

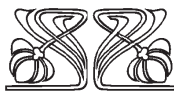
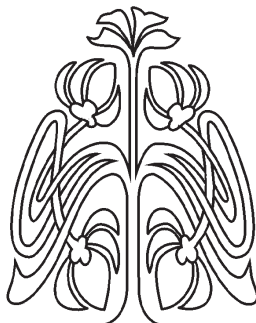


ГЕОЛОГИЯ

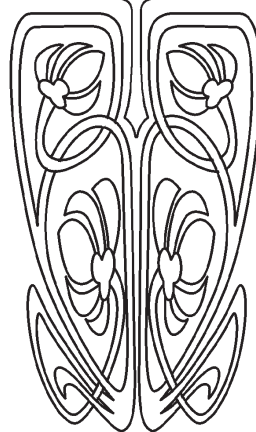
СОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОДИНАМИКИ ТЕРРИТОРИЙ ДЕЛЬТЫ НИЛА (северная часть Египта)

Ю. В. Ваньшин, М. Г. Хассан

Саратовский государственный университет
E-mail: vanshin@sgu.ru



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ



Дельта Нила занимает северную часть долины р. Нила в Египте. Она расположена в тектонически нестабильной части Северной Африки и Средиземноморья.

Наше исследование направлено на определение современных параметров движения земной коры вдоль дельты р. Нила с помощью системы глобального местоположения измерений (GPS). Для достижения этого в названном районе дельты р. Нила была установлена GPS сеть, состоящая из 13 геодезических станций. Измерения GPS проводились непрерывно с 2012 по 2014 год. Данные обработаны с использованием программного обеспечения Bernese 5.0. В результате анализа установлена скорость GPS станций, включая движение Африканской плиты, которая составляет от 25 до 37 мм/год. Оно имеет северо-восточное направление, которое соответствует африканскому направлению движения пластины. Кроме того, фиксируются процессы погружения в дельте р. Нила.

Ключевые слова: дельта, р. Нил, геодинамика, глобальная, система, местоположение.

Recent Studies of Geodynamics Along Nile Delta (Northern Part of Egypt)

U. F. Vanshin, M. G. Hassan

The Nile Delta occupies the extreme northern part of the Nile Valley in Egypt. It is located in the tectonically unstable shelf of the northern Africa and Mediterranean or the mobile belt which is marked by a complex subsurface structural framework.

The present study aims to determine the recent crystal movement parameters along the Nile Delta using the Global Positioning System (GPS) measurements. To achieve this mission, a GPS network consisting of thirteen geodetic stations has been established along the Nile Delta area. GPS measurements have been collected continuously from 2012 to 2014. The result of the data analysis indicates that the velocity of the GPS stations including the African Plate motion is between 25 to 37 mm/year taking the northeast direction which is consistent with the African plate movement direction. Moreover, there is a subsidence occurred along the Nile Delta.

Key words: delta, Nile, geodynamics, global, system, position.

Введение

В последние годы большое внимание было уделено на территории дельты р. Нила из-за её важности и высокой плотности населения, наличия стратегических сооружений и ценных археологических памятников. Площадь дельты р. Нила сложена мощным слоем осадочной толщи конца третичного и четвертичного возрастов, которая погружается к северу. Большую площадь дельты Нила занимают аллювиальные отложения [1, 2].

Р. М. Кебеау [3] изучал распределение эпицентров землетрясений (исторических и современных) в Египте. Он предположил, что их активность имеет три основных сейсмических направления: 1) северная часть Красного моря – Суэцкий залив – города Каир и Александрия, 2) направление Левант-Акаба – Восточное Средиземноморье, 3) город Каир – Фаюм – Белюзьяк. Большинство землетрясений приурочено к области пересечения разломов между Красным и Средиземным морями (рис. 1).

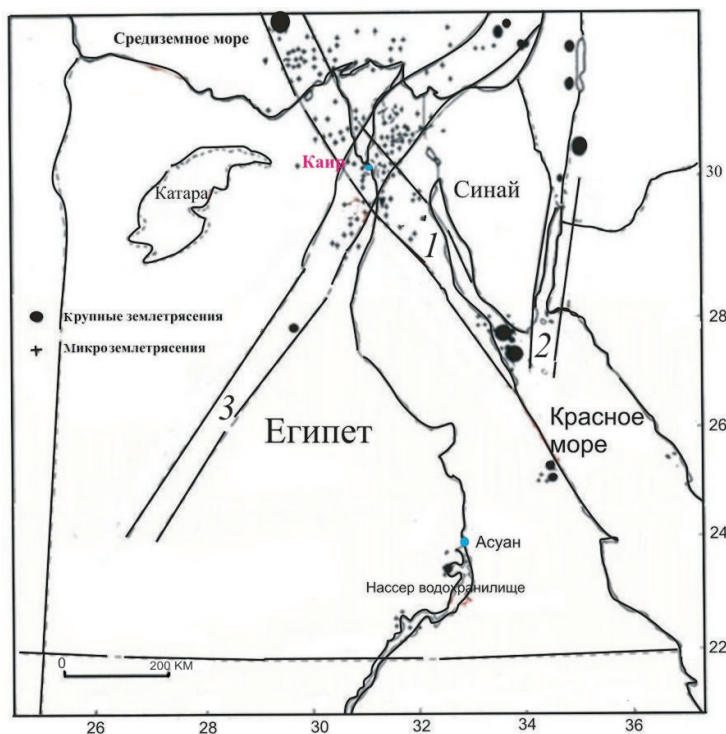


Рис. 1. Направление разломов: 1 – Красное море; 2 – Левант-Акаба; 3 – Средиземное море [3]

В 2006 г. в National Research Institute of Astronomy and Geophysics – Helwan – Cairo-Egypt (NRIAG) началось создание Египетской постоянной геодезической сети (EPGN). Эта сеть была разработана для покрытия всей территории Египта с учётом тектонических условий. Места, выбранные для строительства станций, соответствовали следующим критериям: отсутствие препятствий, отдаленность от электромагнитных источников и их доступности (рис. 2). Целью строительства EPGN являлось изучение поведения геодинамики территории с помощью непрерывных наблюдений глобального местоположения системы (GPS). В работе изучена современная геодинамика в дельте Нила с использованием данных Египетской постоянной геодезической сети (EPGN). Распределение EPGN станций показано на рис. 3.

Методология

Исследования деформационных процессов земной коры очень важно для понимания геодинамического поведения нашей планеты, а также в региональном и глобальном масштабах. Для контроля деформации земной коры в сейсмически активных регионах используются повторные измерения координат местности [4]. Благодаря очень высокой точности и сравнительно легкому переносному оборудованию GPS становятся надёжным методом определения современных

движений земной коры. При создании геодезической сети GPS даёт уникальный инструмент для исследования формы и вращения Земли, смещения её поверхности от глобального до локального масштабов [5].

В нашем исследовании были проанализированы GPS данные 2012–2014 гг. 13 GPS станций для расчёта горизонтальных и вертикальных скоростей вдоль дельты р. Нила. Эти станции работали непрерывно. Обработка данных проводилась с использованием программы обеспечения Bernese, обладающей высокой точностью для обработки GPS данных, разработанной в Институте астрономии Университета Берна (AIUB) [6].

Результаты

Анализ наблюдений GPS проводили в течение примерно 800 дней с января 2012 по март 2014 г. Горизонтальные и вертикальные параметры рассчитывались по каждой станции. Среднеквадратичные ошибки для горизонтальной скорости около $\pm 0,003$ мм, вертикальной скорости около $\pm 0,005$ мм. Учитывая лимит доверия, большинство из этих векторов смещения может быть связано, главным образом, с движением земной коры в пределах изучаемой территории. Как видно на рис. 3, региональные горизонтальные движения вдоль дельты р. Нила имеют северо-восточное направление с диапазоном скоростей от 25 до 37 мм/год, что совместимо с основной тенденцией



Рис. 2. GPS станция в Катамии (один из 13 пунктов геодезической сети)

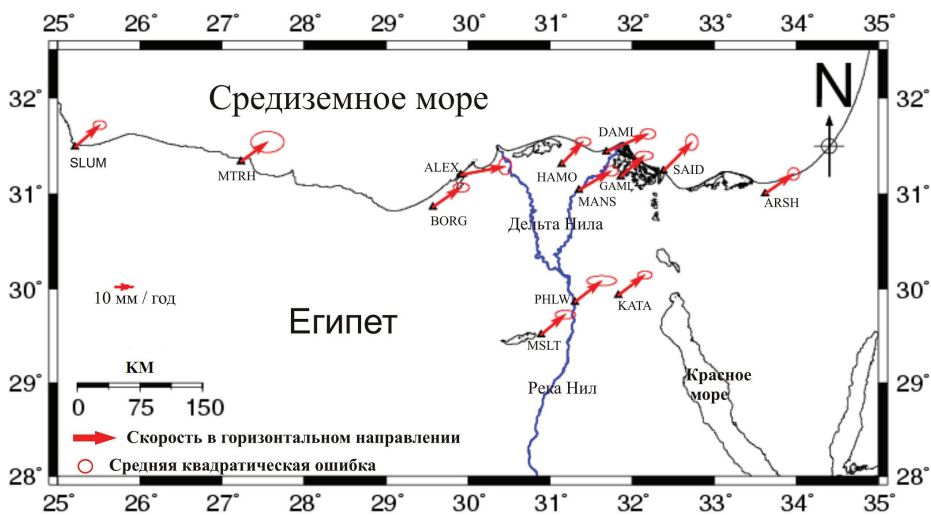


Рис. 3. Региональная горизонтальная скорость с среднеквадратической ошибкой

движений Африканской платформы (таблица). Максимальная скорость в горизонтальном направлении получена в городах Александрия и Дамiette – около 37 мм / год.

Скорость в горизонтальном направлении вычисляется с использованием следующего уравнения:

$$\text{Скорость в горизонтальном направлении} = \sqrt{x^2 + y^2},$$

где x – скорость в восточном направлении;

y – скорость в северном направлении.

Существует погружение вдоль всех геодезических пунктов в дельте Нила, кроме города Хамул, который имеет малую скорость подъёма – около 0,0019 м/год (рис. 4). Город Гамалия имеет наибольшее погружение – около –0,032 м/год,

самое низкое погружение – 0,0027 м/год – город Думьят. В это же время геодезические пункты за пределами территории дельты р. Нила испытывают поднятие. Наибольшую скорость поднятия – 0,022 м/год – испытывает город Катамия. Восточная часть дельты имеет более высокую скорость погружения, чем западная. Вертикальные погружения части дельты р. Нила создадут серьёзную проблему в будущем, потому что эта часть региона может быть затронута повышением уровня Средиземного моря. Если уровень моря продолжит расти, а вертикальное погружение станет значительным, ряд районов могут быть затоплены Средиземным морем. Западная сторона дельты р. Нила будет также в большей степени покрыта Средиземным морем, особенно на участке от города Порт-Саида до города Гамалия.



Региональные движения в северной части Египта

Геодезические пункты	Сокращение	Скорость направлений, м/год			
		Восточное	Северное	Горизонтально	Вертикально
Александрия	ALEX	0.0368	0.0070	0.037	-0.0068
Ариш	ARSH	0.0236	0.0166	0.028	0.0019
Борг Эл Араб	BORG	0.0236	0.0164	0.0287	0.0008
Думьят	DAMI	0.0347	0.0149	0.0377	-0.0027
Гамалия	GAML	0.0195	0.0175	0.0262	-0.032
Хамул	HAMO	0.0178	0.0189	0.0259	0.0019
Хелван	PHLW	0.0223	0.0176	0.0284	0.0012
Кагамия	KATA	0.0221	0.0169	0.0278	0.022
Эль-Мансура	MANS	0.0268	0.0158	0.031	-0.011
Марса Матрух	MTRH	0.0221	0.0161	0.0273	0.0074
Мисалат	MSLT	0.0202	0.0169	0.0263	0.014
Салум	SLUM	0.0204	0.0182	0.0273	0.0018
Порт-Саид	SAID	0.0235	0.0238	0.033	-0.0079

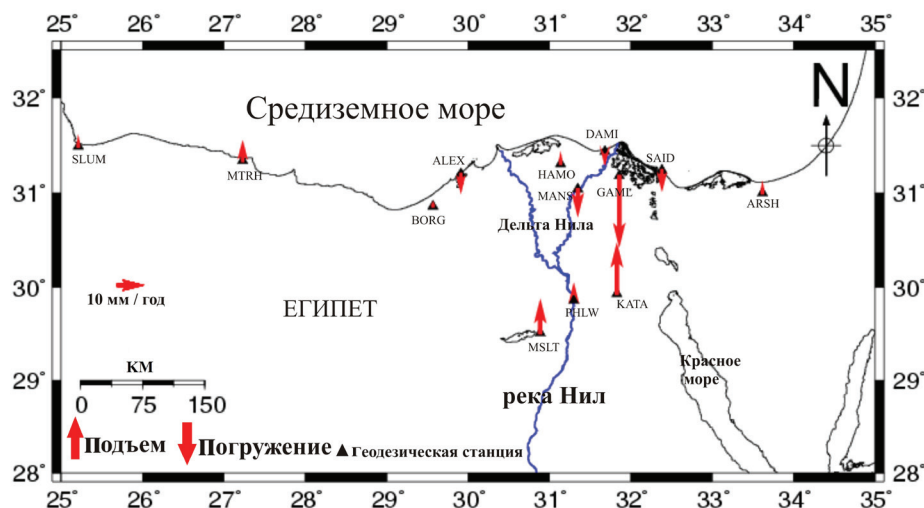


Рис. 4. Скорость в вертикальном направлении

Вывод

Анализ данных GPS сети территории дельты р. Нила проведён с января 2012 по март 2014 года. Полученные результаты из расчёта региональной горизонтальной скорости показали, что горизонтальная скорость GPS станций, включая движения Африканской плиты в диапазоне от 25 до 37 мм/год, имеет северо-восточное направление. Кроме того, установлены погружения ряда территорий в дельте р. Нила, начиная от 2,7 мм у г. Дамьетте до 32 мм у г. Гамалия. Погружение территорий в дельте р. Нила будет очень опасным в ближайшем будущем. Под особой угрозой окажется территория от г. Порт-Саида до г. Гамалия.

Библиографический список

1. Harms J. C., Wray J. L. Nile Delta In : Said, R : the geology of Egypt. Rotterdam ; Brookfield, 1990. P. 329–343.
2. Henson F. R. Observations on the geology and petroleum occurrences in the Middle East. 3rd world petrol. Congr. Proc. Sec. 1. Leiden, 1951. P. 118–140.
3. Kebeasy R. M. Seismicity. In Geology of Egypt. Rotterdam, 1990. P. 51–59.
4. Said R. The geology of Egypt. Amsterdam, 1962. 377 p.
5. Weeks L. G. Factor of sedimentary basin development that control oil occurrence // Amer. Assoc. Petrol. Geo. Bull. 1952. Vol. 36. P. 2071–2124.
6. Bernese GPS Software Version 5.0 / eds. R. Dach, U. Hugentobler, P. Fridez, M. Meindl. Bern, 2007. 612 p.