скважина расположена в южной части района Эль-Бавити (рис. 1Б). Интервал исследования от 600 до 825 м. Кажущееся сопротивление длинного потенциал-зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 71 до 145 Ом·м., а против глин — от 19 до 45 Ом·м. Показания ГК против пластов глин изменяются в пределах от 59 до 83 АРІ, а против водоносных зон Г — от 13 до 30 АРІ (рис. 3А). По данным каротажа геологический разрез скв. Эль-Бавити 2008 включает 3 слоя: первый слой — глина (от 600 до 620 м); второй слой — песчаник с незначительными прослоями глины (зона Г от 620 до 755 м) и третий слой — глина с незначительными прослоями песчаника (от 755 до 825 м). Основным водоносным горизонтом является зона Г, которая залегает в интервале глубин от 620 до 755 м (рис. 3А).

2. Интерпретация данных каротажа скв. Эль-Хзан: скважина расположена в юго-восточной части района Эль-Бавити (рис. 1Б). Интервал исследования от 650 до 875 м. Кажущееся сопротивление длинного потенциал-зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 91 до 144 Ом·м., а против глин — от 22 до 49 Ом·м. Показания ГК против пластов глин изменяются в пределах от 94 до 128 АРІ, а против водоносных зон Г — от 22 до 52 АРІ (рис. 3Б). По данным каротажа геологический разрез скв. Эль-Хзан включает 5 слоев: первый слой — глина с незначительными прослоями песчаника (от 650 до 680 м); второй слой — песчаник с незначительными прослоями глины (зона Г от 680 до 785 м); третий слой — глина с незначительными прослоями песчаника (от 785 до 840 м); четвертый слой — песчаник (от 840 до 855 м) и пятый слой — глина (от 855 до 875 м). Основным водоносным горизонтом является

зона Г, которая залегает в интервале глубин от 680 до 785 м (рис. 3Б).

3. Интерпретация данных каротажа скв. Мандйша: скважина расположена в южной части района Мандйши (рис. 1Б). Интервал исследования от 600 до 850 м. Кажущееся сопротивление длинного потенциал-зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 77 до 151 Ом·м, а против глин — от 20 до 47 Ом·м. Показания ГК против пластов глин изменяются в пределах от 45 до 101 АРІ, а против водоносных зон Г — от 14 до 29 АРІ (рис. 3В). По данным каротажа геологический разрез скв. Мандйша включает 5 слоев: первый слой — глина с незначительными прослоями песчаника (от 600 до 620 м); второй слой — песчаник (зона Г от 620 до 690 м); третий слой — глина с незначительными прослоями песчаника (от 690 до 780 м); четвертый слой — песчаник с незначительными прослоями глины (от 780 до 840 м) и пятый слой — глина (от 840 до 850 м). Основным водоносным горизонтом является зона Г, которая залегает в интервале глубин от 620 до 690 м (рис. 3В).

4. Интерпретация данных каротажа скв. Эль-Забу 2007: скважина расположена в юго-западной части района Эль-Забу (рис. 1Б). Интервал исследования от 600 до 875 м. Кажущееся сопротивление длинного потенциал-зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 69 до 123 Ом·м., а против глин — от 12 до 38 Ом·м. Показания ГК против пластов глин изменяются в пределах от 67 до 88 АРІ, а против водоносных зон Г — от 22 до 27 АРІ (рис. 3Г). По данным каротажа геологический разрез скв. Эль-Забу 2007 включает 7 слоев: первый слой — глина с незначительными прослоями песчаника (от 600 до 660 м); второй слой — песчаник (от 660 до 680 м); третий слой — глина с незначительными прослоями песчаника (от 680 до 718 м); четвертый слой — песчаник с незначительными прослоями глины (зона Г от 718 до 785 м); пятый слой — глина (от 785 до 793 м); шестой слой — песчаник с незначительными прослоями глины (от 793 до 827 м) и седьмой слой — глина с не-

значительными прослоями песчаника (от 827 до 875 м). Основным водоносным горизонтом является зона Г, которая залегает в интервале глубин от 718 до 785 м (рис. 3Г).

5. Интерпретация данных каротажа скв. Эль-Забу 1998: скважина расположена в северо-западной части района Эль-Забу (рис. 1Б). Интервал исследования от 600 до 950 м. Кажущееся сопротивление длинного потенциал-зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 85 до

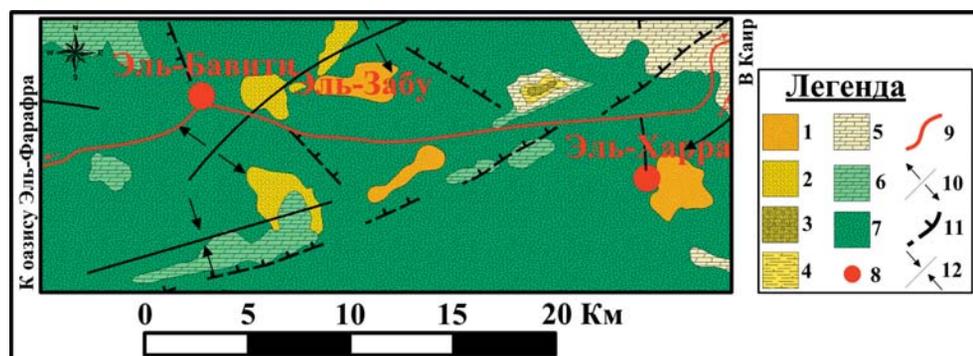


Рис. 2. Геологическая и структурная карты района исследования в северной части оазиса Эль-Бахария, Западная пустыня, Египет (изменено после [12, 16]): 1 — четвертичные отложения; 2 — базальтовые породы; 3 — формация Хамра; 4 — формация Казун; 5 — формация Эль-Накп; 6 — формация Эль-Хуфуф; 7 — формация Эль-Бахария; 8 — деревня; 9 — дорога; 10 — ось антиклинали; 11 — расщелина по линии сброса и направление опущенного крыла; 12 — ось синклинали

126 Ом·м., а против глин от 22 до 65 Ом·м. Показания ГК против пластов глин изменяются в пределах от 57 до 92 API, а против водоносных зон Г — от 10 до 22 API (рис. 4А). По данным каротажа геологический разрез скв. Эль-Забу 1998 включает 9 слоев: первый слой — глина (от 600 до 606 м); второй слой — песчаник (от 606 до 621 м); третий слой — глина (от 621 до 638 м); четвертый слой — песчаник с незначительными прослоями глины (зона Г от 638 до 738 м); пятый слой — глина с незначительными прослоями песчаника (от 738 до 769 м); шестой слой — глина (от 769

до 823 м); седьмой слой — песчаник (от 823 до 850 м); восьмой слой — глина (от 850 до 885 м) и девятый слой — песчаник с незначительными прослоями глины (от 885 до 950 м). Основным водоносным горизонтом является зона Г, которая залегает в интервале глубин от 638 до 738 м (рис. 4А).

6. Интерпретация данных каротажа скв. Табела_12: скважина расположена в центральной части района исследования (рис. 1Б). Интервал исследования от 500 до 800 м. Кажущееся сопротивление длинного потенциал-зонда против водоносных пластов в зоне Г изме-

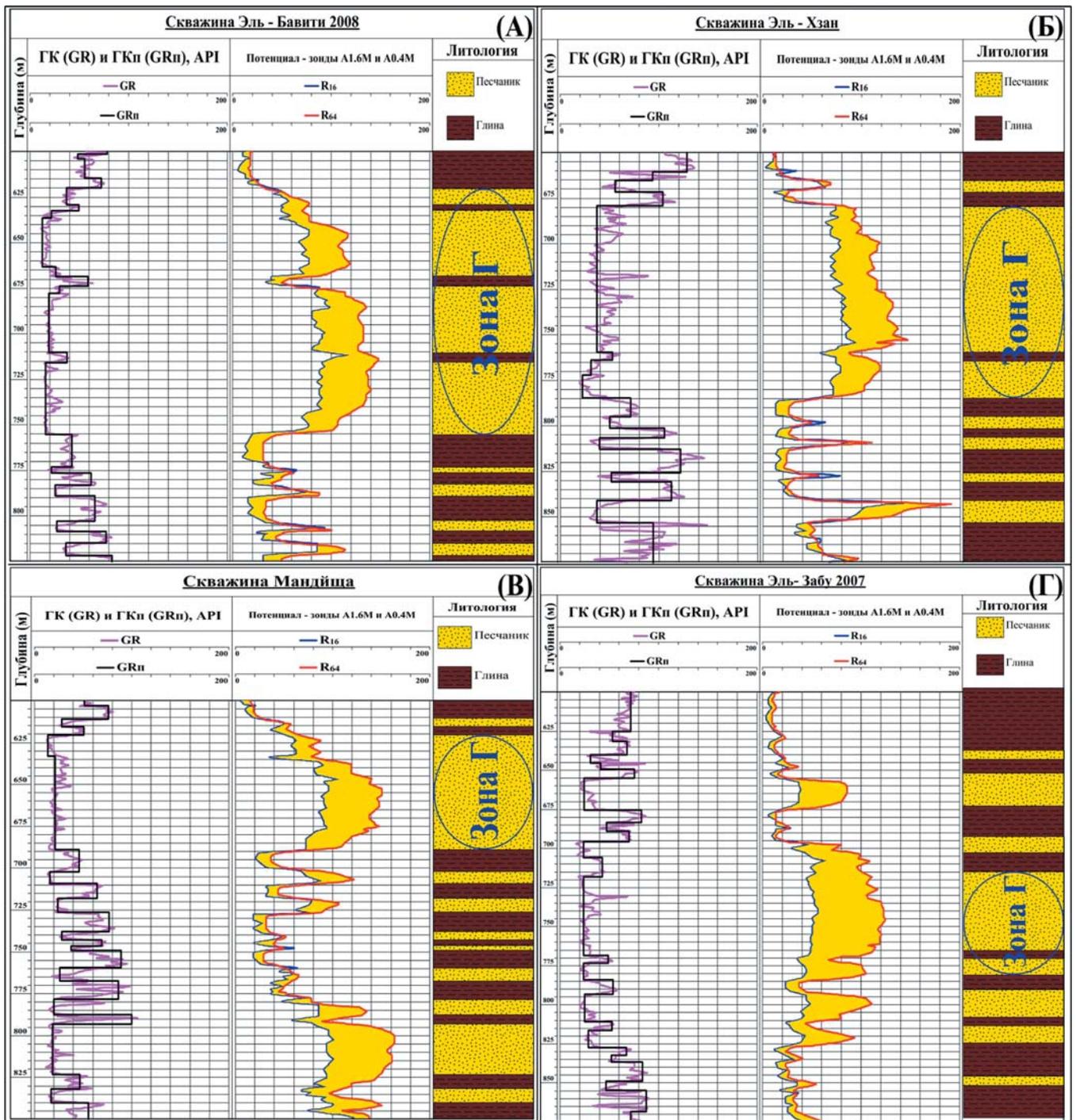


Рис. 3. Интерпретация данных каротажа скважин Эль-Бавити 2008 (А), Эль-Хзан (Б), Мандйша (В) и Эль-Забу 2007 (Г)

няется в пределах от 376 до 669 Ом·м., а против глин от 49 до 230 Ом·м. Показания ГК против пластов глин изменяются в пределах от 51 до 80 API, а против водоносных зон Г — от 12 до 31 API (рис. 4Б). По данным каротажа геологический разрез скв. Табела_12 включает 3 слоя: первый слой — глина (от 500 до 572 м); второй слой — песчаник с незначительными прослоями глин (зона Г от 572 до 686 м) и третий слой — глина (от 686 до 800 м). Основным водоносным горизонтом является зона Г, которая залегает в интервале глубин от 572 до 686 м (рис. 4Б).

7. Интерпретация данных каротажа скв. Эль-Харра_13: скважина расположена в южной части района Эль-Харра (рис. 1Б). Интервал исследования от 500 до 700 м. Кажущееся сопротивление длинного потенциал-зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 628 до 1369 Ом·м., а против глин — от 128 до 179 Ом·м. Показания ГК против пластов глин изменяются в пределах от 47 до 65 API, а против водоносных зон Г — от 13 до 21 API (рис. 4В). По данным каротажа геологический разрез скв. Эль-Харра_13 включает 2 слоя: первый слой — глина (от 500 до 530 м) и второй

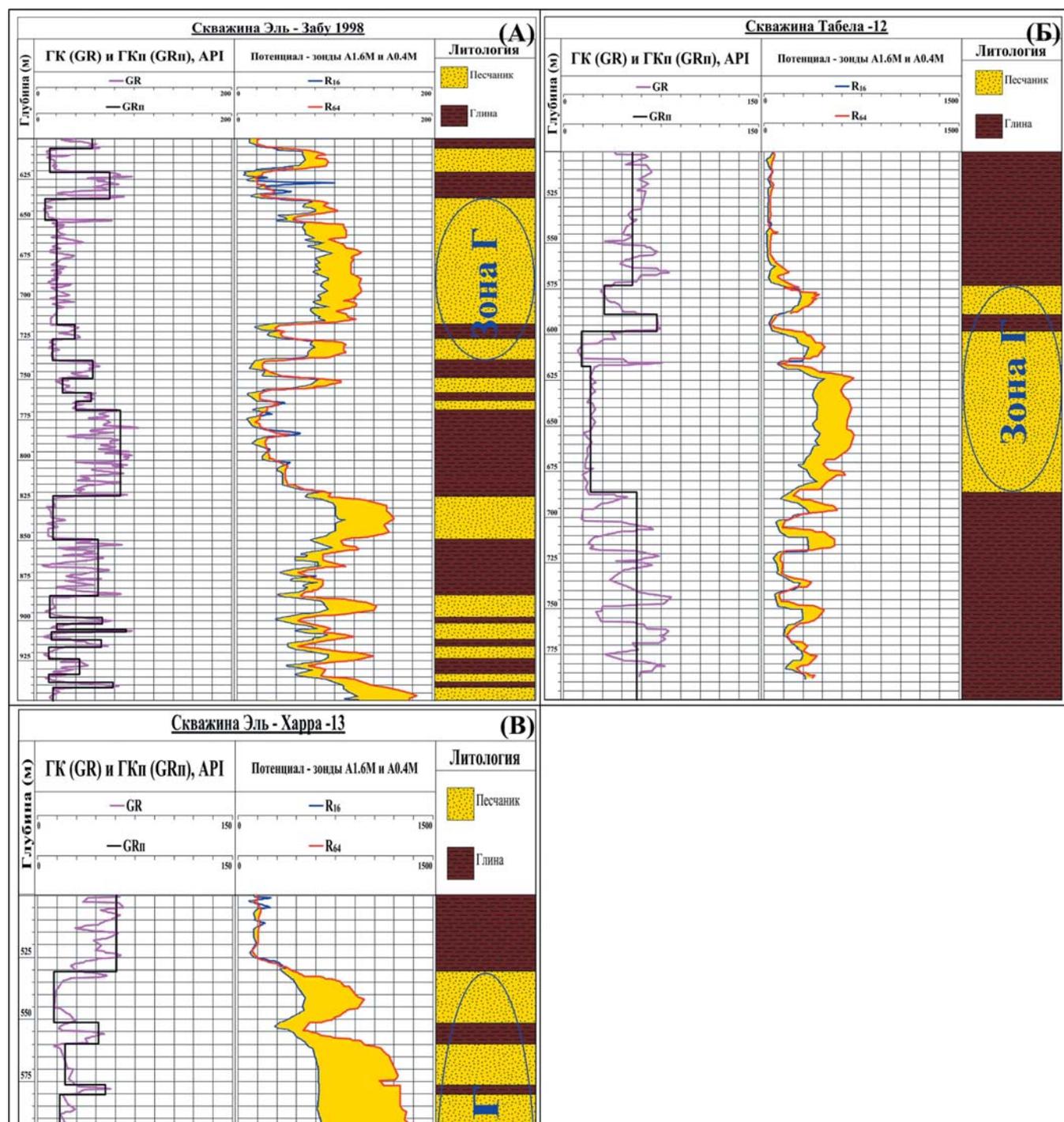


Рис. 4. Интерпретация данных каротажа скважин Эль-Забу 1998 (А), Табела_12 (Б), Эль-Харра_13 (В)

слой — песчаник с незначительными прослоями глин (зона Г от 530 до 700 м). Основным водоносным горизонтом является зона Г, которая залегает в интервале глубин от 530 до 700 м (рис. 4В).

Построения геоэлектрических разрезов

Результаты интерпретации скважин были использованы для построения геоэлектрических раз-

резов в северной части оазиса Эль-Бахария. Эти геоэлектрические разрезы позволили определить глубины и толщины водоносных горизонтов в зоне Г.

1. Первый профиль (Π_1 – Π_1') построен по данным корреляции каротажа скважин Эль-Бавити 2008, Эль-Хзан, Мандйша, Эль-Забу 2007 и Эль-Забу 1998 (рис. 1Б). Длина профиля 18,18 км, направление ЮЗ-СВ. Зона Г залегает вдоль первого профиля в интервале глубин от 620 до 785 м. Ее толщина колеблется от 67 м (скв. Эль-Забу 2007) до 135 м

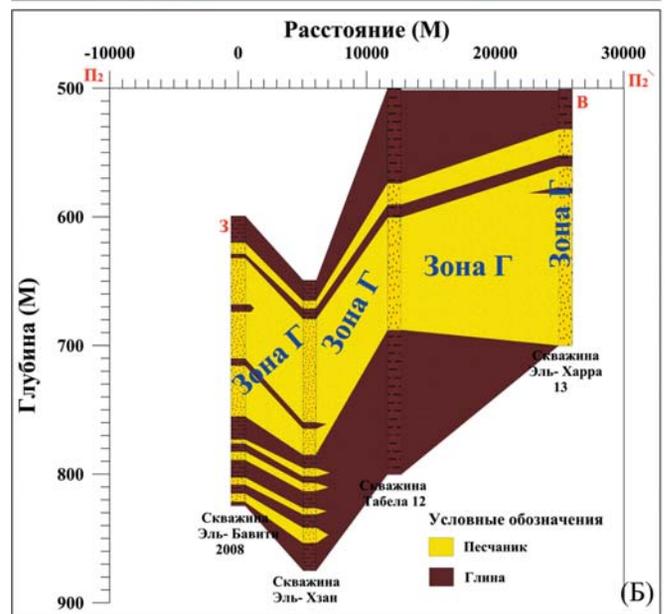
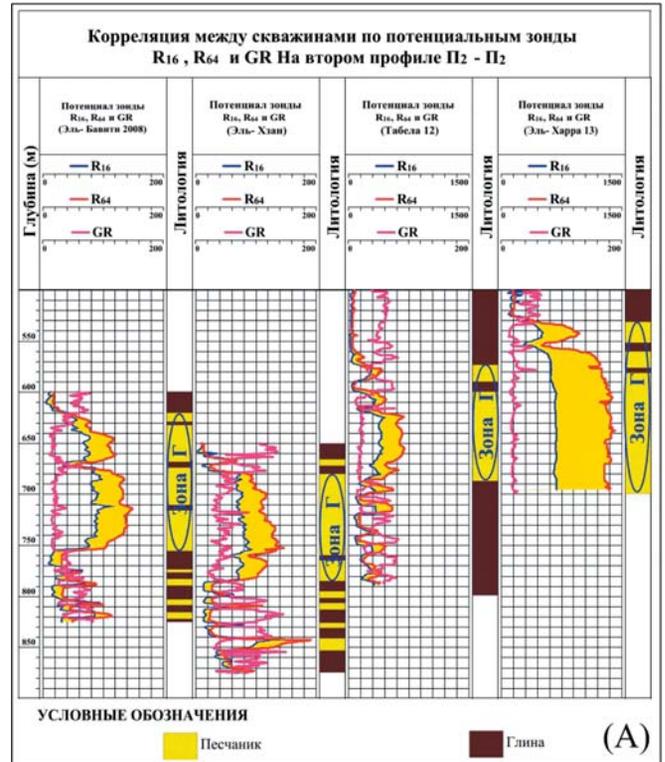
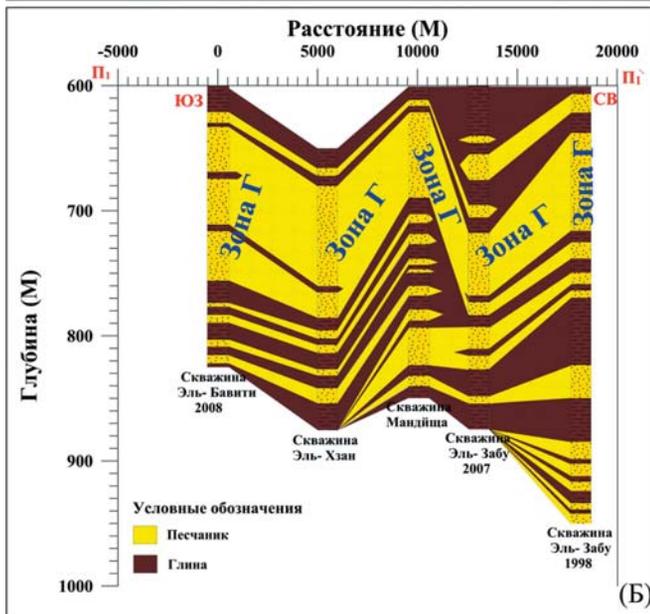
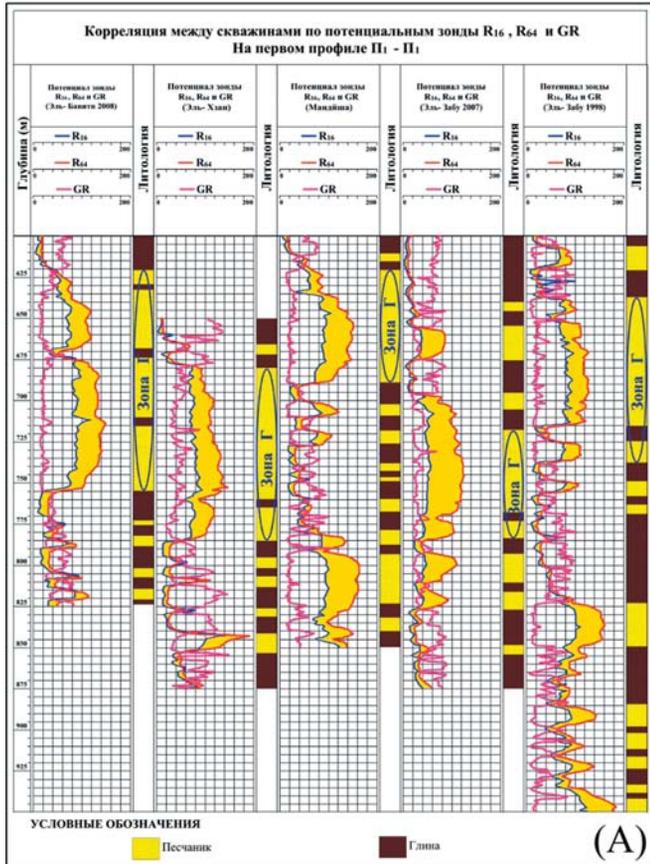


Рис. 5. Первый профиль (Π_1 – Π_1'); (А) — корреляция между скважинами по потенциальным зонам R_{16} , R_{64} и GR на первом профиле Π_1 – Π_1' ; (Б) — геоэлектрический разрез вдоль первого профиля (Π_1 – Π_1')

Рис. 6. Второй профиль (Π_2 – Π_2'); (А) — корреляция между скважинами по потенциал- зонам R_{16} , R_{64} и GR на втором профиле Π_2 – Π_2' ; (Б) — геоэлектрический разрез вдоль второго профиля (Π_2 – Π_2')

Номер профиля	Название Скважины	Глубина (М)		Толщина (М)	R ₁₆ (Ом·м)		R ₆₄ (Ом·м)		ГК (API)	
		От	До		От	До	От	До		
Первый профиль (П ₁ -П ₁)	Эль-Бавити 2008	620	755	135	42	98	71	145	13	30
	Эль-Хзан	680	785	105	59	93	91	144	22	52
	Мандйща	620	690	70	58	103	77	151	14	29
	Эль-Забу 2007	718	785	67	36	57	69	123	22	27
	Эль-Забу 1998	638	738	100	69	96	85	126	10	26
Второй профиль (П ₂ -П ₂)	Эль-Бавити 2008	620	755	135	42	98	71	145	13	30
	Эль-Хзан	680	785	105	59	93	91	144	22	52
	Табела_12	570	685	115	265	436	326	669	14	31
	Эль-Харра_13	530	700	170	501	681	664	1369	13	21

(скв. Эль-Бавити 2008). Зона Г состоит из песчаника с незначительными прослоями глин (скв. Эль-Бавити 2008, Эль-Хзан, Эль-Забу 2007 и Эль-Забу 1998) или сложена песчаником (скв. Мандйща) (рис. 5Б). Кажущееся сопротивление длинного потенциал-зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 69 до 151 Ом·м. Показания ГК против водоносных пластов в зоне Г изменяются в пределах от 10 до 52 API (рис. 5А). Показания короткого и длинного потенциал-зондов (R₁₆ и R₆₄) и ГК во всех скважинах вдоль первого профиля приведены в таблице.

2. Второй профиль П₂–П₂ построен по результатам корреляции данных каротажа 4-х скважин: Эль-Бавити 2008, Эль-Хзан, Табела_12 и Эль-Харра_13 (рис. 1Б). Длина профиля 25,46 км, направление 3-В. Зона Г залегает в интервале глубин от 530 до 785 м. Ее толщина колеблется от 105 м (скв. Эль-Хзан) до 170 м (скв. Эль-Харра_13). Зона Г состоит из песчаника с незначительными прослоями глин (рис. 6Б). Кажущееся сопротивление длинного

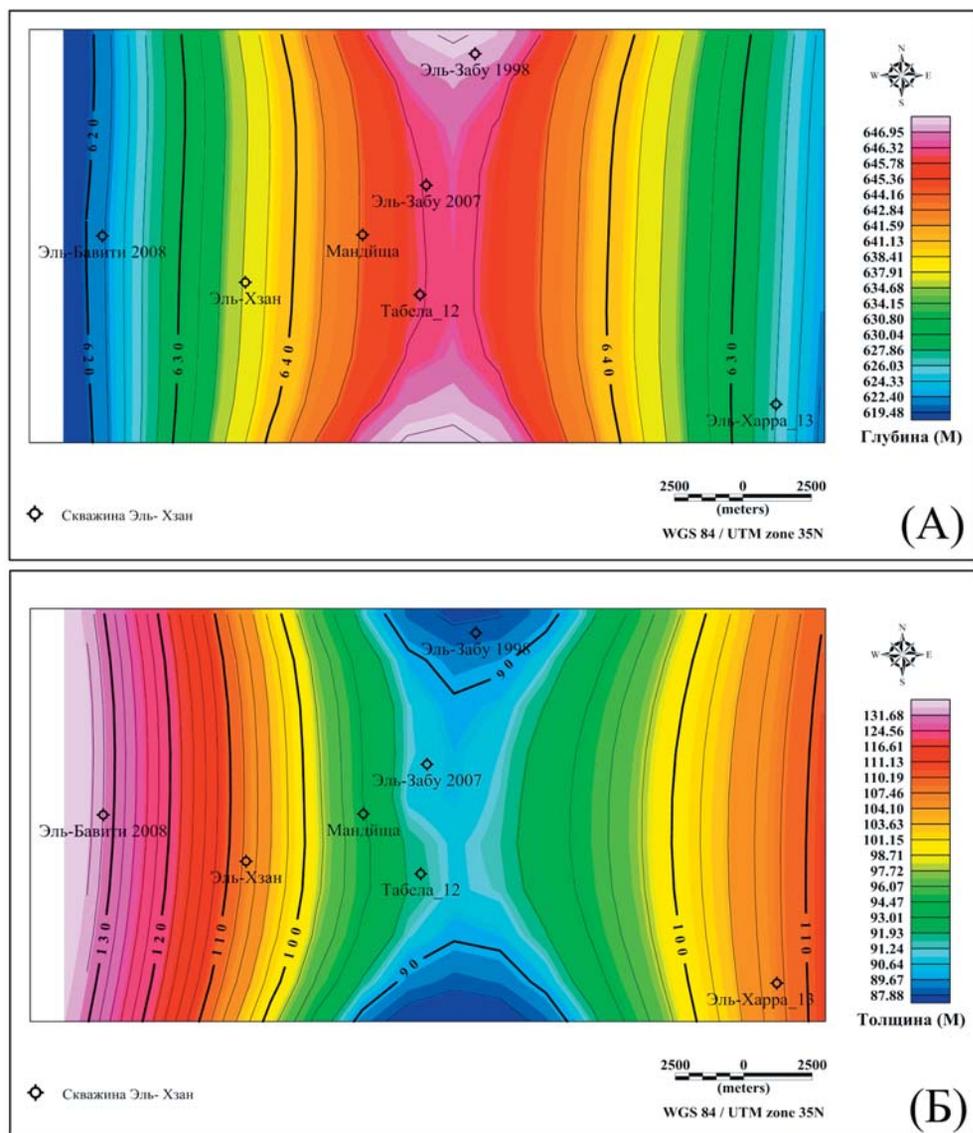


Рис. 7. Построение карт глубины и толщины водоносных горизонтов зоны Г; (А) — карта глубины кровли водоносного горизонта зоны Г; (Б) — карта толщины водоносного горизонта зоны Г

потенциал-зонда против водоносных пластов в зоне Г изменяется в пределах от 71 до 1369 Ом·м. Показания ГК против водоносных пластов в зоне Г изменяются в пределах от 13 до 52 API (рис. 6А). Показания короткого и длинного потенциал-зондов (R_{16} и R_{64}) и ГК во всех скважинах вдоль второго профиля приведены в таблице.

Построение карт глубины и толщины водонасыщенного горизонта в зоне Г геологического разреза

Построенные геоэлектрические профили были использованы для построения карт глубины и толщины водоносного горизонта зоны Г (рис. 7). Глубина кровли водоносного горизонта зоны Г составляет от 620 до 647 м. Небольшие глубины кровли водоносного горизонта зоны Г отмечены в юго-восточной и западной частях района исследования в скв. Эль-Харра_13 и Эль-Бавити 2008, а большие глубины кровли водоносного горизонта зоны Г — в центральной и северной частях района исследования в скв. Табела_12, Эль-Забу 2007 и Эль-Забу 1998 (рис. 7А).

Толщина зоны Г составляет от 88 до 132 м. Большие толщины зоны Г — в западной части района исследований в скв. Эль-Бавити 2008. Маленькие толщины зоны Г — в центральных и северных частях района исследований в скв. Табела_12, Эль-Забу 2007 и Эль-Забу 1998 (рис. 7Б).

Лучшее место для бурения новых скважин в зоне Г в районе исследований находится в западной части исследуемой территории недалеко от скв. Эль-Бавити 2008, благодаря малой глубине и большой толщине водоносного горизонта зоны Г (рис. 7).

Выводы

В этом исследовании 7 скважин были использованы для оценки глубины и толщины водоносного горизонта в зоне Г в северной части оазиса Эль-Бахария. Результаты проведенных исследований следующие:

1. Зона Г залегает в северной части оазиса Эль-Бахария в интервале глубин от 530 (скв. Эль-Харра_13) до 785 м (скв. Эль-Забу 2007). Ее толщина изменяется от 67 (скв. Эль-Забу 2007) до 170 м (скв. Эль-Харра_13).

2. Зона Г состоит из песчаника (скв. Мандйша) или песчаника с незначительными прослоями глин (в других скважинах в районе исследования).

3. Кажущееся сопротивление длинного потенциал-зонда в зоне Г изменяется в пределах от 69 Ом·м (скв. Эль-Забу 2007) до 1369 Ом·м (скв. Эль-Харра_13), а кажущееся сопротивление короткого потенциал-зонда в зоне Г изменяется в пределах от 36 Ом·м (скв. Эль-Забу 2007) до 681 Ом·м (скв. Эль-Харра_13).

4. Показания ГК в зоне Г изменяются в пределах от 10 API (скв. Эль-Забу 1998) до 52 API (скв. Эль-Хзан).

5. Наиболее благоприятное место для бурения новых водозаборных скважин в зоне Г в районе исследований находится в западной части исследуемой терри-

тории недалеко от скв. Эль-Бавити 2008, где отмечена наименьшая глубина залегания водоносного горизонта зоны Г и его наибольшая толщина.

ЛИТЕРАТУРА

1. Diab, M.S. Hydrogeological and hydro chemical studies of the Nubian sandstone water-bearing complex in some localities in United Arab Republic / M.S. Diab // PhD Thesis, Assiut University, Egypt, 1972.
2. Dominik, W. Stratigraphie und Sedimentologie (Geochemie, Schwermineralanalyse) der Oberkreide von Bahariya und ihre Korrelation zum Dakhla Becken (Western Desert, Agypten) / W. Dominik // Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen. — 1985. — Vol. — PP. 62.–173.
3. El-Akkad S. Geology and iron ore deposits of the Bahariya Oasis / El-Akkad S., Issawi B. // Geological Survey of Egypt Authority, Cairo, Egypt, 1963. — No. 18. — 301 P.
4. El-Bassyony A.A. Stratigraphy of El Harra Area, Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt / El-Bassyony A.A. // Sediment of Egypt. — 2004. — Vol. No. 12. — PP. 207–232.
5. El-Bassyouny A.A. Structures of the northeastern plateau of the Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt / El-Bassyouny A.A. // Minjebouw. — 1978. — Vol. No. 57. — PP. 77–86.
6. El-Mansy I.M. Studies on petrologic and petrophysical properties of some Cambrian and Lower Cretaceous core samples from Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt / El Mansy I.M., Ragab M.A., El-Gendy N.H. // Faculty of Science Journal, Menoufia University, Egypt. — 1989. — Vol. No. 3. — PP. 285–304.
7. El-Bastawesy M. The quaternary development of tributary channels to the Nile River at Kom Ombo area, Eastern Desert of Egypt and their implication for groundwater resources / El Mansy I.M., Ragab M.A., El-Gendy N.H. // Journal of Hydrological Process. — 2010. — Vol. No. 24. — PP. 1856–1865.
8. Himida I.H. Artesian water of the oases of Libyan Desert in United Arab Republic / Himida I.H. // PhD Thesis, Russian State Geological Prospecting University (M.G.R.U), Moscow, Russia (By Russian language), 1964.
9. Khalifa M.A. Lithostratigraphy and sequence stratigraphy of the Turonian–Santonian rocks, Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt / Khalifa M.A., Soliman H.D., Abu El-Hassan M.M. // In: Proceedings of the Sixth Conference Geol. Arab World, Cairo University, Egypt, 2002. — PP. 483–501.
10. Khalifa R.M. Study of groundwater resources management in El-Bahariya Oasis / Khalifa R.M. // PhD Thesis, Faculty of Science, Alexandria University, Egypt, 2006. — 226 P.
11. Morsy M.A. Geology and radioactivity of late Cretaceous-Tertiary sediments in the Northern Western Desert, Egypt / Morsy M.A. // Ph.D. Thesis, Faculty of Science, Mansoura University, Egypt, 1987. — 351 P.
12. Moustafa A.R. Structural setting and tectonic evolution of the Bahariya Depression, Western Desert, Egypt / Moustafa A.R., Saoudi A., Moubasher A., Mohamed, I., Molokhia H., Schwartz B. // Geo-Arabia Journal. — 2003. — Vol. No. 8. — PP. 91–124.
13. Said R. Geology of Northern plateau, Bahariya oasis, Western desert, Egypt / Said R., Issawi B. // Journal of Egyptian Geological Survey Authority, 1964. — Paper No. 29. — 41 P.
14. Said R. The Geology of Egypt / Said R. // Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 1962. — 377 P.
15. Salem A.A. Groundwater conditions in the Bahariya Oasis and its future development / Salem A.A. // M.Sc. Thesis, Department of Geology, Faculty of Science, Cairo University, Egypt, 1995. — 132 P.
16. Salem A.A. hydrogeological studies on the Nubia sandstone aquifer in Bahariya and Farafra Depressions, Western Desert, Egypt / Salem A.A. // Ph.D Thesis, Faculty of Science, Ain Shams University, Egypt, 2002. — 165 P.
17. Soliman S.M. Petrology and tectonic framework of the Cretaceous, Bahariya Oasis, Egypt / Soliman S.M., El-Badry O.A. // Journal of Geology, 1980. — Vol. No. 24. — PP. 11–51.

© Гавеиш В.Р., 2020

Гавеиш Ваел Параб // wael_ragab2007@yahoo.com