

**ГЕОГРАФИЯ**

УДК 551.24:556.53

DOI: 10.15507/VMU.025.201502.061

**ОЦЕНКА ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ
КОРЫ ВДОЛЬ ДОЛИНЫ р. НИЛ (ЕГИПЕТ)****Ю. В. Ваньшин, М. Г. Хассан**

Долина р. Нил в Египте находится к западу от Красного моря и к югу от Средиземного. В последнее время некоторые умеренные землетрясения происходили вдоль долины Нила на восточной и западной сторонах. Основные тектонические тенденции в этой области – СЗ-ЮВ и СВ-ЮЗ. Долина и дельта Нила являются частью активного разлома, что, вероятно, связано с тектоникой Красного и Средиземного морей. Эта зона характеризуется наличием малых и умеренных землетрясений, наносящих серьезный ущерб современным и историческим сооружениям. Землетрясения могут стать источником огромного социально-экономического ущерба в этой области. Программа изучения последних движений земной коры в Египте ведется с 1984 г., чтобы покрыть некоторые области, в пределах которых могут возникнуть землетрясения. Одной из этих областей является долина Нила. Ряд умеренных землетрясений с магнитудой более 4 прослеживался с обеих сторон Нила. Настоящее исследование направлено на определение современных параметров движения земной коры вдоль долины Нила с помощью измерений системы глобального позиционирования (GPS). Для достижения этого GPS-сеть, состоящая из 10 геодезических станций, была установлена с обеих сторон вдоль долины Нила. Измерения GPS проводились с 2007 по 2012 г. Анализ данных показал, что локальные смещения составляют от 1 до 4 мм/год. Эти показатели соответствовали зафиксированному недавним землетрясениям вдоль долины Нила. Итоговые результаты, полученные при учете региональных скоростей, показали, что скорость GPS-станций, включая движение в северо-восточном направлении Африканской плиты, составляет около 25 мм/год.

Ключевые слова: Нил, долина, GPS, земная кора, геодезические измерения, скорость движения, землетрясение.

**ESTIMATION OF CRUSTAL
MOVEMENTS ALONG THE NILE
VALLEY AREA, EGYPT****Yu. V. Vanshin, M. G. Khassan**

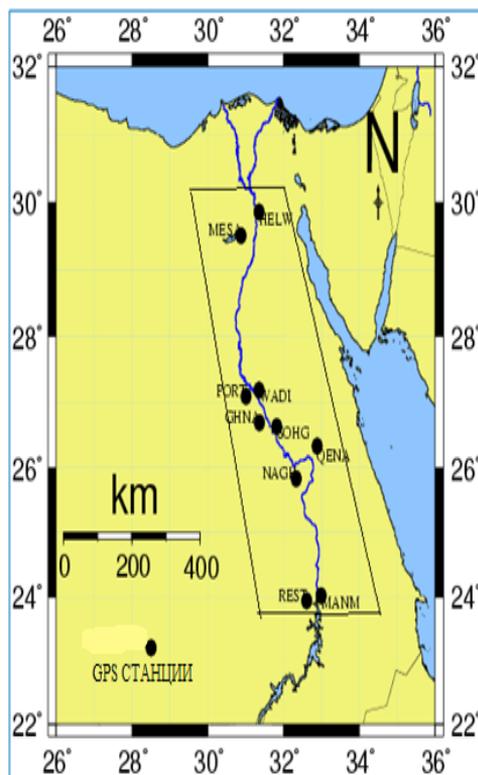
The Nile Valley in Egypt is located to the west of the Red Sea Rift and to the south of the Mediterranean Sea. Recently, some moderate earthquakes have occurred along the Nile Valley at the eastern and western sides. The major tectonic trends in this area are the NW-SE and NE-SW lineaments. The Nile valley and the Nile delta are a part of the active rift that is probably connected with the Red and Mediterranean seas tectonic activity. This zone is characterized by small-to-moderate intensity earthquakes that have caused extremely severe damage to recent and historical constructions. Small local and large distant earthquakes could be a source of huge socio-economic damage in this area. A program of researching of recent crustal movements in Egypt has been started since 1984 to cover some areas which are characterized by high occurrence of earthquakes. One of these areas is Nile Valley. Several moderate earthquakes with magnitudes more than 4 occurred on both sides of River Nile. The present study aims to determine the recent crustal movement parameters along the Nile Valley using the Global Positioning System (GPS) measurements. To achieve this mission, a GPS network consisting of ten geodetic stations has been established on both sides along the Nile Valley area. GPS measurements have been

collected from 2007 to 2012. The result of the data analysis indicates that the rate of local velocity is ranging from 1 to 4 mm per year. This rate is consistent with the occurrence of recent earthquake activity along the Nile Valley area. But the results obtained from GPS stations inclusive of the African Plate regional velocity indicate that the velocity motion is about 25 mm/year taking the northeast direction.

Keywords: Nile, valley, the GPS, the crust of the earth, geodetic measurements, speed of movement, earthquakes.

В настоящее время значительные усилия исследователей посвящены изучению долины р. Нил. Эта территория характеризуется высокой плотностью населения и включает уникальные исторические памятники, представляющие интерес для туристов со всего мира, что существенно для национального дохода страны. Кроме того, здесь

расположены заводы, запланированы такие стратегические проекты, как плотины, атомная электростанция. В связи с этим изучение движения земной коры и сейсмичности в этой области Египта крайне необходимо. Исследуемая территория вдоль долины Нила находится между $23^{\circ} 56'$ и $29^{\circ} 51'$ широты и $30^{\circ} 33'$ и $32^{\circ} 59'$ долготы (рис. 1).



Р и с. 1. Область исследований и расположение GPS-станций

Для изучения движения земной коры как фактора возникновения землетрясений в пределах долины Нила были использованы геодезические пункты, установленные в сейсмоактивных

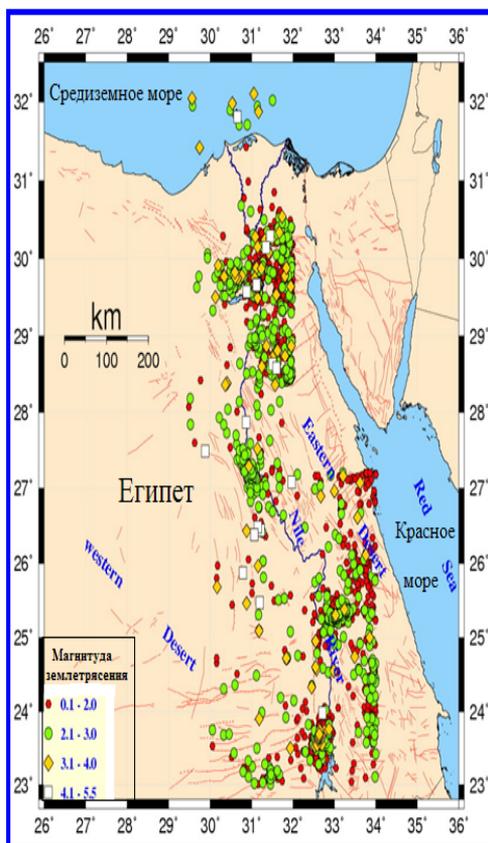
районах с 2007 г. Дополнительные геодезические пункты находились по обеим сторонам р. Нил от г. Хелване в северной части исследуемого района до г. Асуане – на юге.



Сейсмичность долины р. Нил

Египет имеет длительную и хорошо документированную историю произошедших землетрясений. Страна является местом возникновения некоторых ранее известных цивилизаций. Описание землетрясений здесь ведется с начала 2800 г. до н. э. [1; 4]. Согласно [1; 6–8], в Египте было отмечено 83 случая землетрясений, произошедших с 2200 г. до н. э. по 1900 г. н. э., нанесших ощутимый ущерб. Инструментальная запись землетрясений в Египте осуществляется с 1898 г. и представляет оценку мест землетрясений и их магнитуд. Карты составленных землетрясений с данными о распределении их интенсивности очень важны в сравнительном анализе исторических землетрясений [1; 4].

12 октября 1992 г. после землетрясения, произошедшего на юго-западе от Каира, правительство Египта профинансировало строительство египетской национальной сейсмической сети (ENSN), охватывающей всю территорию Египта. В настоящее время ENSN определяет большинство местных и региональных землетрясений, а также телесеismicкие события. С созданием национальной сети сейсмографов возможности сейсмического мониторинга в Египте значительно возросли. В последнее время некоторые землетрясения с умеренными величинами (не более 5,0 магнитуд) происходили недалеко от района долины р. Нил (территория Красного моря). Их основное количество сосредотачивалось в северной части района исследований (рис. 2).



Р и с. 2. Землетрясения в районе долины р. Нил с 1997 по 2012 г.

В 2007 г. геодезическая сеть GPS была создана вокруг долины Нила для покрытия всей территории (см. рис. 1). Измерения GPS проводились в период

с мая 2007 по сентябрь 2012 г. (табл. 1). Для проведения геодезических измерений с использованием методов GPS применялось различное полевое оборудование.

Т а б л и ц а 1

**GPS-измерения движения земной коры
в долине р. Нил с 2007 по 2012 г.**

GPS-измерения	Дата	День года (DOY)	GPS-неделя
Май, 2007 г.	26.05.07	146	1428 – 6
	27.05.07	147	1429 – 0
	28.05.07	148	1429 – 1
	29.05.07	149	1429 – 2
Август, 2008 г.	11.08.08	224	1492 – 1
	12.08.08	225	1492 – 2
	13.08.08	226	1492 – 3
	14.08.08	227	1492 – 4
Март, 2009 г.	26.03.09	85	1524 – 4
	27.03.09	86	1524 – 5
	28.03.09	87	1524 – 6
	29.03.09	88	1525 – 0
Ноябрь, 2009 г.	17.11.09	321	1558 – 2
	18.11.09	322	1558 – 3
	19.11.09	323	1558 – 4
	20.11.09	324	1558 – 5
Сентябрь, 2012 г.	17.09.12	261	1706 – 1
	18.09.12	262	1706 – 2
	19.09.12	263	1706 – 3
	20.09.12	264	1706 – 4
	21.09.12	265	1706 – 5

Результаты замеров GPS

Собранные данные анализировались с использованием Bernese-версии 5,0 [2]. Анализ показал, что региональ-

ные скорости движения GPS-станций с учетом движения тектонических плит рассчитывались со значениями от 18 мм/год в северном направлении и до 23 мм/год – в восточном. Значения ре-



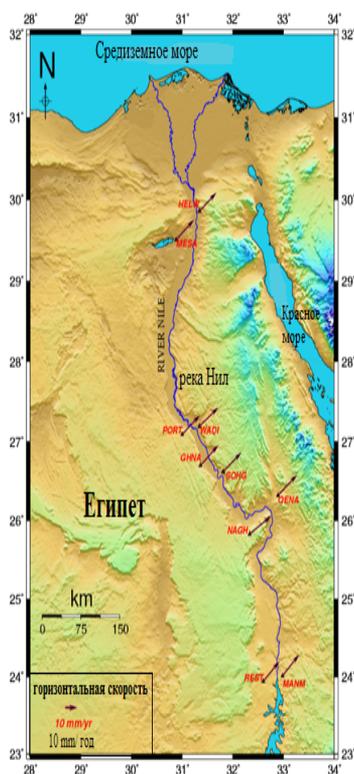
гиональных скоростей включали также движение Африканской плиты. Согласно табл. 2 и рис. 3, все станции фикси-

ровали северо-восточное направление, которое согласовывалось с направлением движения Африканской плиты.

Т а б л и ц а 2

Региональные горизонтальные скорости с мая 2007 по ноябрь 2012 г.

Название геодезической станции	HELW	MESA	WADI	PORT	SONG	GHNA	QENA	NAGH	MANM	REST
(Ve) скорость на востоке, мм/год	21,7	22,9	24,2	22,9	23,3	23,1	24,6	28,0	21,5	20,8
(Vn) скорость на севере, мм/год	16,9	18,2	17,3	17,7	17,5	18,5	18,8	16,6	19,6	18,3



Р и с. 3. Горизонтальная региональная скорость с мая 2007 по сентябрь 2012 г.

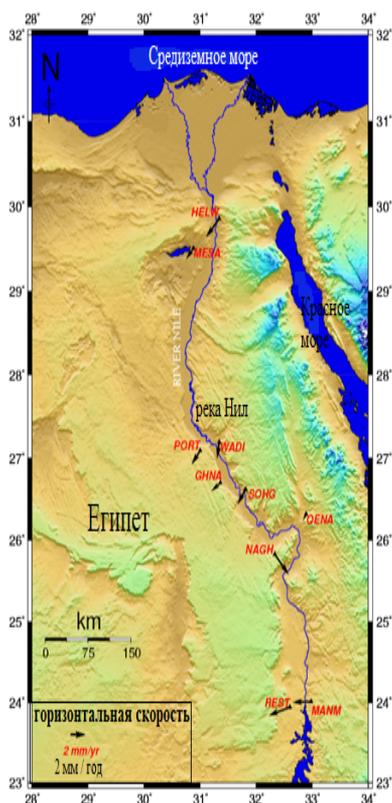
Локальная горизонтальная скорость станций рассчитывалась путем вычитания данных движения Африканской плиты из региональной горизонталь-

ной скорости. Локальная скорость менялась в диапазоне 1–4 мм/год в восточном направлении и 1–3 мм/год – в северном (табл. 3, рис. 4).

Таблица 3

Локальные горизонтальные скорости геодезических пунктов в долине р. Нил с мая 2007 по сентябрь 2012 г.

Название геодезической станции	HELW	MESA	WADI	PORT	SONG	GHNA	QENA	NAGH	MANM	REST
(Ve) скорость на востоке, мм/год	-2,7	-1,4	-1,4	-1,7	-1,6	-1,7	-1,5	2,9	-3,8	-4,4
(Vn) скорость на севере, мм/год	-2,9	-1,6	-2,5	-2,1	-2,3	-1,2	-1,8	-3,2	-1,1	-1,3



Р и с. 4. Локальные скорости с мая 2007 г. по сентябрь 2012 г.



На основании данных локальной скорости, северная и южная части долины р. Нил имеют большую скорость движения, чем в средней части. Это связано с тем, что в южной части проявляется влияние изменения уровня воды в водохранилище Нассер, в то время как северная часть испытывает влияние разлома Средиземного моря.

Таким образом, сбор данных GPS долины р. Нил происходил в период с мая 2007 по сентябрь 2012 г. В ходе исследования использовалась Bernese-версия 5.0 пакета программного обеспечения для анализа измерений GPS. В результате было установлено, что

локальные смещения параметров движения земной коры составляли от 1 до 4 мм/год, что соответствует недавним землетрясениям вдоль долины Нила.

Исторические и современные данные сейсмичности показывают, что умеренные землетрясения в целом характеризуют долину р. Нил. Однако многие районы Египта в последнее время претерпевают значительные техногенные воздействия, что, безусловно, вызовет эскалацию рисков землетрясений. Для того чтобы остановить эскалацию, необходимо отказаться от необоснованных решений в области планирования в создании инженерных объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Ambraseys, N.** The Seismicity of Egypt, Arabia and the Red Sea a historical review / N. Ambraseys, C. Melville, R. Adams. 1994. – Cambridge, Great Britain. – pp. 1–182.
2. Bernese GPS Software Version 5.0 / R. Dach [at al.]. – 2007, Astronomical Institute, University of Bern.
3. Egyptian National Seismic Network (ENSN) Bulletin, Earthquakes in and around Egypt. – National Research Institute of Astronomy and Geophysics, (NRIAG) Egypt, 2012. – Vol. 1. – 253 s.
4. **Kebeasy, R. M.** Seismicity : In Geology of Egypt : Baklema / R. M. Kebeasy. – Rotterdam, 1990. – P. 51–59.
5. **Maamoun, K.** Macroseismic observations of principal earthquakes in Egypt / K. Maamoun // Bull. – Helwan Inst. – Astronom. – Geophys. – 1979. – 183: 12 pp.
6. **Maamoun, K.** Seismicity of Egypt / K. Maamoun, A. Allam, A. Megahed // Bull. – Helwan Observ. 1984. 4(B). – 19 p.
7. **Poirier, J. P.** Historical seismicity in the Near and Middle East, North Africa and Spain from Arabic documents (7th–8th centuries) / J. P. Poirier, M. A. Taher. – Bull. Seism. Soc. Am 1980.70. – pp. 2185–2201.
8. **Sieberg, A.** Geologie der Erdbeben. Handbuch der Geophysik / A. Sieberg. – Gebr. Borntrkger, 1932. – Berlin, 2 (4). – pp. 550–555.

Поступила 20.03.2015 г.

Об авторах:

Ваньшин Юрий Васильевич, заведующий кафедрой гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии НИИ «СГУ им. Н. Г. Чернышевского» (Россия, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83, к. 1), доктор геолого-минералогических наук, профессор, vanshin@sgu.ru

Хассан Махмуд Гомаа Ибрагим, аспирант кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии НИИ «СГУ им. Н. Г. Чернышевского» (Россия, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83, к. 1), mahgebaly1981@yahoo.com

Для цитирования: Ваньшин, Ю. В. Оценка движения земной коры вдоль долины р. Нил (Египет) / Ю. В. Ваньшин, М. Г. Хассан // Вестник Мордовского университета. – 2015. – Т. 25, № 2. – С. 61–68. DOI: 10.15507/VMU.025.201502.061

REFERENCES

1. Ambraseys N., Melville C., Adams R. The Seismicity of Egypt, Arabia and the Red Sea: a historical review. Great Britain, Cambridge Univ. Press Publ., 1994, pp. 1–182.

2. Dach R., Hugentobler U., Fridez P., Meindl M. Bernese GPS Software Version 5.0. Bern, Astronomical Institute, University of Bern, 2007, 612 p.
3. Egyptian National Seismic Network (ENSN) Bulletin, Earthquakes in and around Egypt, National Research Institute of Astronomy and Geophysics, (NRIAG) 2012, Egypt, vol. 1, 253 p.
4. Kebeasy R. M. Seismicity. The Geology of Egypt. Rotterdam, Baklema Publ., 1990, pp. 51–59.
5. Maamoun K. Macroseismic observations of principal earthquakes in Egypt. *Bulletin of Helwan Institute Of Astronomy And Geophysics*. Helwan Institute of Astronomy and Geophysics Publ., 1979, 183 p.
6. Maamoun K., Allam A., Megahed A. Seismicity of Egypt. *Bulletin of Helwan Institute Of Astronomy And Geophysics*. Helwan Institute of Astronomy and Geophysics Publ., 1984, no. 4(B), 19 p.
7. Poirier J. P., Taher M. A. Historical seismicity in the Near and Middle East, North Africa and Spain from Arabic documents (7th -8th centuries). *Bulletin of the Seismological Society of America*. 1980, vol. 70, no. 6, pp. 2185–2201.
8. Sieberg A. Geologie der Erdbeben. Handbuch der Geophysik. Berlin, 1932, vol. 2 (4), pp. 550–555.

About the authors:

Vanshin Yuriy Vasilevich, head of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology chair of National Research Saratov State University (83 (1), Astrakhanskaya str., Saratov, Russia), Dr. Sci. (Geo.-Min.), professor, vanshin@sgu.ru

Khassan Makhmud Gomaa Ibragim, post-graduate student kafedry Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology chair of National Research Saratov State University (83 (1), Astrakhanskaya str., Saratov, Russia), mahgebaly1981@yahoo.com

For citation: Vanshin Yu. V., Khassan M. G. Otsenka dvizheniya zemnoy kory vdol doliny r. Nil (Egipet) [Estimation of Crustal Movements along the Nile Valley Area, Egypt]. *Vestnik Mordovskogo Universiteta = Mordovia University Bulletin*. 2015, vol. 25, no. 2, pp. 61–68. DOI: 10.15507/VMU.025.201502.061