

## МАГНИТОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВПАДИНЫ КАТТАРА (*Северо-Западная пустыня, Египет*)

**Т. Рабех**

*National Research Institute of Astronomy and Geophysics, Helwan, Cairo, Egypt and LNEG, Lisbon, Portugal*

Гравимагнитные данные рассматриваются в качестве главного фактора обнаружения и оценки подземных структур в процессе проведения геофизической разведки. В связи с этим на участке с предварительно выполненными сейсмическими исследованиями была проведена детальная наземная магниторазведка. Главной целью данной работы было обнаружение глубинных структур и исследование возможных связей этих структур с сейсмической активностью.

Для определения региональной протяженности структур, интерпретируемых по данным наземной магниторазведки, использовалась RTP-аэромагнитная карта. Интерпретация структур проводилась на основе приведенных к полюсу карт наземной и аэромагнитной разведки с использованием метода фильтрации, выделений на основе метода наименьших квадратов, тектонического тренд-анализа, спектрального анализа, методов Вернера и Эйлера, а также двумерных методов. Результаты показали, что главными преобладающими тектоническими трендами являются следующие: C35°—45°З, C45°—65°В, В—З, а также тренд Акаба.

Кроме того, проведена интерпретация двух сейсмических профилей WQ85-31В и 127, а положение этих профилей увязано с построенной тектонической картой. Наблюдалось хорошее совпадение положений разломов, построенных по геомагнитным и сейсмическим данным, а также полное соответствие с данными скважинного каротажа.

Более того, эти структуры коррелируют с данными сейсмической активности, записанными Египетской национальной сейсмологической сетью (ENSN). Такая корреляция позволяет предположить, что изученная территория является более стабильной по сравнению со смежными участками северной части Египта, прилегающими к Средиземному морю и дельте р. Нил.

*Магниторазведка, сейсмические профили, Египет.*

## MAGNETOSEISMIC STUDIES IN THE EAST QATTARA DEPRESSION, NORTHWESTERN DESERT, EGYPT

**T. Rabeh**

The potential field data are considered the main supporting factor in the geophysical exploration process for detecting and evaluating the subsurface structures. In this respect a detailed land magnetic survey was performed in the area that was subjected before to seismic investigations. The main target of this study is to detect the deeper subsurface structures and to investigate possible relations of these structures with earthquake activity.

The RTP aeromagnetic map was used for detecting the regional extension of the interpreted structures from the land magnetic survey. The interpretations were performed by RTP land and aeromagnetic maps using filtering technique, least-squares separations, tectonic trend analysis, spectral analysis, Werner method, and Euler and two-dimensional techniques. The results show that the main dominant tectonic trends are 35°N–45°W, 45°N–65°E, E–W, and Aqaba trends.

Moreover, two seismic lines WQ85–31B and 127 were interpreted, and the location of these lines was matched with the deduced tectonic map. The results show that there is a great matching between the location of the faults deduced from both the geomagnetic and seismic data. The obtained results show a complete agreement with the well logging data.

Furthermore, these structures are correlated with the recorded earthquake activities by National Egyptian Seismological Network (ENSN). The correlation implies that the studied area is more stable than other adjacent areas in the northern parts of Egypt close to the Mediterranean Sea and Nile River delta.

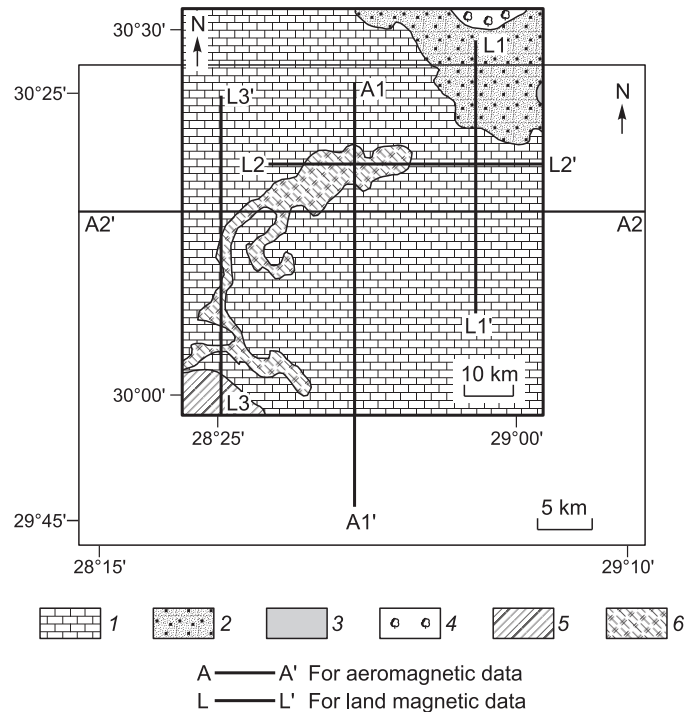
*Magnetic survey, seismic profiles, Egypt.*

## ВВЕДЕНИЕ

Область исследований ограничена 29°50' и 30°25' с.ш. и 28°15' и 28°50' в.д. и расположена в восточной части впадины Катара Северо-Западной пустыни (рис. 1), охватывая площадь около 1000 км<sup>2</sup>. На этой площади проводили сейсмические исследования многие нефтяные компании.

**Рис. 1. Положение и геологическая карта поверхности изученной территории, по данным [Сопосо..., 1987].**

1 — миоценовые известняки, 2 — четвертичные отложения, 3 — породы олигоценевого возраста, 4 — песчаные дюны, 5 — эоценовые известняки, 6 — отложения Сабхас. А-А' — данные аэромагнитной разведки, L-L' — данные наземной магниторазведки.



На площади исследований была выполнена детальная магнитная разведка. Геоманнитные данные были скорректированы на суточные и широтные вариации и пересчитаны на положение северного магнитного полюса. Построенные по данным магниторазведки приведенные карты магнитных склонений были затем подвергнуты процедуре качественного тренд-анализа и обработаны двухмерным методом выделения аномалий способом частотной селекции [Zurfleuh, 1967].

Кроме того, была выполнена количественная интерпретация геоманнитных данных по профилям, пересекающим площадь исследований с востока на запад и с севера на юг, с помощью методов спектрального анализа и 2.5-мерного геоманнитного моделирования.

Проведена также интерпретация двух сейсмических профилей (профили WQ85-51B и 127), расположенных вдоль профилей геоманнитного моделирования. Было проведено успешное согласование реальных положений сейсмических профилей и их положений на структурных картах, построенных на базе геоманнитных данных. Кроме того, была проведена процедура согласования сейсмических профилей и 2.5-мерных геоманнитных профилей.

### ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПЛОЩАДИ ИССЛЕДОВАНИЙ

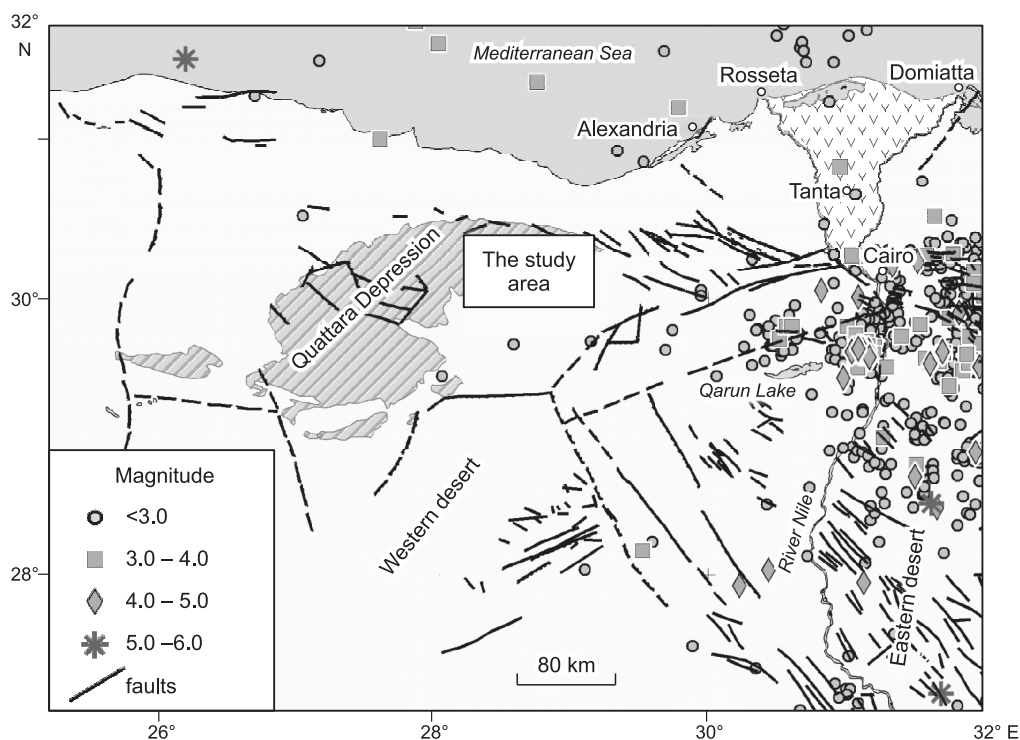
Поскольку площадь исследований расположена в районе Северо-Западной пустыни, ее геология рассматривается в контексте региональной геологии всего этого региона. Согласно [Barakat, 1982; Abdel Nady et al., 1988; Said, 1990], стратиграфический разрез, перекрывающий комплекс фундамента района Северо-Западной пустыни, в целом состоит из трех главных литологических подразделений (снизу вверх): 1) нижнего кластического отдела досеноманского возраста, 2) среднего карбонатного отдела сеноманского-позднеэоценового возраста и 3) верхнего кластического отдела с возрастом от олигоцена до настоящего времени.

Геологическая карта поверхности района исследований (см. рис. 1) показывает, что более 80 % его площади сложено известковистыми породами миоценового возраста, при этом в средней его части залегают отложения Сабхас. Песчаники и другие четвертичные отложения с небольшой долей олигоценых пород залегают в северо-восточной части площади исследований.

Недавно изданная карта сейсмичности, разработанная Египетской национальной сейсмической сетью (1997—2003), показывает, что площадь исследований характеризуется очень низкой сейсмической активностью (рис. 2). Этим объясняется отсутствие или редкая встречаемость поверхностных разломов, что указывает также на более спокойный характер новейшей тектоники в пределах площади исследований по сравнению со смежными территориями, прилегающими к Средиземному морю или дельте р. Нил.

### СБОР И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ

Детальная наземная магниторазведка на площади исследований проводилась с использованием двух протонных магнитометров. Один магнитометр был установлен на выбранной базовой станции, а другой использовался для измерений общей интенсивности магнитного поля по станциям наблюдения, расположенным по сетке на площади исследований. В измеренные данные вводилась поправка на суточные вариации и на широту.



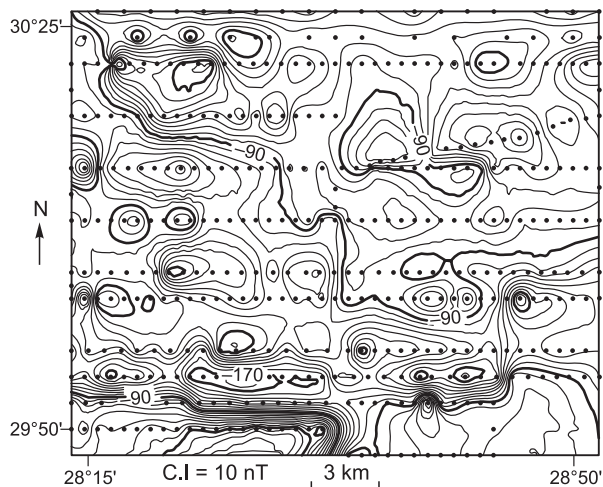
**Рис. 2. Сейсмическая активность в северо-западной части Египта, зарегистрированная в последние годы (1997—2003 гг.).**

Сейсмические данные Египетской национальной сети сейсмических станций (ENSN).

Геомагнитные данные затем оцифровывались на компьютере с помощью специальных программ оцифровки данных, на основании которых была построена карта магнитных аномалий (рис. 3). Отстроенная карта была приведена к положению северного магнитного полюса с помощью специальной FORTRAN-программы, разработанной М.Г. Барановым [Baranov, 1975], в результате чего была получена приведенная на положение полюса карта магнитных аномалий, которая показывает точное положение магнитных аномалий, распределенных на всей площади исследований. Кроме того, для обработки карты аэромагнитных аномалий (рис. 4) использовался метод приведения данных к положению магнитного полюса. Карта аэромагнитной съемки использовалась при интерпретациях для иллюстрации региональной протяженности подповерхностных структур.

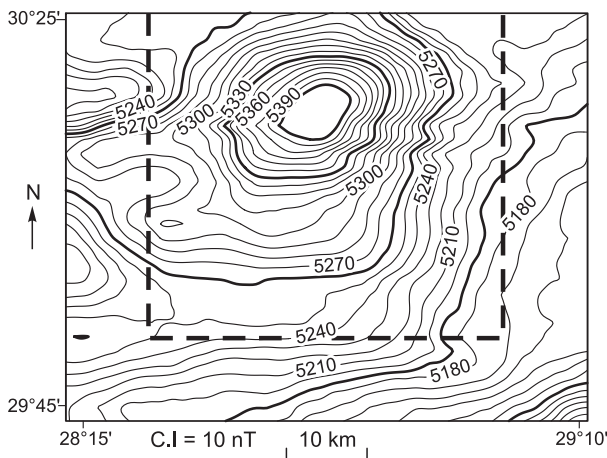
Приведенные карты магнитных аномалий (см. рис. 5, 6) показывают, что большинство этих аномалий вытянуты в СЗ—ЮВ, СВ—ЮЗ и широтном направлениях. Наиболее глубокие структуры отмечаются в СВ и ЮЗ направлениях, на что указывают отрицательные аномалии, определяемые наличием мощных осадочных толщ, а также данными бурения на этих участках. Наиболее приближенные к поверхности структуры протягиваются в СЗ—ЮВ направлении, о чем свидетельствуют положительные аномалии и данные бурения.

**Метод фильтрации данных.** Для обработки приведенной карты магнитных аномалий использовалась линейная фильтрация длин волн по методу



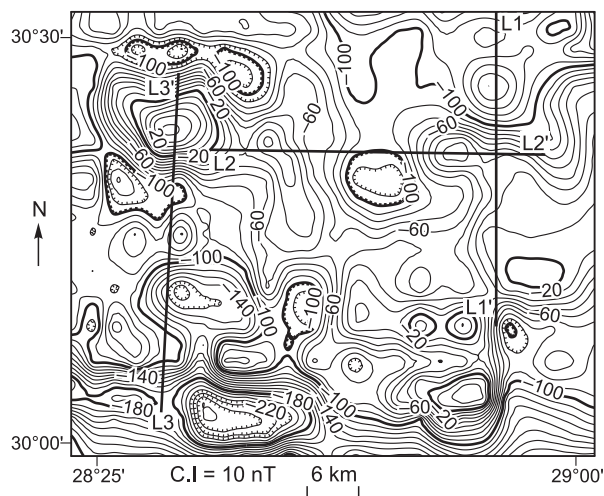
**Рис. 3. Карта аномального магнитного поля, построенная по данным наземной магниторазведки.**

Точки — станции наблюдения.



**Рис. 4.** Аэромагнитная карта площади исследований, по данным [Egyrtian..., 1979].

Штриховой линией показано положение площади наземной магниторазведки на аэромагнитной карте.



**Рис. 5.** Приведенная карта магнитных склонений площади исследований.

L-L' — профили, использованные для двумерного моделирования и глубинной интерпретации.

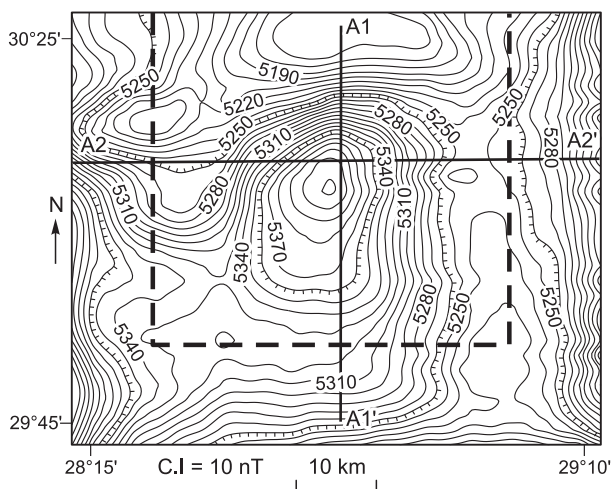
Зурфлюя [Zurflueh, 1967]. Было выполнено прикладное Фурье-преобразование данных [Hildenbrand, 1983] с использованием фильтров следующих типов: 1) высокочастотного фильтра остаточных аномалий, характеризующихся малой длиной волны, высокой частотой и небольшой глубиной залегания, 2) низкочастотного фильтра региональных аномалий, характеризующихся большой длиной волны, низкой частотой и большими глубинами; 3) полосового фильтра переходных аномалий, характеризующихся средней длиной волны, промежуточной частотой и средними глубинами залегания.

При использовании низкочастотного фильтра метод заменяет значение напряженности магнитного поля в каждом узле сетки на карте на среднее значение, рассчитанное из значения в узле и значений в восьми смежных узлах сетки. Полученная в результате обработки ФВЧ карта представляет собой карту разностей напряженности магнитного поля между исходной картой и картой, обработанной ФНЧ. Фаза обработки данных полосовым фильтром является промежуточной между построением карт с ВЧ и НЧ фильтрацией геомагнитных данных.

Полученные карты показывают, что большинство аномалий протягиваются в СЗ—ЮВ, СВ—ЮЗ и ССВ—ЮЮЗ направлениях. Рис. 7 и 8 иллюстрируют отфильтрованные аэро- и наземные карты магнитных аномалий соответственно.

Очевидно, что отрицательные аномалии в северо-западной и юго-восточной частях площади исследований фиксируются на различных уровнях. Такая ситуация может быть объяснена наличием мощной осадочной толщи. При этом положительные аномалии протягиваются с СЗ на ЮВ, что может быть обусловлено маломощным чехлом осадочных пород.

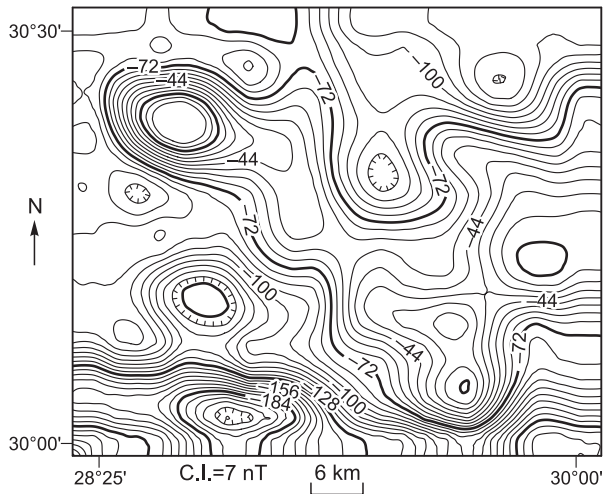
**Метод наименьших квадратов.** Приведенные карты наземных и аэромагнитных аномалий площади исследования были обработаны методом наименьших квадратов Хендерсона с использованием компьютерной программы Surfer. Входные магнитные и гравитационные данные были ап-



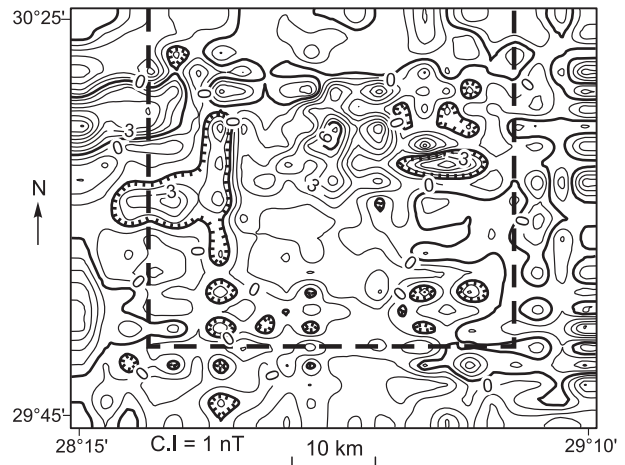
**Рис. 6.** Приведенная карта магнитных аномалий по данным аэромагнитной съемки, выполненной Египетским нефтяным консорциумом, 1964.

A-A' — профили, использованные для двумерного моделирования и глубинной интерпретации. Штриховой линией показано положение площади наземной магниторазведки на аэромагнитной карте.





**Рис. 7.** Карта наземных магнитных аномалий, построенная по данным НЧ фильтрации региональных аномалий.



**Рис. 8.** Карта аэромагнитных аномалий, построенная по данным ВЧ фильтрации остаточных аномалий.

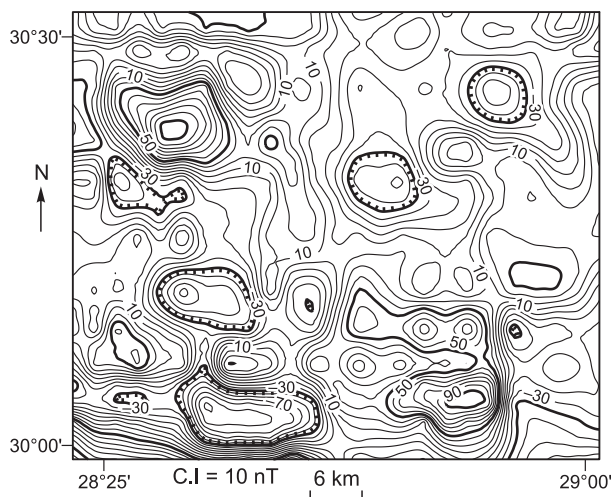
проксимированы полиномами первого, второго и третьего порядков. Этот метод состоит в подборе математической поверхности, которая наилучшим образом аппроксимирует региональный компонент данных потенциального поля. Во всех случаях решение методом наименьших квадратов должно удовлетворять условию минимума  $\sum R^2$ , где  $R$  обозначает остаточный компонент [Nettton, 1976]. Его значение определяется уравнением:

$$R = \Delta g - Z, \quad (1)$$

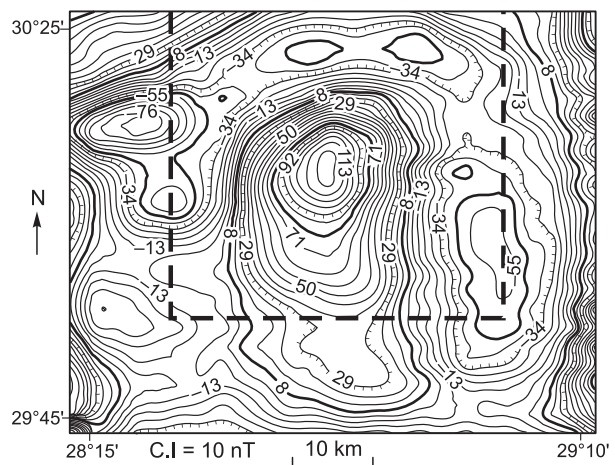
где  $\Delta g$  — наблюдаемые данные потенциального поля, а  $Z$  — региональная поверхность.

Для определения оптимального порядка используемой в расчетах региональной поверхности были рассчитаны коэффициенты корреляции между последовательно построенными картами невязок. Были получены следующие значения коэффициентов корреляции:  $r_{21} = 0.854$ ,  $r_{21} = 0.965$  и  $r_{34} = 0.546$ .

Результаты показывают, что карты невязок магнитных аномалий (рис. 9, 10), а также карта аномалий Буге второго порядка наиболее точно отображают исходные данные. Кроме того, эти карты более или менее соответствуют карте невязок, построенной методом фильтрации.



**Рис. 9.** Карта наземных магнитных склоений площади исследования, построенная методом наименьших квадратов.



**Рис. 10.** Аэромагнитная аномалия (2-го порядка) на площади исследования, выявленная методом наименьших квадратов.

**Методы оценки глубины (км) вдоль профилей L1 и L2 на отфильтрованных картах наземных магнитных аномалий**

Метод	Карта магнитных склонений					
	с отфильтрованными остаточными аномалиями		с полосовой фильтрацией аномалий		с отфильтрованными региональными аномалиями	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2
Деконволюции Вернера	1	1.2	2.1	2.25	3.5	3.7
Спектрального анализа	1.2	1.1	2.31	2.1	3.6	3.5

**Метод анализа трендов.** Приведенные к полюсу карты, а также карты, подвергнутые процедуре фильтрации (карты невязок, карты, обработанные полосовым фильтром, и карты с отфильтрованными региональными аномалиями), использовались для определения общих структурных трендов на площади исследований. Длина и тренд каждого выявленного линеамента на разных картах измерялись по часовой стрелке от направления на север. Длины учитывались частично при расчете статистических параметров. Карта структур, построенная на основе приведенной карты магнитных аномалий, представляет систему разломов, развитых на площади исследования. С другой стороны, структурные карты, построенные на базе отфильтрованных карт, изображают разломы, развитые на различных глубинных уровнях (близповерхностные структуры дешифрованы из карты невязок, структуры средних глубин дешифрованы из карты, обработанной полосовой фильтрацией, а глубинные структуры дешифрованы из карты с отфильтрованными региональными аномалиями).

Для определения средней глубины залегания структур к отфильтрованным картам наземных магнитных аномалий были применены методы оценки глубины. В таблице представлены результаты применения методов деконволюции Вернера и спектрального анализа, которые подробнее описаны ниже. Эти результаты подтверждают, что отфильтрованные карты наземной магниторазведки дают представление о распределении магнитных аномалий на небольших (средняя глубина 1 км), промежуточных (средняя глубина 2.3 км) и больших (средняя глубина 3.6 км) глубинах соответственно. К этим картам был применен метод анализа трендов для определения протяженности установленных структур в верхнем полупространстве. Кроме того, этот метод был применен к карте приведенных к полюсу аэромагнитных аномалий для иллюстрации региональной протяженности тектонических структур.

Плоскости выявленных разломов различной ориентировки сгруппированы с интервалом в 10° относительно направления на север для определения их процентного распределения по длинам (L, %). Для иллюстрации преобладающих трендов распределения разрывных структур в пределах площади исследования использовались статистические процедуры. Результаты распределения азимутов простираения наземных и подземных структурных элементов представлены в виде роз-диаграмм (рис. 11—13).

Результаты показали, что преобладающими направлениями являются следующие: С35°—45°З, С45°—65°В, В—З, а также тренд Акаба. Эти тренды являются преобладающими как в отношении близповерхностных, так и глубинных структурных линий.

**Метод спектрального анализа.** Метод спектрального анализа является наиболее передовым методом определения глубины залегания границы раздела под осадочным чехлом. Результаты его применения зависят от способа преобразования пространственной области в частотную область посредством преобразования Фурье.

Математически это выражается следующим уравнением [Bath, 1974]:

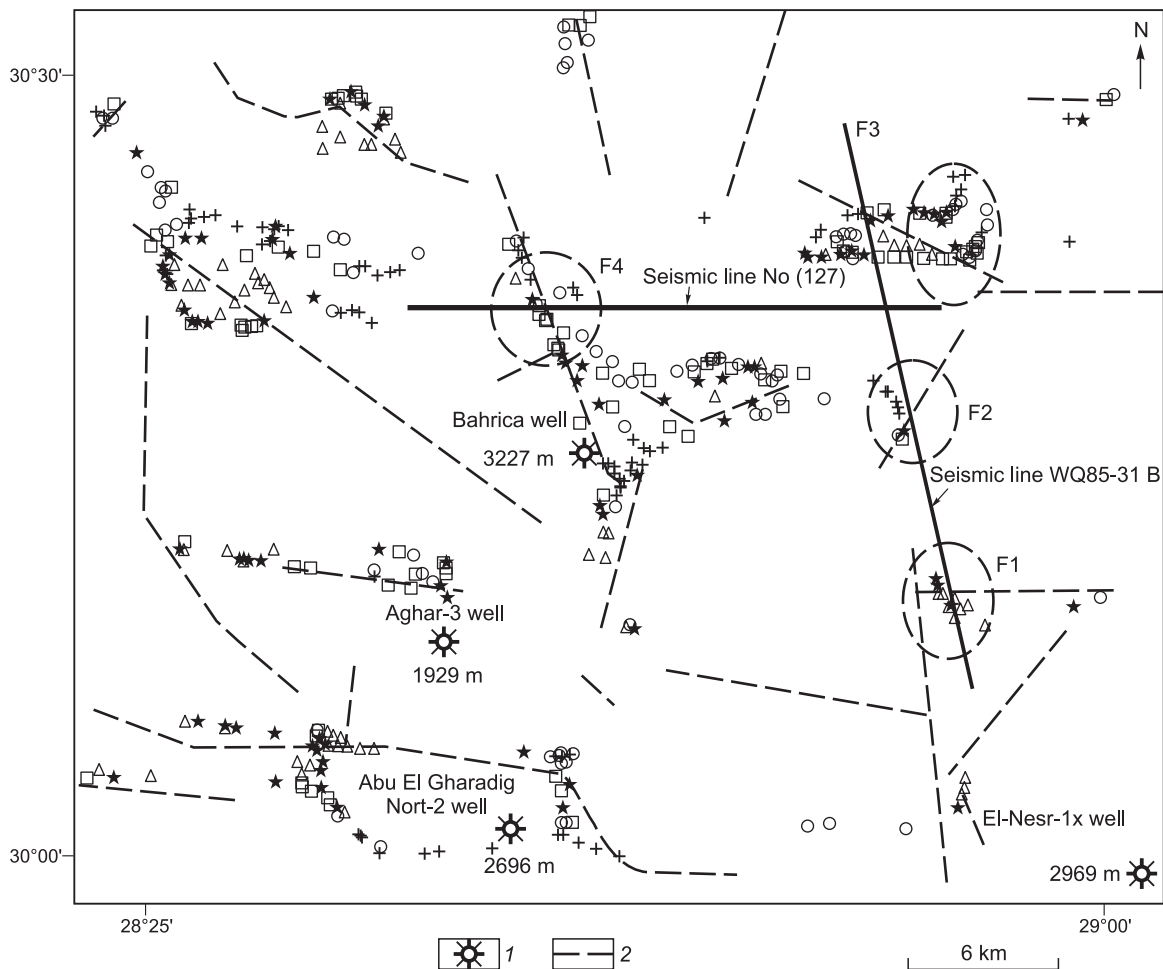
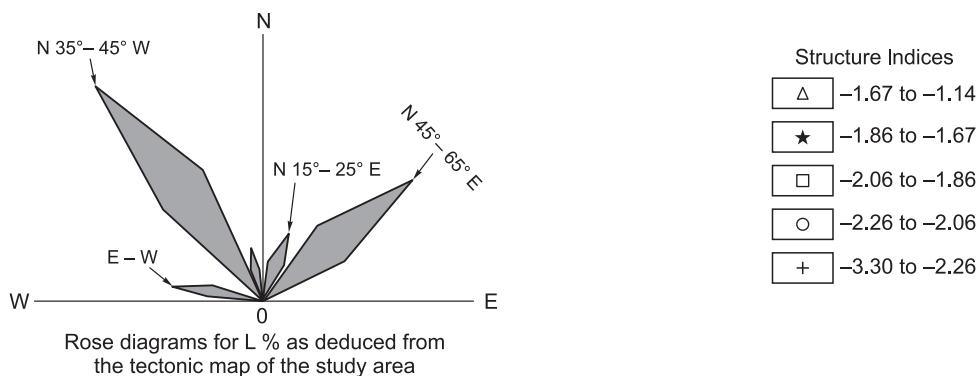
$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{i\omega x} dx, \quad (2)$$

где  $F(\omega)$  — преобразование Фурье функции  $f(x)$ ,  $f(x)$  — значение функции или данные аномального потенциала в точке  $x$  и  $\omega$  — пространственная частота в цикле/единичное расстояние по оси  $x$ . Глубину  $z$  можно оценить из номограммы  $\log$  амплитудного спектра по соотношению:

$$-z = \tan(\Phi), \quad (3)$$

где  $\Phi$  — угол наклона прямой линии, аппроксимированной на диаграмме  $\log$ -амплитудного спектра — пространственная частота.

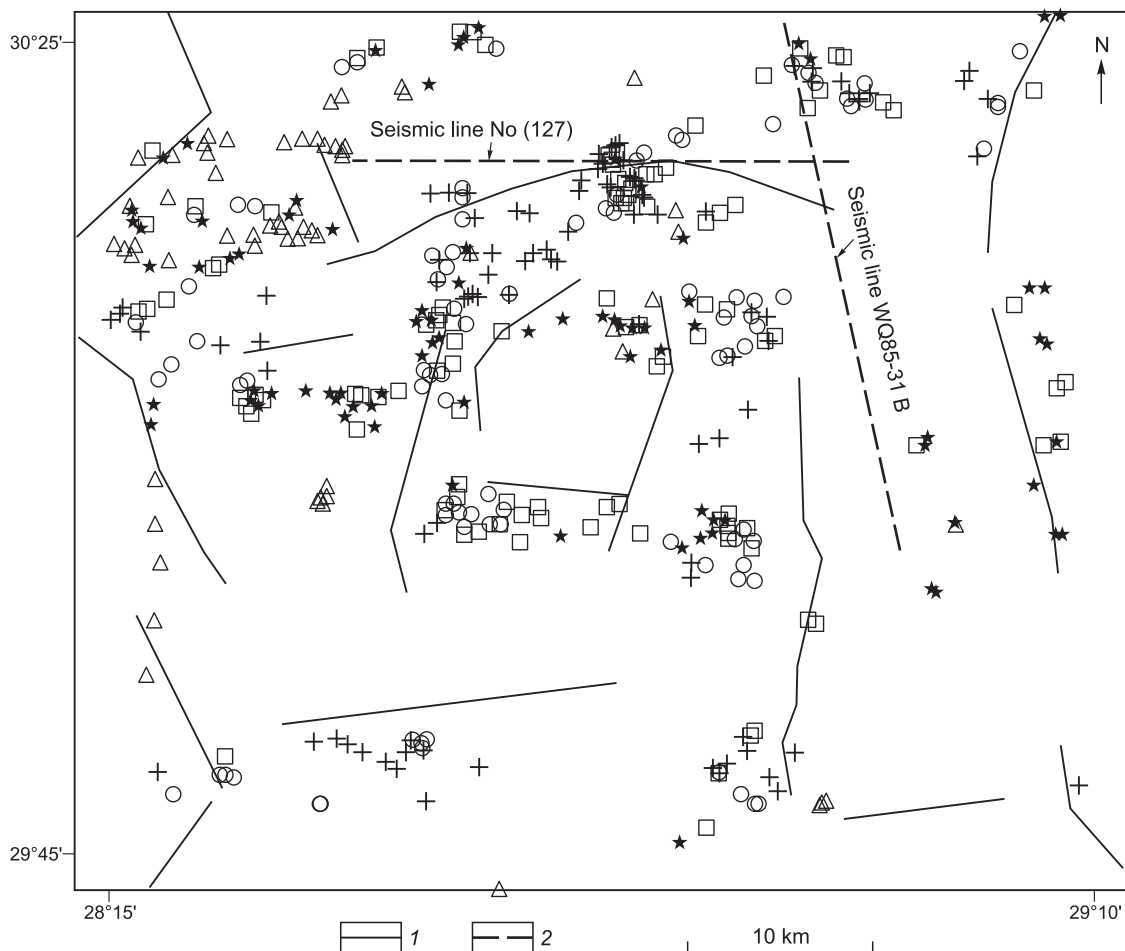
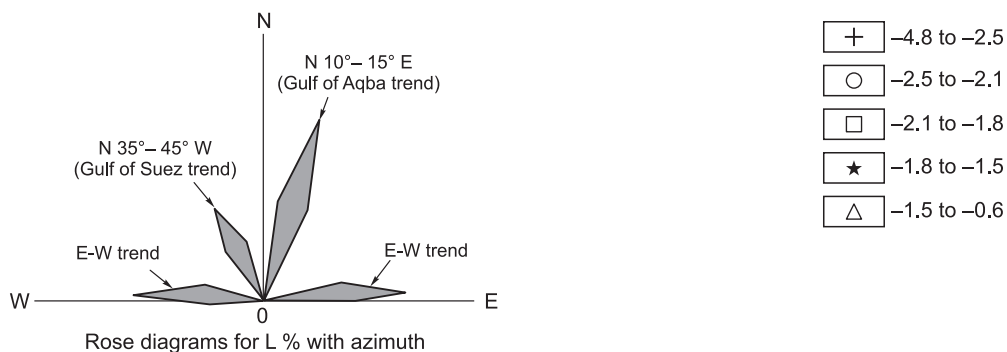
Результаты (см. рис. 14) показывают, что в целом глубины возрастают в направлении северной и западной частей исследуемой площади, где они достигают около 4.3 км или более, и уменьшаются в направлении восточных и южных границ площади, где они достигают отметок около 3.5 км. Глубина до кровли интрузии варьирует от 0.7 до 0.4 км.



**Рис. 11. Структурная карта области исследований, построенная на основе приведенной карты магнитных склонений с указанием положения интерпретированных сейсмических профилей и буровых скважин.**

1 — буровые скважины, 2 — линии разломов.

**Метод деконволюции Вернера.** Метод деконволюции [Werner, 1953] основан на выборе группы из четырех или более измерений для расчета индивидуального положения магнитного объекта. При графическом изображении положений объектов в поперечном сечении оценки глубин проявляют тенденцию к группированию вокруг истинного положения возмущающего объекта. Группы последовательных точек рассматривались как «окно», скользящее по профилю.



**Рис. 12.** Структурная карта, построенная на основе приведенной аэромагнитной карты, с указанием положения интерпретированных сейсмических профилей.

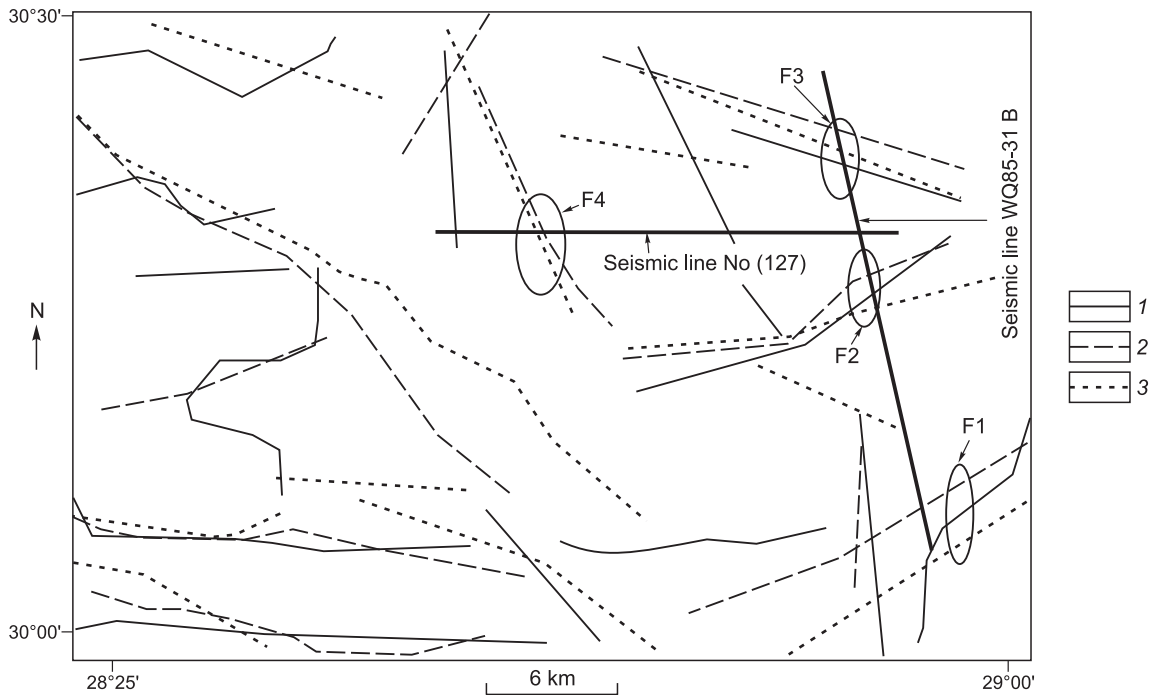
1 — линии разломов, 2 — сейсмические профили.

К. Ку и Дж. Шарп [Ku, Sharp, 1983] рассматривали дайку, имеющую бесконечную протяженность по простиранию и глубине. Суммарное аномальное поле  $T(x)$  вдоль линии измерения, перпендикулярной простиранию дайки, может быть выражено следующим уравнением:

$$T(x) = \frac{A(x - x_0) + BZ}{(x - x_0)^2 + Z^2}, \quad (4)$$

где  $x_0$  — координата центра магнитного тела,  $x$  — координата точки,  $Z$  — глубина залегания кровли тела,  $A, B$  — функции поля (подлежащие определению).



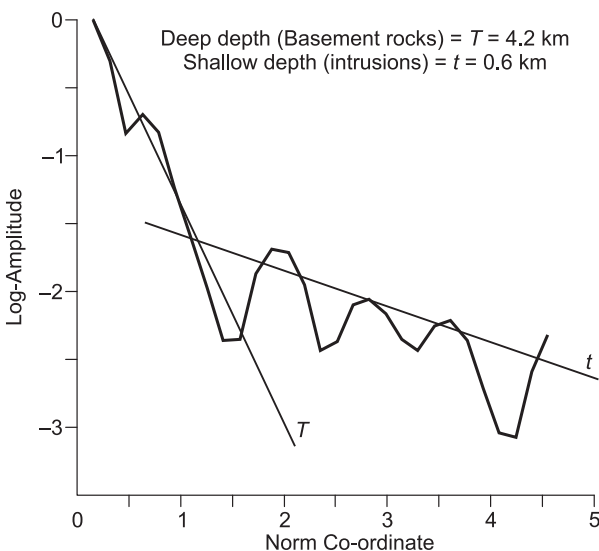


**Рис. 13. Структурные линии разломов, установленные по отфильтрованным картам магнитных аномалий.**

1—3 — структурные линии: 1 — малых глубин, выведенные из карты магнитных склонений с отфильтрованными остаточными аномалиями; 2 — промежуточных глубин, выведенные из карты магнитных склонений с полосовой фильтрацией магнитных аномалий; 3 — больших глубин, выведенные из карты магнитных склонений с отфильтрованными региональными магнитными аномалиями. F1, F2, F3 и F4 — разломы, интерпретированные по сейсмическим профилям WQ85-31B и 127.

Программа обработки приведенных геомагнитных данных основана на методе, разработанном Р. Пастека [Pasteka, 2001] и служит для увеличения и подтверждения результирующей глубины вдоль выбранных профилей для горизонтального и вертикального направлений. Результаты подтверждают наличие тектонических структур, установленных тренд-анализом приведенных геомагнитных карт. Кроме того, они показывают, что средняя глубина залегания пород фундамента варьирует от 3.9 км до 4.1 км (рис. 15).

**Метод деконволюции Эйлера.** Этот метод широко применяется для определения подземного положения структурных индексов [Reid et al., 1990] и глубин залегания геомагнитных неоднородностей [Thompson, 1982]. Он применяется к данным с координатной привязкой, представляющим измерения



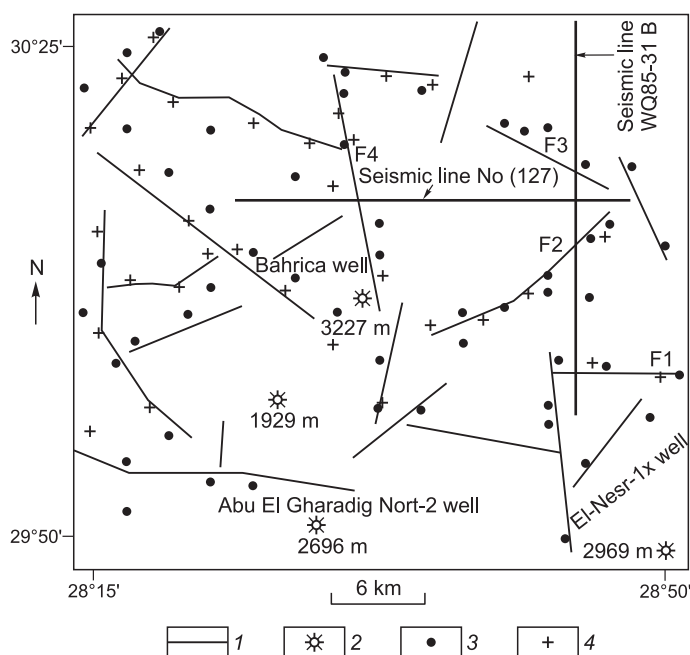
градиентов, определяющих положения: 1) квадратных окон в пределах сетки значений градиента и поля; 2) структурных окон.

Этот метод был применен к наземным и аэромагнитным приведенным данным с координатной привязкой и использованием показателя магнитного шага 0.5 и размера окна 11 для определения глубины залегания пород фундамента и их структур. Результаты представлены в графическом виде в плоскостях X и Y (см. рис. 11, 12). Эти результаты показывают, что глубина залегания коренных пород достигает около 4 км.

**Рис. 14. Спектральный анализ данных сейсмического профиля (127) карты наземных магнитных склонений.**

**Рис. 15. Структурная карта с результатами анализа методом Вернера по направлениям X и Y.**

1 — линии разломов, 2 — буровые скважины, 3 — результаты анализа методом Вернера по направлению X, 4 — результаты анализа методом Вернера по направлению Y.



Результаты, полученные на основе данных наземной магниторазведки (см. рис. 11), хорошо коррелируются с результатами тренд-анализа благодаря проведению детальной разведки. При этом результаты, полученные на основе приведенных аэромагнитных данных (см. рис. 12), показывают худшую сходимость с результатами тренд-анализа вследствие возможных потерь незначительных деталей при проведении региональной разведки.

**Метод использования 2.5-мерной модели.** К. Ку [Ku, 1977] предложил следующую формулу для расчета 2.5-мерной модели магнитного поля, создаваемого многоугольным гомогенным намагниченным телом произвольной формы в точках  $(x, y, z)$ :

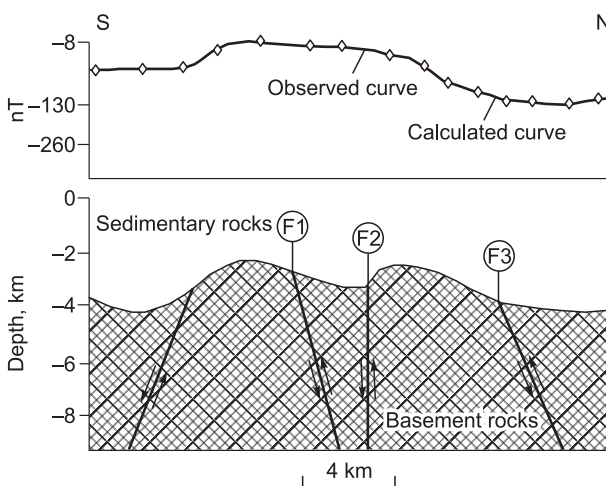
$$A_{DIP}(x, z) = \frac{2(J \cdot R)}{R^2}, \quad (5)$$

где  $J$  — вектор намагниченности,  $R$  — полярный радиус между точкой с координатами  $(x, y, z)$  и точкой в объеме  $x', y', z'$ , величина которого равна

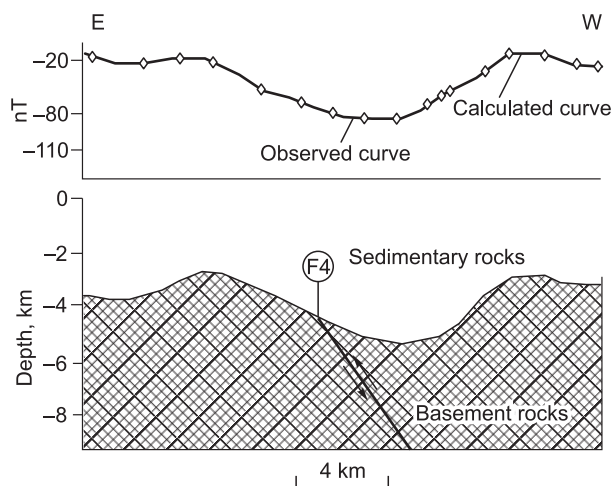
$$R = \sqrt{(x' - x)^2 + (y' - y)^2 + (z' - z)^2}. \quad (6)$$

Расчеты магнитных эффектов для моделей со сложной геометрией были выполнены с использованием компьютерной программы GM-SYS, разработанной компанией Northwest Geophysical Associates, Inc USA [GM-SYS, 1995] для моделирования магнитного поля, создаваемого двумерным многоугольником произвольной формы.

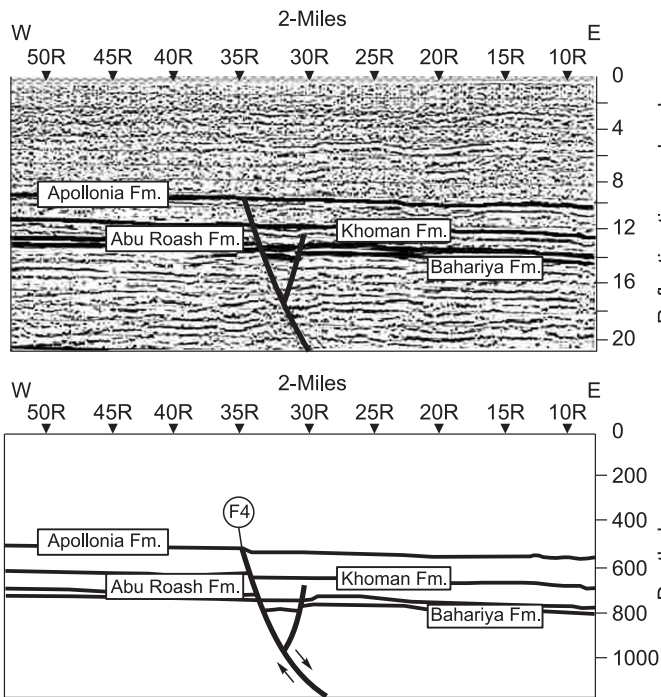
Результаты показывают, что в направлении с юга на север профиль A1-A1' подвержен влиянию трех разломов F1, F2 и F3 соответственно (рис. 16). При этом конфигурация профиля A2-A2' свидетель-



**Рис. 16. 2.5-мерная геомагнитная модель, построенная по профилю A1-A1' карты наземной магниторазведки.**



**Рис. 17. 2.5-мерная геомагнитная модель, построенная по профилю A2-A2' карты наземной магниторазведки.**



**Рис. 18. Поперечный структурный разрез, построенный по данным интерпретации сейсмического профиля WQ85-51B.**

ствует о влиянии на него только одного разлома F4 (рис. 16). В целом конфигурация поверхности фундамента, построенного методом 2.5-мерного моделирования, показывает, что глубина его залегания на изученной площади возрастает в северном и западном направлениях. Основные глубины залегания кровли фундамента варьируют от 3.5 до 4.5 км.

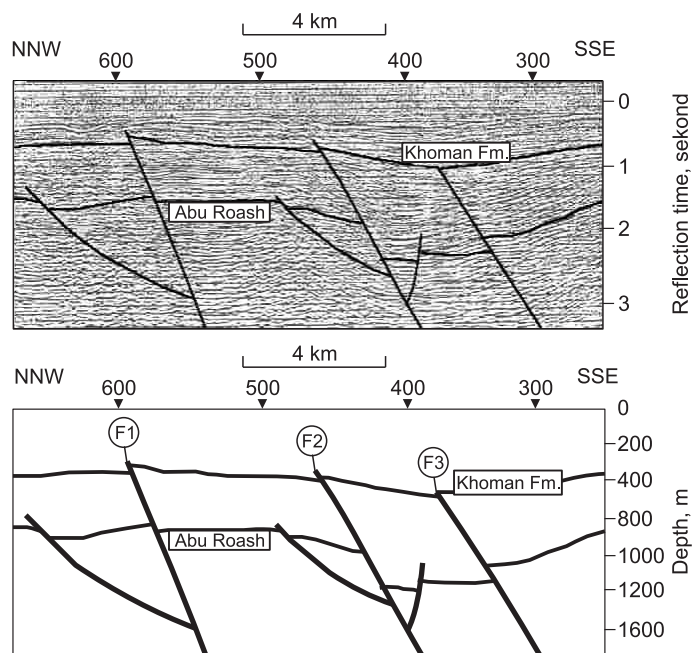
**Интерпретация сейсмических данных.** EGPC построила два сейсмических профиля WQ85-31B и 127, ориентированных в направлениях СЮ и ВЗ соответственно (рис. 18, 19). Они были скоррелированы с данными каротажа вертикальных скоростей для определения точных глубин залегания маркирующих горизонтов (слои-маркеры). По этим профилям проведена интерпретация с целью установления неглубоко залегающих

структур в осадочных породах. Данные профили также скоррелированы с профилями, по которым проведена интерпретация методом двумерного моделирования.

Эта корреляция показывает, что структуры, интерпретируемые по этим сейсмическим профилям, соответствуют структурам, установленным на основе геомагнитных интерпретаций по тем же профилям. Такая корреляция также показывает, что эти структуры протягиваются в вертикальном направлении от пород фундамента до осадочных толщ.

*Интерпретация по профилю WQ85-31B.* Длина этого профиля (см. рис. 18) составляет более 18 км, и он протягивается от южной до северной границы площади исследований. Интерпретация данных по этому профилю указывает на наличие трех сбросов в пределах осадочного разреза. Эти сбросы нарушают залегание формаций Бахария, Абу Рош, Хоман и Аполлония. Средняя глубина залегания верхней поверхности этих разломов составляет около 600 м. Установленные разломы коррелируют с разломами F1, F2 и F3, выявленными по данным интерпретации геомагнитных данных.

*Интерпретация по профилю 127.* Этот сейсмический профиль (см. рис. 19) протягивается в широтном направлении и имеет протяженность более 24 км. Этот профиль возмущают два разлома. Первый разлом пересекает отложения формаций Бахария, Абу Рош, Хоман и Аполлония, а ответвление этого разлома пересекает только отложения формации Бахария. Второй разлом является более древним и пересекает формацию Бахария. Кроме того, по данным корреляции доказано, что первый разлом коррелируется с разломом F4, установленным при интерпретации геомагнитных данных. Глубина залегания верхней поверхности этого разлома составляет около 600 м.



**Рис. 19. Поперечный структурный разрез, построенный по данным интерпретации сейсмического профиля 127.**

## ВЫВОДЫ

В данной работе проведена точная корреляция между структурами, установленными при анализе геомагнитных данных, и структурами, выведенными из сейсмических данных. Такая корреляция свидетельствует о соответствии данных и указывает на то, что эти структуры протягиваются в вертикальном направлении от пород фундамента до осадочных толщ. Это доказывает способность геомагнитного метода выявлять структуры в породах фундамента, протягивающиеся в перекрывающие осадочные толщи. Отсюда следует вывод о том, что геомагнитный метод является эффективным геофизическим методом в области разведки и поисков при условии использования подходящих методов и способов интерпретации данных. Следующие тектонические тренды являются основными в пределах изученной территории: С35°—45°З, параллельный Суэцкому заливу, С45°—65°В, связанный с тектоникой Сирийской дуги, и В—З, принадлежащий к Средиземноморскому и Агаба трендам.

Кроме того, эти структурные тренды согласуются с результатами анализа данных методом Эйлера и интерпретированными сейсмическими разрезами. Глубины залегания пород фундамента варьируют в интервале 3.1—4.3 км, что также согласуется с данными бурения на изученной площади.

Все установленные по геофизическим данным разломы не распространяются в перекрывающие их четвертичные или близповерхностные отложения. Об этом также свидетельствует карта сейсмичности северо-западной части Египта, построенная ENSN. Такая ситуация может быть объяснена тем обстоятельством, что площадь исследования в новейшее время была более стабильной областью по сравнению с прилегающими к ней территориями северных районов Египта.

Данная работа может служить руководством при проведении разведочных работ в районе, а также для установления мест строительства любых новых городов или стратегических объектов.

## ЛИТЕРАТУРА

**Abdel Hady A.M., Kolkila A.A., Abdou M.F.** Subsurface Aptian rocks in some parts of the North Western desert; their geologic setting and hydrocarbon potentiality // *Egypt, J. Geol.*, 1988, v. 32, № 1—2, p. 219—241.

**Barakat M.G.** General review of petroliferous provinces of Egypt with special emphasis on their geologic setting and oil potentialities // *Petrol. and Gas. Proj.*, Cairo Univ., M.I.T., 1982, p. 86.

**Baranov V.** Potential field and their transformation in applied geophysics. *Geoexploration monograph*. Gerbruder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, Germany, 1975, ser. L, № 6, 121 p.

**Bath M.** Spectral analysis in geophysics. Elsevier Scientific Publ. Company, Amesterdam, New York, 1974, 563 p.

**Conoco** and General Petroleum Corporation. Geological map of Egypt, Scale 1:500,000: Bernice. Cairo — Egypt, 1987.

**Egyptian** petroleum co-operation. Aeromagnetic map Scale 1:100000. General Petroleum company, 1979.

**GM-SYS** Gravity and magnetic modelling, version 3.6; Northwest Geophysical Association, Inc. (NGA), Corvallis, Oregon, U.S.A. 97339, 1995.

**Hildenbrand T.G.** Filtering program based on two dimensional Fourier analysis A. U.S. Geological survey open-file report, 1983, 83-237, p. 31.

**Ku C.C.** A direct computation of gravity and magnetic anomalies caused by 2- and 3-D bodies of arbitrary magnetic polarization by equivalent-point method. *Geophysics, Soc. Expl. Geophys.*, 1977, v. 42, p. 610—622.

**Ku C.C., Sharp J.A.** Werner deconvolution for automated interpretation and its refinement using Marquardt's Inverse Modeling. *Geophysics*, 1983, v. 28, p. 754—774.

**Nettleton L.L.** Gravity and magnetics in oil prospecting. Mc-Graw- Hill Book Co, New York, 1976, 464 p.

**Pasteka R.** Comment on the structural index used in Euler deconvolution for the step structure in gravimetry. Extended abstracts from EAGE 63rd Conference and technical exhibition, Amesterdam, 2001, p. 211.

**Reid J.M., Allsop H. Granser.** Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution // *Geophysics*, 1990, v. 55, № 1, p. 80—91.

**Said R.** The geology of Egypt // Balkemor Publishers. Rotterdam, Netherlands, 1990, p. 364—380.

**Thompson D.T.** EULDPH — a new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data // *Geophysics*, 1982, v. 47, p. 31—37.

**Zurflueh E.G.** Application of two dimensional linear wavelength filtering // *Geophys.*, 1967, v. 32, p. 1015—1035.

**Werner S.** Interpretation of magnetic anomalies at sheet-like bodies, sveriges // *Geol. Undersok, Ser., C., Arsbok*, 1953, v. 6, p. 413—449.