

ГОЛОЦЕНОВАЯ ИСТОРИЯ БОЛЬШОГО ВОСТОЧНОГО ЭРГА. СЕВЕРНАЯ АФРИКА

В.П. Чичагов

Введение. Предлагаемая статья представляет расширенный вариант доклада, прочитанного автором на заседании Комиссии по изучению четвертичного периода РАН 30 мая 2006 г. в Геологическом институте РАН. Целью статьи является восстановление эволюции «немых» в информационном отношении динамичных песчаных морей на примере Большого Восточного Эрга в Северной Африке и сопоставление основных аридных событий его (Эрга) голоценовой эволюции.

Большой Восточный Эрг и туниские шотты. Большой Восточный Эрг является наиболее представительным песчаным морем Африки. Он сформирован в пределах крупной платформенной впадины, на северном фланге которой образовался преатласский краевой прогиб – Северо-Африканская (нефтегазоносная) мульда. В ее восточной части была создана впадина низких засоленных котловин алжиро-туниских шоттов, туническая часть которых является северной границей Эрга. Его характерными особенностями являются наибольшие размеры, самое северное положение, северо-восточная ориентировка длинной оси и наибольшая близость к впадине Средиземного моря. Автору довелось в 2005–2007 гг. провести маршрутные геоморфологические наблюдения в Северной Африке – в Марокко и на территории Туниса в пределах семиаридных равнин бассейна р. Меджерды, аридных равнин Сахеля и экстрааридных равнин северной окраины Большого Восточного Эрга [Чичагов, 2005, 2006, 2007].

Результаты полевых наблюдений, изучение аэро- и космических изображений, геологических, гидрогеологических и геоморфологических карт, анализ опубликованных материалов позволяют судить о закономерном изменении песчаного эолового рельефа Большого Восточного Эрга с юго-запада на северо-восток от грядового, дюнного, дюнных полей до барханного, бугристого и равнинного [A Study...; 1979], о молодости и значительной динамичности песчаных форм в центральных частях песчаного моря и о современной стабильности его северной границы. Целью статьи является рассмотрение эволюции Большого Восточного Эрга в сопоставлении

палеогеографических событий его и других аридных регионов.

Моноклиналиное поднятие Ксур – Триполитанский Джебель. С севера Эрг ограничен впадиной туниских шоттов, с востока – низким (до 689 м.), окаймляющим дугой залив Габес – Малый Сирт поднятием Ксур [Чичагов, 2005]. Низкое поднятие Ксур покрыто толщей тонких, пылеватых, красноцветных песков (хамри), частично сцементированных известковыми растворами, образующих специфическую песчано-лессовую формацию мощностью до 20 м. Она относится к так называемым «теплым» или к перипустынным лёссам, распространенным по периферии Сахары. Лёссы поднятия Ксур наряду с лёссами Марокко, Ливии и Египта образуют один из четырех лёссовых районов Северной Африки. Происхождение лёссов Ксур преимущественно сахарское: тонкие пылеватые пески желто-красноватого цвета Большого Восточного Эрга в поднятии Ксур сменяются песчанистыми лёссами. Медианный диаметр песчаных частиц из лёссовых пород от Эрга до вершинных частей поднятия Ксур изменяется от 0.08 до 0.055 мм. [Любимцева, 2001]. Этот тонкий песчаный материал образовался в результате длительного выноса с перевеваемой поверхности Большого Восточного Эрга в эти эпохи.

Исследованиями ряда европейских ученых (Rognon, Brun, Coude-Gaussen и др.) был установлен поздне-плейстоценовый возраст песчано-лессовой формации в области Матматы на севере поднятия Ксур и выделены в ее пределах три пачки: охристые лёссы с карбонатными конкрециями в основании, чередование красноцветных палеопочв с карбонатными лессовыми отложениями в средней части и светло-бежевые лёссы с горизонтами палеопочв в верхней. Их ^{14}C возраст: 35–70 тыс. л.н., 32–37 и 22–10 тыс. л.н. соответственно. Природные условия формирования пород песчано-лессовой формации в позднем плейстоцене были более гумидными, чем в современную эпоху, степными [Rognon, 1976]. На протяжении голоцена с 10 тыс. л.н. в пределах поднятия Ксур под воздействием мощной дефляции формировался расчлененный и равнинный дефляционный рельеф.

Большой Восточный Эрг и впадина туниских шоттов. Запись основных этапов голоценовой эволюции в пределах Большого Восточного Эрга содержится в строении осадков в смежной впадине туниских шоттов – низких засоленных равнин с высотами от -23 до 40 м., периодически затапливаемые ливневыми водами. Это шотты Эль-Гарса, Эль-Джерид и Эль-Феджадж с абс. высотами поверхности дниц -17, -23; 30 – 39 и 23 м. соответственно, заполненными солеными водами во влажный сезон и представленные такырами и белыми соленосными плоским участками – в сухой.

В районе шотта Эль-Гарса были пробурены пять скважин, пранализированы их разрезы и получены данные их возраста с помощью AMS – ускорительной масспектроскопии. К.С. Свици [1996, 1999, 2001] удалось выделить в них семь горизонтов (Q_1 – Q_7), различающихся по составу, строению и генезису. Из них пять горизонтов представлены песчаными эоловыми отложениями, а два (в раннем голоцене), древнее 12.2 тыс. л.н. – озерными горизонтально слоистыми песчаниками и на уровне 10–8.5 тыс. л.н. – горизонтально слоистыми озерными илами, увенчанными гипсовой корой с полигональной текстурой (рис. 1).

Этапы аридизации района шоттов приходятся на 13–9, 8.5–7, 6.5–5 и от 4 тыс л.н. до настоящего времени. Они в целом коррелируют, хотя недостаточно четко, с аридными эпизодами событиями в Северо-Западной Африке, в Марокко [Lamb et al., 1995; Lamb and van der Kraas, 1995; Gasse and Van Campo, 1994] (рис. 1).

Широкое распространение эоловых отложений в разрезе голоцена во впадине туниских шоттов свидетельствует о длительности проявления интенсивной дефляции в этом регионе в голоцене. Интенсивная ветровая деятельность активизировалась в пределах Большого Восточного Эрга и проявилась в создании дефляционного рельефа смежного поднятия Ксур в позднем плейстоцене и раннем голоцене в связи со смещением к югу Полярного фронта, согласно достаточно обоснованным представлениям С.З. Роньона [1976]. Они согласуются с данными палеоокеанологических исследований, показавшим, что в это время характер циркуляции вод в Атлантическом океане и в его восточной, приафриканской части был существенно иным, в большей мере способствовал иссушению смежных африканских равнин и усилению ветровой деятельности в Северной Африке. Усиление ветрового режима вызвало интенсивную площадную аридную денудацию наветренного западного склона поднятия Ксур и выпаживание – до-

полнительное углубление отдельных сухих долин, образование котловин выдувания и проч.

Существенный вклад в углубление дниц вади интенсивной линейной дефляцией вносит хозяйственная деятельность человека. Вади, расположенные на перемычке между шоттами и зал. Габес, испокон веку служили естественными оборонительными рубежами от агрессии с юга. Здесь на протяжении последних 4–5 тыс. лет были оборонительные валы, создавались и функционировали населенные пункты, военные и учебные лагеря, прокладывались временные пути и эксплуатировались постоянные дороги, сооружались водопроводы, многочисленные колодцы и функционировала ирригационная сеть; возделывались плантации оливок, требующих постоянного подновления поверхности за счет углубления и обвалования. Северная окраина Большого Восточного эрга в римскую эпоху представляла плодородную сухую степь и была достаточно плотно заселена, о чем можно судить по древним картографическим источникам [Миллер, 1919]. Во вторую мировую войну здесь, вдоль широтной ложбины Удрэф функционировала линия долговременных укреплений Марет – уменьшенная копия линии Мажино на востоке Франции. Антропогенные разрушения разрыхляли поверхностные отложения и облегчали работу ветров. Днище ложбины Удрэф было углублено ветрами до поверхности грунтовых вод, а бровки стали выше за счет фортификационного строительства.

Вопрос о былом соединении туниских шоттов с зал. Габес Средиземного моря обсуждался длительное время. Наиболее восточный тунический шотт Эль-Феджадж открывается к заливу Габес (Малый Сирт) Средиземного моря узким линейным понижением или порогом Удрэф с абс. высотами 45–77 м. Последний некоторыми французскими исследователями XIX в. рассматривался в качестве пролива, соединявшего Средиземное море с впадиной алжиро-туниских шоттов. В качестве доказательств приводились: обнаружение раковин *Cardium* и остатков мифического античного корабля на бортах шоттов, что не подтвердилось последующими исследованиями [Оудзоу, 1989; Чичагов, 2006].

Сопоставление голоценовых событий района туниских шоттов и других аридных равнин Северной Африки. Как отмечено выше, в голоцене природные условия в Северной Африке становятся аридными. Результаты проведенного К.С. Свици [1999, 2001] обобщения большого массива данных многих исследователей, датировавших голоценовые отложения внутриконтинентальных областей Северной Африки, позволили выделить

Шотт Эль-Гарса, Тунис		Аридные эпизоды Марокко	Аридные периоды Сахары
Эпизоды эоловой аккумуляции	Предполагаемое положение уровня грунтовых вод		

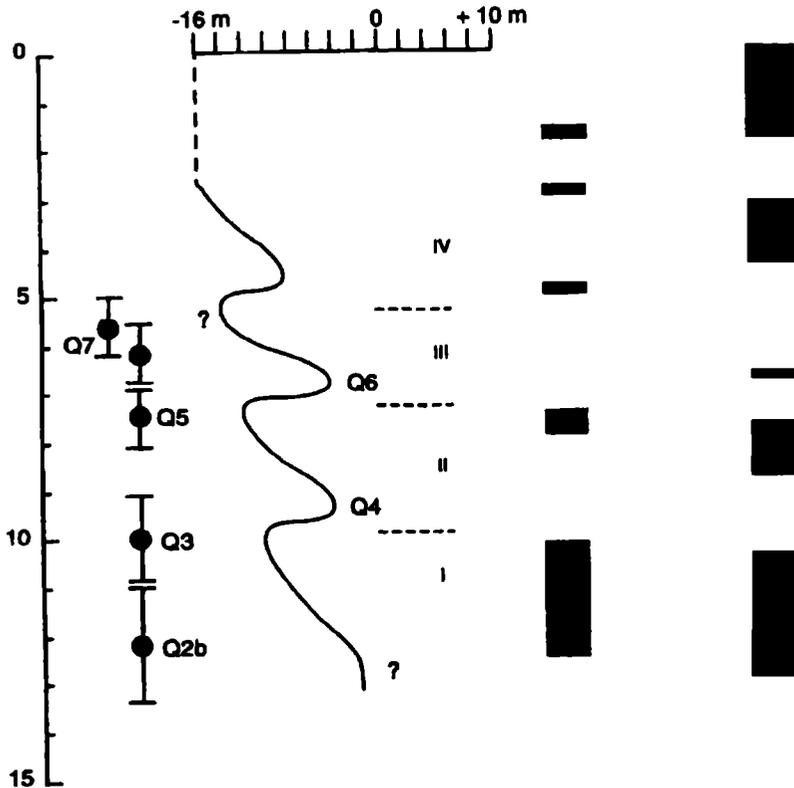


Рис. 1. Схема сопоставления эпизодов эоловой аккумуляции шотта Эль-Гарса в Южном Тунисе и Марокко с аридными периодами Сахары. По С.К. Свизи (1999). Схематизировано

здесь две провинции эолового рельефообразования в голоцене: северную и южную, разделенные рубежом 24-ой параллели с.ш.

В южной провинции, расположенной южнее 24° с.ш. и объединяющей пустыни Марокко, Мали, Нигера, Чад и Судана, эоловые пески впервые появляются около 15.5 тыс. л.н. в отдельных районах Нигера и Чад. На уровне ~11.2 тыс. л.н. они пользуются трансконтинентальным развитием; 10 тыс. л.н. — отмечены лишь в Марокко и Мали, а ~3.6 тыс. л.н. — в Нигере. ~3 тыс. л.н. эпизоды формирования песчаных эоловых отложений зафиксированы в отдельных районах Нигера, Чад и Судана; ~2 тыс.л.н. — в Мали. 1–0,7 тыс. л.н. эоловые песчаные отложения снова имели трансконтинентальное развитие, сформировавшись во многих районах Марокко, Мали, Нигера, Чад и Судана.

В северной провинции Северной Африки (севернее 24° с.ш.), включающей пустыни Марокко, Алжира, Туниса и Египта, история голоценового песчаного осадконакопления была существенно

иной. Около 15.2 тыс. л.н. в аридных областях Туниса формировались лессовидные отложения, по кровле которых в интервале 15–14 тыс. л.н. были созданы покровы палеопочв. ~11.6 тыс. л.н. эоловые пески отмечены в районах всех стран северной провинции; ~7.6 тыс.л.н. — лишь в одном районе Туниса, а 2 тыс.л.н. — в большинстве районов Марокко и Египта. Другим принципиальным отличием голоценовых отложений северной провинции является присутствие озерных осадков в трех областях Южного Туниса около 9 и 7 тыс. л.н.

Данные правой колонки рис. 1 позволяют судить о том, аридные периоды в истории Сахары продолжительностью в 13 тыс. л. занимают значительный — 56% — отрезок этого времени. Пространственный анализ аридных районов Средиземноморья показывает, что в настоящее время иссушающее влияние Сахары распространяется на отдельные территории Южной Европы. Автор наблюдал пустынные, экстрааридные ландшафты сахарского типа на юго-восточном побережье Пи-

ренейского полуострова. Аридные равнины в отдельных районах Марокко и Алжира выходят на морское побережье. Как далеко на север транслируется иссушающее климатическое воздействие песчаной пустыни Большого Восточного Эрга?

Пойменная равнина р. Меджерды на северо-восточной окраине Атласской горной системы. Выше было рассмотрено региональное распространение эоловых голоценовых отложений в Северной Африке. Интерес представляют результаты сопоставления возраста и генезиса приведенных выше голоценовых событий аридной северной окраины Большого Восточного Эрга с голоценовой историей центральной части долины р. Меджерды в пределах дренируемой ей межгорной семиаридной флювиальной равнины. Детальными исследованиями Д.Фауста, К.Цильхофера, Ф. Диас дель Олмо и Р.Б. Эскудеро [2005] была восстановлена флювиальная летопись геоморфологических изменений в Северном Тунисе в позднем плейстоцене и голоцене, получены данные, позволяющие ответить на вопрос о роли глобальных, региональных и местных климатических факторов в этих изменениях. Было изучено 20 репрезентативных разрезов отложений, отличавшихся хорошо выраженной горизонтальной слоистостью, с палеопочвами. Результаты полевых исследований и изучения гранулометрии, органического вещества, CaCO_3 , глинистой и илистой фракций, тяжелых минералов и изучение шлифов – все это позволило выделить 5 главных стратиграфических серий. Было выполнено примерно 60 AMS датировок, позволивших установить поздне-четвертичный возраст осадков. В семи горизонтах датировались образцы древесного угля из остатков очагов и культурных слоев археологических объектов, что позволяет судить о залегании датированного материала *in situ* с возрастными 13,4; 12,3, 11,8; 6,1; 4,7; 4,6; 2,8 и 1,8 тыс лет ВР. Одновременно проводились магнитометрические измерения. Построенные кривые значений магнитного наклона и склонения обнаружили значительное сходство с кривыми вековых вариаций, полученных на расположенной в том же секторе Средиземного моря Сицилии [Tanguy et al., 2003], что позволило использовать их как источник хронологической информации в эволюции изучавшихся осадков.

В основании сводного разреза залегает полноразвитая красноцветная почва, которая сформировалась на пойменных осадках, с радиоуглеродным возрастом по раковинам моллюсков около 42,8 тыс.л.н. (н/кал¹). Красноцветная почва перекрыта тонкими (илисто-глинистыми) осад-

ками примерно 13,5 тыс.л.н. (кал.²). Ее накопление продолжалось до 12,6 тыс.л.н. (кал), в условиях климата, близкого к современному, на что указывают макроостатки растений, отобранные из датированного культурного слоя (очаг). Молодой дриас здесь начался 12,4 тыс.л.н. (кал) и закончился около 11,8 тыс.л.н. (кал). Этот интервал ознаменовался накоплением грубообломочных отложений и галечников. С начала голоцена (11,8 тыс.л.н. (кал)) происходит аккумуляция тонкого материала, продолжавшаяся до 6,6 тыс.л.н. (кал). Это был длительный период геоморфологической стабильности, хотя около 8,2 тыс.л.н. (кал) скорость осадконакопления несколько возрастала. 6,6 тыс.л.н. (кал) период стабильности резко сменяется накоплением более грубого материала. Последующий период характеризовался аккумуляцией тонкообломочных осадков на большей части поймы, в пределах которой образовалась хорошо выраженная палеопочва, отмечающая эпизод стабильности в среднем голоцене.

Около 4,8 тыс.л.н. (кал) среднеголоценовая почва была погребена под плохо сортированными осадками, что указывает на активизацию морфодинамических процессов. Позднее состав осадков становится постепенно более тонким, вплоть до пунического времени. После 3,0 тыс.л.н. (кал) на короткое время снова возобновляются активные процессы рельефообразования. Накопление песчаного материала заканчивается около 2,7 тыс.л.н. (кал). Приблизительно 2,0 тыс.л.н. (кал) отмечается переход к морфодинамической стабильности и развитию почвообразования. Отчетливо выраженное возобновление флювиальной динамики приходится на 1,7 тыс.л.н. (кал). В это время заканчивается стабильный в морфодинамическом отношении пунический или римский период и большая часть палеопочв перекрывается осадками более грубого состава («пост-романского кризиса»). В отдельных случаях слои с возрастом 1,2–0,8 тыс.л.н. (кал), обогащены гумусом, что свидетельствует о кратковременном этапе почвообразования. После 0,8 тыс. л.н. течение Меджерды становится более спокойным и отлагается исключительно тонкий материал. В кровле разреза отмечены следы гумификации. 0,4 тыс.л.н. (кал) (дата по очажным углям) во всем бассейне р. Меджерда отмечены опустошительные наводнения, оставившие толстый слой слоистых отложений, известных под названием «самых молодых слоев».

Аридные условия восстановлены в трех эпизодах: 6,6–6,0, 4,7 (коллапс) и 3,0–2,7 тыс. л. н.

¹н/кал – некалиброванные даты

²кал – калиброванные даты

Заключение. I. Большой Восточный Эрг – песчаная экстрааридная пустыня была сформирована на протяжении голоцена в аридных условиях с двумя эпизодами развития озер в раннем голоцене. Ее созданию предшествовала засушливая – аридная и/или семиаридная равнина, которая 70–40 тыс л.н. начала разрезываться и дала материал для палеопочв поднятия Ксур. В голоценовой истории формирования Эрга выделяются ранний этап естественной эволюции природной среды, золотого рельефа и формирования континентальных отложений и постепенно сменивший его – природно-антропогенный. В антропогенной эволюции различаются несколько этапов наиболее интенсивного преобразования человеком северной части Эрга, из которых наиболее разрушительными были эпоха Римской империи и колониальная эпоха. Северная часть песчаной пустыни Большого Восточного Эрга была сформирована антропогенной деятельностью большей частью в пределах исходных ландшафтов сухих степей.

II. Влияние аридных условий северной окраины Сахары на протяжении голоцена ограничивалось южной частью современного Туниса и отражалось в усилении опустынивания его центральных районов – Сахеля. Детальные морфостратиграфические полевые исследования, палеомагнитные данные и радиоуглеродные датировки позволили реконструировать историю флювиальных процессов в Северном Тунисе с высокой точностью – в масштабе столетий – и создать кривую средней скорости седиментации. Выявленные изменения структуры осадков, скоростей их накопления и положения в полученной стратиграфической шкале пойменных отложений р. Меджерды эпизодов почвообразования служат надежными индикаторами кратковременных изменений флювиальной динамики в течение позднего плейстоцена и голоцена. Семиаридные территории северной окраины Африки, расположенные в бассейне единственной реки Меджерды, формировались в условиях преобладания флювиальных процессов.

Аридизация здесь отмечена в двух коротких эпизодах среднего и позднего голоцена. Речная система Меджерды, расположенная в семиаридных и субгумидных районах Средиземноморья, чутко реагировала на изменения климата. Наибольшее влияние, по-видимому, оказывали не колебания температур, а изменения увлажнения; рельефообразующие процессы в субтропиках реагируют в основном на аридизацию климата. Выяснилось, что изменения динамики флювиальных процессов в течение позднего плейстоцена – раннего голоцена могут быть отнесены на счет глобальных кли-

матических сдвигов. Климатические изменения, являющиеся следствием сдвигов в глубоководных областях Северной Атлантики, по-видимому, также нашли отражение в центральной части Средиземноморья.

В течение раннего-среднего голоцена крупные изменения флювиальной динамики в бассейне р. Меджерда коррелировали с изменениями климата Сахары. Короткий эпизод особенно интенсивной аридизации в Сахаре около 5 тыс.л.н. соответствует «коллапсу» в системе р. Меджерда, датированному 4,7 тыс.л.н. И наоборот, наблюдающийся в глобальном масштабе ~8,2 тыс.л.н. ранне-среднеголоценовый аридный эпизод не выражен в пойменных осадках. В разрезах пойменных отложений фиксируется возросшая активность флювиальных процессов около 6,6–6,0 тыс.л.н. По другим палеоклиматическим показателям это событие отчетливо не регистрируется. Это позволяет предполагать здесь возможность существенных изменений в степени аридности, даже на региональном или локальном уровне.

Сопоставление скоростей седиментации в бассейне р. Меджерда в среднем-позднем голоцене с кривой гематита [Bond et al., 2001] выявляет параллельный ход позднеголоценового похолодания в Северной Атлантике и возрастания скорости аллювиального осадконакопления в средиземноморской части Туниса. Кратковременные периоды активизации геоморфологических процессов в Северном Тунисе хорошо соответствуют событиям, описанным Бондом в Северной Атлантике [Bond et al., 2001]. Выявленная закономерность позволяет установить климатическую зависимость событий, начиная с коллапса 4,7 тыс.л.н. и по сей день. В течение последних 2 тыс. лет климатические оптимумы способствовали стабильности ландшафтов, невзирая на интенсивность землепользования. Выяснилось, что динамика флювиальных процессов в позднем голоцене в Северном Тунисе в основном определялась климатом. Самое большее, в чем выражалось антропогенное воздействие, – это усиление или ослабление экзогенных процессов [Faust et al. 2004].

III. В дополнение к выше приведенным данным значительный интерес представляют новые палеогеографические материалы, полученные по данным ледникового района Килиманджаро [Михаленко, 2007]. Ледовая толща содержит запись о трех резких климатических изменениях в этом регионе: ~8.3, 5.2 и 4 тыс. л.н. Первое событие выразилось в локальном похолодании, вызвавшем наступание ледников. Второе событие также заключается в похолодании и, несмотря на непродолжительность – оно длилось всего

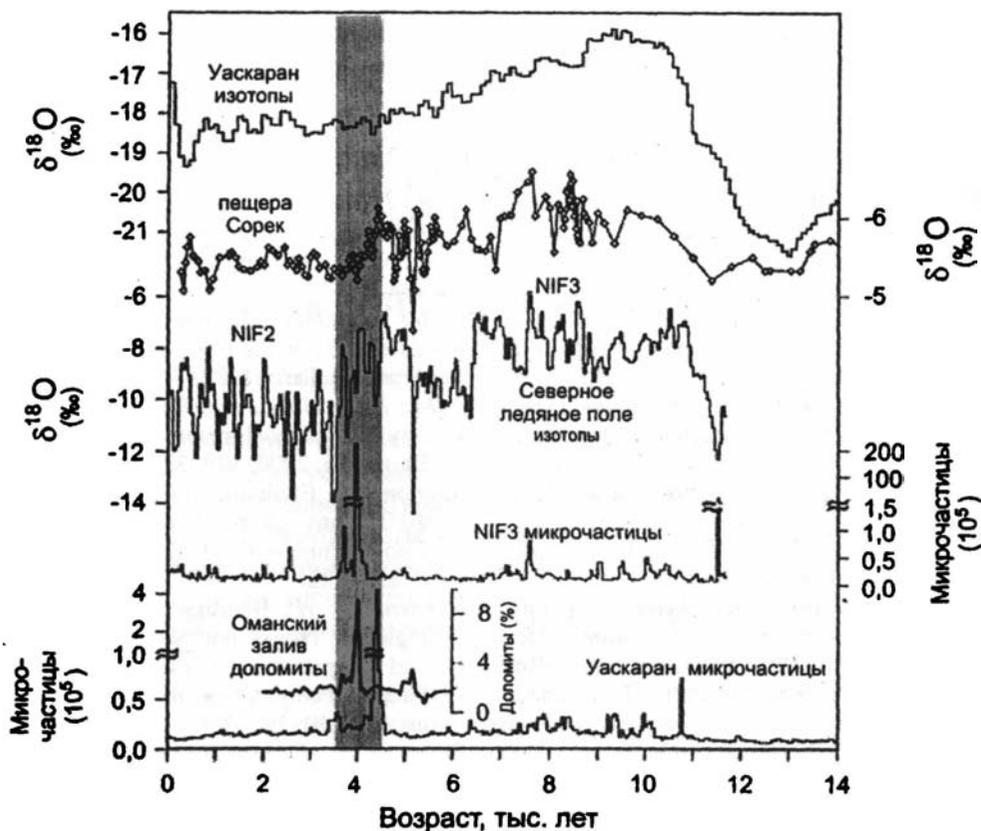


Рис. 2. Содержание с осреднением 50 лет изотопов кислорода ($\delta^{18}\text{O}$) и микрочастиц в кернах льда (NIF1 и NIF2) с Северного ледяного поля г. Килиманджаро в сравнении с другими палеоклиматическими данными (объяснения в тексте)

Изотопный состав ($\delta^{18}\text{O}$) и концентрация микрочастиц в керне ледника Уаскаран, Перу, представлена с осреднением 50 лет. Размер всех рассматриваемых микрочастиц – от 0,63 до 16,0 мкм на 1 мл образца. Зона, выделенная серым цветом, маркирует период продолжительных засух в Африке, на Ближнем Востоке и в Западной Азии (по [Thompson et al., 2002])

1000 лет, – совпало по времени со «вторым влажным периодом» в Африке (6.5–4.5 тыс. л.н.), когда отмечались более влажные условия, чем в настоящее время, но более засушливые, чем во влажный период раннего голоцена [Nicholson, Flohn, 1980]. Важным является то, что это похолодание имело глобальный характер (рис. 2), проявилось и на африканском континенте и в Восточном Средиземноморье.

Третье событие – время экстремальных продолжительных засух зафиксировано на уровне 4 тыс. л.н. в виде видимого прослоя загрязнения в теле ледника мощностью 30 мм. Обширные длительные засухи в тот период охватывали как северные и тропические регионы Африки, так и Ближний Восток и западные регионы Азии [Gasse, Van Campo, 1994; Pahur, Hoelzman, 2000]. Резкое увеличение содержания терригенного материала отмечается в кернах глубоководного бурения в Оманском заливе [Cullen et al, 2000]. Ледники и озерные бассейны в это время резко сократили свои размеры. Иссушение продолжалось

около 300 лет и было столь интенсивным, что могло вызвать распад древних цивилизаций, исчезнувших 4 тыс. лет назад [Dafles et al., 1997].

В античную эпоху, судя по многочисленным историческим материалам, включая библейские тексты и древние карты [Миллер, 1919], и различным климатическим индикаторам [Клименко, 2004], в середине I тысячелетия до н.э. произошло сильное глобальное похолодание, резко усилилась ветровая деятельность, судя по пикам содержания терригенного материала в ледниках различных ледниковых регионов.

На основании приведенных данных можно судить о значительной меридиональной климатической изменчивости в Северной Африке на протяжении голоцена, о дифференциации природной среды на аридные с экстрааридными сахарскими и семиаридными атласскими регионами. Иссушающее влияние Сахары в равнинных районах (Алжир, Марокко) распространялось до морского побережья, в других (Тунис) ограничивалось предгорьями Атласской горной системы. Ши-

ротная изменчивость в регионе, по-видимому, была выражена менее четко (рис. 1).

Работа выполнена в рамках научной программы проекта РФФИ 06-05-64559

Литература

- Любимцева Е.Ю. Лёссовые породы Африки. Лёссовые породы плато Матмата // Лёссовый покров Земли и его свойства. М.: Изд-во МГУ, 2001. С. 123–133.
- Клименко В.В. Климат средневековой теплой эпохи в Северном полушарии. М.: Изд-во МЭИ. 2004. 88 с.
- Чичагов В.П. Поднятие Ксур в Северной Африке // Геоморфология. 2005. № 4. С. 86–96.
- Чичагов В.П. Антропогенные аридные равнины Туниса // География и природные ресурсы. 2006. № 3. С. 121–132.
- Чичагов В.П. Аридные равнины северо-запада Африки // Геоморфология 2007. № 4. С. 68–80.
- A Study of Global San Seas // Geol. Survey Prof. Paper. 1052. Washington. 1979. 429 p.
- Bond, G.C., Kromer, B., Beer, J., Muscheler, R., Evans, M.N., Showers, W., Hoffmann, S., Loni-BoND, R., Haidas I. and Bonani, G., 2001: Persistent solar influence on north Atlantic climate during the Holocene // Science. 294. 2130–2136.
- Cullen H.M., DeMenocal P.B., Hemming S., Hemming G. Climate change and collapse of the Akkadien empire evidence from the deep sea // Geology. 2000. Vol. 28. 4. P. 379–382.
- Dalfes H.N., Kukla G., Weiss H. Third Millenium BC Climate Change and Old World Collapse (NATO ASI Series). Berlin: Springer. 1997. Vol. 149. 728 p.
- Fausm, D., Zieifwer, C, Baena, R. and Diaz del Olmo, F., 2004: High resolution fluvial record of late Holocene geomorphic change in northern Tunisia: climatic or human impact? // Quaternary Science Reviews.
- Faust D., Zielhofer C., Diaz del Olmo F., R. B. Escudero R.B. Global, Regional, or Local Climatic causes // Pages new. 2005. Vol. 13. 1. Pp. 76–89.
- Gasse F., Van Campo E. Abrupt post-glacial climate events in the West Asia and North Africa monsoon domains // Earth and Planet. Sci. Letters. 1994. vol. 126. 4. P. 435–456.
- Lamb H.F., van der Kraas S. Vegetational response to Holocene climatic change // Holocene. 1995. 5. Pp. 400–408.
- Lamb H.F., Gasse H.N., van der Kraas S. et al. Relation between century-scale Yolocene arid intervals in tropical and temperate zones // Nature. 1995. 373. 134–137.
- Miller K. Itineraria Romana. Stuttgart. 1916. 816 p.
- Oueddou H.B. On the Hypothesis of the Saharian sea // C.R. Acad. Sci. Paris. 1989. T. 308. Serie II. P. 767–772.
- Pahur H.-J., Hoelzmann P. Late Quarternary palaeoecology and palaeoclimates of the eastern Sahara // J. Afr. Earth. Sci. 2000. Vol. 30. P. 929–939.
- Rognon S.Z. Evolution du relief et paleoclimats depuis 40 000 ans sur bordure nord du Sahara // Rev. De Geogr. Phis. et Geol. Dynamiq. 1976. Vol. 203 (18). P. 251–282.
- Rohdenburg, H., Beitrage zur allgemeinen Geomorphologie der Tropen und Subtropen. Geomorphodynamik und Vegetation - Klimazyklische Sedimentation-Panplan/Pediplain-Pediment-Terrassentreppen // Cate-na, 1983.10: 393–438.
- Swezey C.K. Structural controls on Quaternary depocenters within the Chotts Trough region in southern Tunisia // Journal of African Earth Sci. 1996. 22. P. 335–347.
- Swezey C.K., Lancaster N., Kocurec G. et al. Response of Aeolian systems to Holocene climatic and hydrologic changes on the northern margin of the Sahara // Holocene. 1999. 9.2. Pp. 141–147.
- Swezey C.K. Eolian sediment responses to late Quaternary climate changes // Palaeogeography, Palaeoclimatology, palaeoecology, 2001. 167. Pp. 119–155.
- Tanguy, J.-C, Le Goff, M., Principe, C, Arrighi, S., Chill-emi, V., Paiouii, A., La Delfa, S. and Patane, G. Archeomagnetic dating of the Mediterranean volcanics of the last 2100 years: validity and limits // Earth and Planetary Science Letters. 2003. 211. Pp. 111–124.
- Thompson L.G., Yao T., Mosley-Thompson E., Davis M.E., Henderson K.A., Lin P.-N. A high-resolution millennial record of the South Asian monsoon from Himalayan ice cores // Science. 2002. Vol. 289. P. 1916–1919.