



ГЕОЛОГИЯ

УДК 91(32):802.0 +55(32):802.0

ВЕРОЯТНЫЕ СЦЕНАРИИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ДЕЛЬТЕ ЕГИПЕТСКОГО НИЛА

Ю. В. Ваньшин, М. Г. Хассан

Саратовский государственный университет

E-mail: vanshin@sgu.ru

E-mail: mahgebaly1981@yahoo.com

Известно, что изменение климата влияет на многие дельты по всему миру. Египетская дельта Нила – одна из самых опасных, она может страдать от изменения климата. В статье предпринята попытка изучить влияние изменения климата на территорию дельты Нила. Результаты показывают, что эффект глобального потепления влияет на изменение концентрации CO₂ в атмосфере и может повлечь за собой повышение уровня Средиземного моря к концу 2100 года в городе Порт-Саиде (в восточной части дельты Нила) на 1,35 м и в городе Бурулисе (в центральной части дельты Нила) на 1,42 м. Повышение уровня Средиземного моря в целом может отрицательно повлиять и на всю прибрежную территорию Египта, в которой расположены важные промышленные и сельскохозяйственные объекты.

Ключевые слова: океан, дельта, Нил, глобальное, потепление, изменение, климат, уровень, Средиземное, море.

The Possible Scenario for Climate Change on the Egyptian Nile Delta

U. F. Vanshin, M. G. Hassan

It is known that climate change has an effect on many Deltas all over the world. Egyptian Nile Delta, one of the most dangerous places which may be suffered from risks of climate change. In the current work, an attempt to study the effect of climate change on the Nile Delta has been discussed. The results show that effect of global warming deduced from changing carbon dioxide CO₂ concentration in atmosphere can make increasing in the Mediterranean Sea level at Port Said (east of Nile Delta, Egypt) by 1.35 m and at Burulus (middle of Nile Delta, Egypt) by 1.42 m by the end of 2100. The increasing in Mediterranean Sea level can affect dramatically Egypt because it will take place at very important regions which have a lot of industrial and agriculture projects.

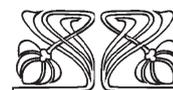
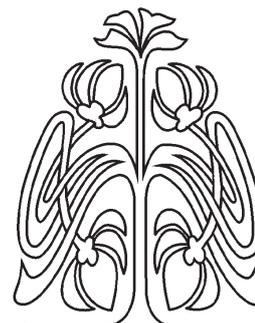
Key words: ocean, delta, Nile, global, warming, change, climate, level, Mediterranean, sea.

Введение

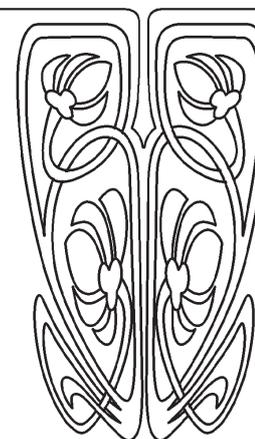
Ожидается, что, несмотря на международные усилия по сокращению выбросов парниковых газов, в следующем столетии будет происходить изменение климата, которое приведёт к усугублению уже существующих экологических проблем во многих странах. В частности, прибрежные районы во всем мире уже страдают от повышения уровня моря (прибрежная эрозия, просадки, загрязнение, подтопление). В Египте самые плодородные земли находятся на побережье дельты Нила и являются наиболее уязвимыми [1].

Регион дельты Нила и вся средиземноморская прибрежная территория представляют собой крупные промышленные и сельскохозяйственные зоны, важные для экономики страны. Регион характеризуется относительно низкими по высоте территориями, в которых происходит повышение уровня моря.

В дельте р. Нил вдоль береговой линии общей протяженностью около 240 км расположены города Александрия (на западе) и Порт-Саид (на востоке). Береговая линия имеет два мыса – Rosetta и Damitta – и три озера – Idfu, Burullus и Manzala, связанных со Средиземным морем. Имеется пять портов, расположенных на побережье: Idku, New Burullus,



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





и El Gamil, являющихся центрами рыболовства, и два коммерческих порта – Damietta и Port-Said (рис.1). Города Александрия и Порт-Саид являются главными экономическими центрами прибрежной зоны. Они также уязвимы к повышению уровня моря в результате низкой высоты прилегающих земель. Многие небольшие города и деревни на побережье также уязвимы при подъёме уровня моря.

Существует много опасностей, связанных с повышением уровня моря, особенно для прибрежных городов Александрия, Розетта и Порт-Саид. Население более 2 млн человек будет вынуждено покинуть свои дома, 214000 рабочих мест будут потеряны, ущерб составит 35 млрд долл. США [2]. Погибнут всемирно известные исторические, культурные и археологические достопримечательности, тысячи акров плодородных сельскохозяй-

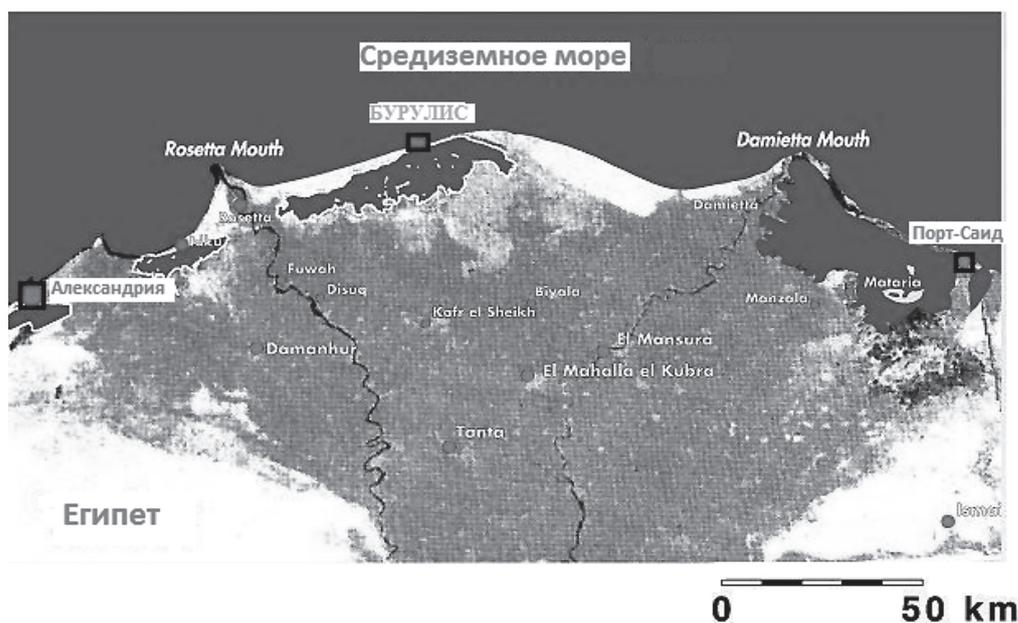


Рис. 1. Современная ситуация территории дельты Нила [1]

ственных земель. Уязвимость других городов в дельте не учитывается [2].

Затопление территории дельты Нила угрожает существованию прибрежной зоны городов и их устойчивому развитию по всей дельте (рис. 2). Повышение уровня моря на 0.5 м может привести к перемещению около 3800000 жителей и около 1800 км² пахотных земель. Повышение уровня моря на 1,0 м – к перемещению уже около 6100000 жителей и 4500 км² пахотных земель. Таким образом, необходимо изучить факторы, которые могут повлиять на изменение уровня Средиземного моря и попытаться оценить их в будущем.

Методология

Известно, что Солнце является источником существования жизни на Земле и влияет на подавляющее большинство физических, химических и биологических циклических процессов. Кроме того, солнечная активность (числа Вольфа), вероятно, может играть значительную роль в изменении уровня моря. В статье числа Вольфа взяты из Solar Geophysical Data (SGD) of National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) и National Geophysical Data Center (NGDC) США. В целях изучения влияния солнечной активности эти дан-

ные были проанализированы с учётом изменения уровня моря на северном побережье Египта.

Были использованы данные станции Мауна-Лоа (Гавайи, США) National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) по концентрации CO₂ в атмосфере. Они сравнивались в связи с изменением уровня моря для оценки влияния глобального потепления.

Данные станции в Порт-Саиде, Бурулисе использованы для замеров изменения уровня моря в этих регионах [2]. Прогнозируемые изменения концентрации CO₂ на следующее столетие заимствованы из специального доклада IPCC 2001 (Intergovernmental Panel on Climate Change) [3].

Результаты

Колебания уровня мирового океана находятся под влиянием геологических и климатических факторов. Установлено, что изменения в пределах Серединного океанического хребта (Атлантический океан) обусловили снижение его уровня на 300 м (1 тыс. футов) в течение последних 80 млн лет [4]. И сегодня опускание поверхности Земли влияет на местный уровень моря. Геологические события, как правило, совершаются медленно и вряд ли ускорятся.

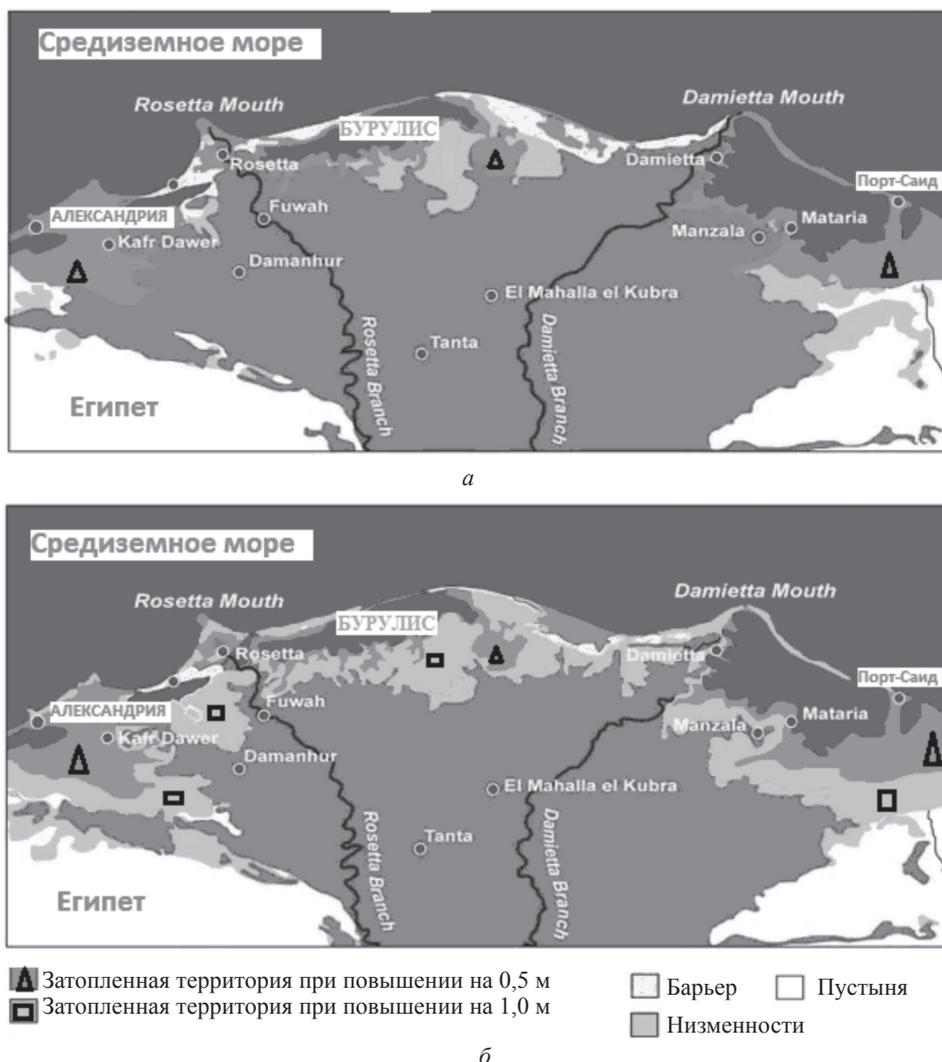


Рис. 2. Потенциальные районы затопления дельты Нила по двум сценариям повышения уровня моря с указанием уязвимых городов дельты [1]: а – при повышении на 0,5 м; б – при повышении на 1 м

Климат влияет на изменения уровня океана путём перемещения воды на Земле между ледниками, расположенных на суше и океанах, а также изменения температуры самой воды. Если все ледники Антарктиды и Гренландии растопить, то уровень океана повысится более чем на 70 м (> 200 футов). За всю историю существования Земли в ледниках накоплено достаточное количество воды для повышения уровня океана примерно на 150 м (500 футов). Полное таяние ледников на суше будет продолжаться тысячи лет, частичное их таяние в следующем столетии может поднять уровень океана на 1 м. Часть льда, находящегося под водой, будет разрушаться быстрее [5].

Два ведущих гляциолога подсчитали, что ледяной покров (морской ледник) может добавить воды в океан за двести [5] и пятьсот лет [6], поднимая уровень океана от 5 до 7 м (≈ 20 футов). Хотя полное таяние ледника не произойдет в ближайшем будущем, его часть и другие ледовые поля, а также горные ледники тоже будут таять

в следующем столетии. Из-за того что вода расширяется при нагревании, тёплый климат может повысить уровень океана и без какого-либо вклада ледников.

Потепление может проходить гораздо дольше, и верхние слои океана могут нагреться быстрее, что приведёт к повышению его уровня на 1 м к 2100 году [6].

В статье рассматриваются отношения между уровнем моря и климатом, объясняется, как повышение атмосферных концентраций CO₂ может поднять среднюю температуру земной поверхности и тем самым резко изменить климат и уровень моря. Кроме того, учитывается и эффект солнечной активности (числа Вольфа).

Характер изменения соотношений между уровнем Средиземного моря, числами Вольфа и атмосферной концентрацией CO₂ в городах Бурулис и Порд-Саид отражен на рис. 3, 4. Они показывают, что существует цикл максимума и минимума солнечной активности с периодом



11 лет. Содержание CO_2 в атмосфере резко изменилось в прошлом веке из-за увеличения выбросов CO_2 промышленным производством. Существует также тенденция увеличения уровня

Средиземного моря в Бурулисе на 1 мм и в Порт-Саиде 2.3 мм в год.

Корреляция между числами Вольфа и изменением уровня моря в Порт-Саиде и Бурулисе

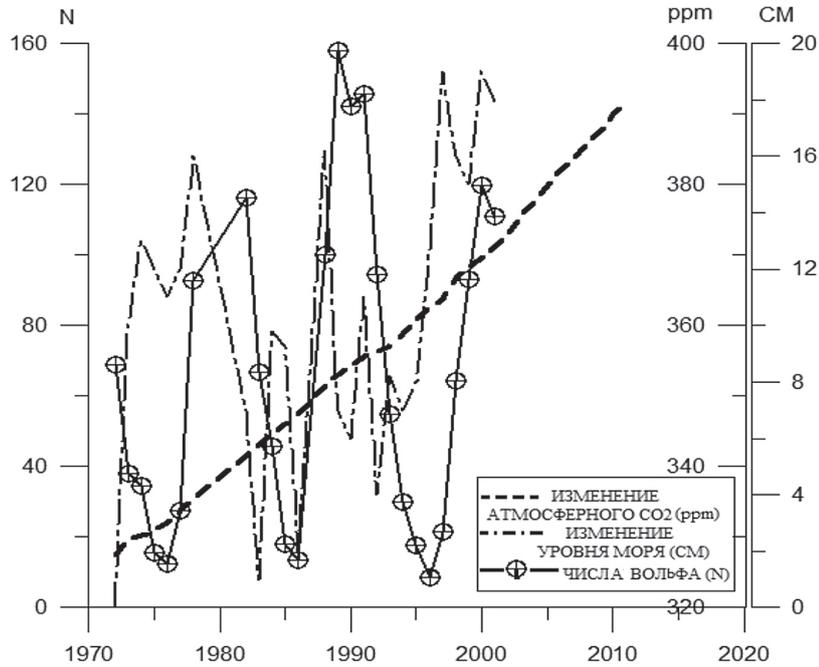


Рис. 3. Корреляции между ежегодными числами Вольфа, уровнем моря (см) и концентрациями CO_2 , ppm, в Бурулисе (в центре дельты Нила)

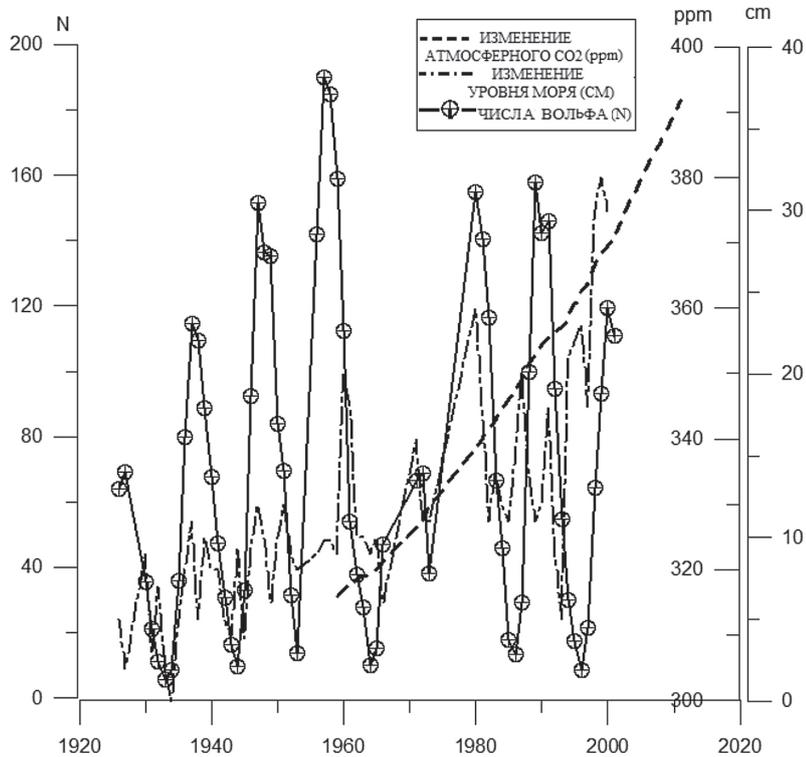


Рис. 4. Корреляции между ежегодными числами Вольфа, уровнем моря, см, и концентрациями CO_2 , ppm, в Порт-Саиде (восток дельты Нила)



показывает слабые корреляции: в Порт-Саиде с 1926 до 2000 г., где коэффициент $r = 0.17$, а с 1972 по 2001 г. в Бурулисе $r = 0.04$. Это означает, что эффект изменения солнечной активности проявляется очень медленно, а значит, не может существенно влиять на уровень моря и изменять его в прибрежных территориях дельты Нила.

Взаимосвязь между содержанием атмосферного CO_2 и колебаниями уровня моря показывает значительную корреляцию $r = 0.7$ в Бурулисе и $r = 0.54$ в Порт-Саиде. Это означает, что глобальное потепление приводит к увеличению атмосферного CO_2 и влияет на увеличение уровня Средиземного моря. Рост глобального уровня океана также влияет на Средиземное море, что проявляется в повышении его уровня в Бурулисе и Порт-Саиде.

Из приведённых результатов можно сделать вывод, что именно глобальное потепление повлияло на изменение уровня Средиземного моря, а не вариации солнечной активности.

Модель линейной регрессии установлена между атмосферным CO_2 и изменением уровня моря (см. рис. 3, 4). Эта модель соответствует следующему уравнению:

$$Y = a + bX,$$

Y = уровень моря, X = атмосферные концентрации CO_2 , a , b константы: $a = -143.18$, $b = 0.43$ для Бурулиса, $a = -127.7$, $b = 0.41$ для Порт-Саида.

При использовании последней модели с будущей атмосферной концентрацией CO_2 , извлеченной из сценария ИРСС 2001, была сделана оценка изменения уровня моря в Бурулисе и Порт-Саиде в будущем. Сценарий ИРСС для атмосферной концентрации CO_2 показывает, что она будет резко возрастать в следующем столетии. Содержание CO_2 в атмосфере может достигнуть до 720 ppm в 2100 году.

Полученный результат показывает, что ожидаемое глобальное потепление из-за увеличения атмосферной концентрации CO_2 к концу 2100 года приведёт к повышению уровня моря в Бурулисе на 1.42 м и в Порт-Саиде на 1.35 м. Таким образом, вся береговая территория дельты Нила будет погружаться в 2100 году.

Заключение

Расчёты показывают, что корреляция между содержанием атмосферного CO_2 и повышением уровня моря является более значительной, нежели корреляция между солнечной активностью и изменением уровня моря. Это связано с тем, что эффект солнечной активности проявляется медленно и не может быстро влиять на изменения уровня моря. В то время как глобальное потепление из-за увеличения атмосферной концентрации CO_2 может резко поднять уровень моря. Следовательно, к концу 2100 года побережье дельты Нила будет погружаться под влиянием повышения уровня моря. Поэтому необходимо провести дополнительные исследования по этой проблеме.

Для обоснованного прогноза и понимания взаимодействий между темпами повышения-снижения уровня моря, изменчивости топографии региона, неотектоники и современных движений земной поверхности помогут эффективные исследования региона, включая изучение стратегии адаптации, которые сведут к минимуму негативные экономические и экологические последствия для страны.

Библиографический список

1. Bentley C. The West Antarctic Ice Sheet : Diagnosis and Prognosis: Carbon Dioxide Research Conference : Carbon Dioxide // Science and Consensus. Conference 820970. Department of Energy. Washington, 1983. P. 3–50.
2. El Raey M. Vulnerability assessment of the coastal zone of the Nile delta, Egypt, to the impacts of sea level rise // Ocean and Coastal Management. Egypt. 2009. Vol. 37, № 1. P. 29–40.
3. Fitzgerald D. M. Ann. Reviews of earth and Planet // Science. 2008. Vol. 36. P. 601–647.
4. Hays J. D. Variations in the Earth's Orbit, Pacemaker of the Ice Ages // Science. 1976. Vol. 194. P. 1121–1132.
5. Hughes T. The Stability of the West Antarctic Ice Sheet : What Has Happened and What Will Happen: Carbon Dioxide Research Conference // Science and Consensus. Conference 820970. Department of Energy. Washington, 1983. P. 51–73.
6. Nakićenović N. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, 2001. 213 p.