

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/343227711>

AEOLIAN SANDS IN NORTH AFRICA AND THE SOUTHWEST OF THE ARABIAN PENINSULA

Article in *Proceedings of higher educational establishments Geology and Exploration* · July 2020

DOI: 10.32454/0016-7762-2020-63-1-63-74

CITATIONS

0

READS

18

4 authors, including:



E. V. Rakhimova

2 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



E. O. Dernova

Russian Academy of Sciences

2 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Abdelhalim Shokry Mahmoud

Fayoum University

9 PUBLICATIONS 3 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Reconstruction of paleovolcanic structures and mineral exploration [View project](#)

ЭОЛОВЫЕ ПЕСКИ СЕВЕРНОЙ АФРИКИ И ЮГО-ЗАПАДА АРАВИЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА (ОАЭ)

Е.В. РАХИМОВА^{1,*}, А.К. НАРАВАС¹, Е.О. ДЕРНОВА², А.Ш. МАХМУД^{1,3}

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

² Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН)
13, стр. 2, Уланский переулок, г. Москва 101000, Россия

³ Университет Файюма
Аль-Файюм 63514, Египет

АННОТАЦИЯ

Введение. Большинство пустынь мира образовалось в пределах древнеаллювиальных речных, дельтовых и озерных долин, побережий. Материал, переносимый ветром на многие сотни и тысячи километров, примешивается к осадкам разных генетических типов, поэтому распознавание эоловой обстановки затруднено, что также связано со схожестью физической сущности ветрового и водного переноса осадка.

Цель исследования. Авторы, используя инновационные методы исследований, ставили перед собой несколько целей: дать качественную структурную характеристику песков; выявить и охарактеризовать факторы, способствующие образованию и сохранению железистой пленки на зернах; установить генезис перевеваемых отложений, а также связь с материнскими породами.

Материалы и методы. Авторами были отобраны и изучены современные эоловые отложения трех пустынь: Руб-эль-Хали (Объединенные Арабские Эмираты), Нубийская (Египет) и Большой Западный Эрг (Алжир). При исследованиях использовался гранулометрический анализ, позволяющий характеризовать трехмерное тело тремя параметрами (длиной, шириной, толщиной); рентгеноструктурный анализ с регистрацией дифрактограмм на дифрактометре ARL X'tra (Швейцария); также пробы изучались под биноклем в отраженном свете и в электронном микроскопе.

Результаты. В результате исследований был получен минеральный состав, построены графики зависимости (гистограммы) распределения размеров зерен кварца как самого распространенного минерала песков по размерам и частотам встречаемости, проанализирована форма и характер поверхности зерен.

Заключение. По результатам исследований были сделаны выводы о причинах матовости зерен, что она может зависеть от наличия кальцитовая пленки на зернах, а не только от микротрещиноватости как наиболее распространенного признака ветрового переноса; о факторах, способствующих формированию и сохранению железистой пленки (пустынный загар); об условиях формирования эоловых песков, установлен генезис перевеваемых отложений.

Ключевые слова: пустыни, эоловые отложения, гранулометрический анализ, кварц, кальцитовая пленка, оксиды железа

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Рахимова Е.В., Наравас А.К., Дернова Е.О., Махмуд А.Ш. Эоловые пески Северной Африки и юго-запада Аравийского полуострова (ОАЭ). *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2020;63(1):63—74. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2020-63-1-63-74>

* Автор, ответственный за переписку

AEOLIAN SANDS IN NORTH AFRICA AND THE SOUTHWEST OF THE ARABIAN PENINSULA

ELENA V. RAKHIMOVA^{1,*}, ANTON K. NARAVAS¹, ELENA O. DERNOVA², ABDELHALIM S. MAHMOUD^{1,3}

¹ Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

² Sergeev institute of environmental geoscience RAN (IEG RAS)
13/2, Ulansky lane, Moscow 101000, Russia

³ Department, Faculty of Science, Fayoum University
Fayoum City 63514, Egypt

ABSTRACT

Background. The majority of the world's deserts were formed within the valleys and coasts of ancient alluvial rivers and lakes. The material carried across many hundreds and thousands of kilometres by the wind was mixing with sediments of various genetic types. In addition, due to the similar physical nature of the wind and water transport of sediments, the recognition of the aeolian environment can be problematic.

Aim. Using innovative research approaches, to provide a qualitative structural description of sands; to identify and characterize factors contributing to the formation and preservation of a ferruginous film on grains; to establish the genesis of the transferred sediments, as well as the relationship with the parent rocks.

Materials and methods. Samples for analysis were collected from aeolian deposits in three deserts: Rub al Khali (United Arab Emirates), Nubian desert (Egypt) and Grand Erg Oriental (Algeria). Particle size analysis was used to characterize samples in terms of three parameters (length, width, thickness). X-ray diffraction analysis was carried out using an ARL X'tra diffractometer (Switzerland). The collected samples were also studied using a binocular microscope in reflected light and a scanning electron microscope.

Results. The mineral composition of the sands under study was examined. The graphs (histograms) of the size distribution of quartz grains (being the most common sand mineral in terms of size and frequency of occurrence) were plotted. The shape and nature of the grain surface were analysed.

Conclusion. The frosting on aeolian sand grains can result not only from micro-cracking as the most common sign of wind transfer, but also from the presence of a calcite film on grains. Factors contributing to the formation and preservation of a ferruginous film (desert varnish) were identified. The conditions for the formation of aeolian sands, as well as the genesis of such sand sediments, were established.

Keywords: deserts, eolian deposits, particle size analysis, quartz, calcite film, iron oxides

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure: no financial support was provided for this study.

For citation: Rakhimova E.V., Naravas A.K., Dernova E.O., Mahmoud A.S. Aeolian sands in North Africa and the Southwest of the Arabian Peninsula. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2020;63(1):63—74. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2020-63-1-63-74>

* Corresponding author

Фактический материал

В качестве объекта исследований рассматриваются золотые пески Сахары: Нубийской пустыни (Египет), Большой Западный Эрг (Алжир) и пустыни Руб-эль-Хали (ОАЭ) (рис. 1). Образцы были отобраны авторами, за исключением образца из пустыни Большой Западный Эрг, который любезно предоставил А.В. Сурков.

Методики исследований

При изучении песков использовался гранулометрический анализ, являющийся частью грануломинералогического анализа, разработанного А.В. Сурковым [6].

Гранулометрический анализ заключается в выделении из породы песчаной компоненты (0,05—2,5 мм) с последующим измерением номинеральных фракций минералов. Необходимая навеска для проведения анализа составляет 50—70 г. Измерения проводятся по трем осям: ось А — длина зерна, ось В — ширина зерна, ось С — толщина зерна в отраженном свете под бинокляром. Точность измерений — до $\pm 0,01$ мм. Необходимо все измерения вести при одном и том же увеличении и соблюдать правило: $A \geq B \geq C$. По результатам измерений строятся гистограммы распределения минералов по размерам и частотам встречаемости.

Каждый генетический тип отложений характеризуется определенным спектром размеров и типом гистограммы [3]. Спектр размеров — это

диапазон значений размеров обломочных частиц от минимального до максимального по соответствующей оси. Он может быть непрерывным в интервале спектра и прерывистым (размер перерыва больше 0,02 мм). Ширина спектра размеров и интервалы непрерывности характеризуют степень сортировки обломочных частиц.

В отличие от общепринятой методики гранулометрического анализа предлагаемая методика позволяет: 1 — трехмерное тело (зерно, минерал) характеризовать тремя параметрами (длина, ширина, толщина частицы), а не одним (средний диаметр частиц), как при проведении стандартного гранулометрического анализа; 2 — анализировать ассоциацию минералов, их дифференциацию по размерам и плотности, что при стандартном минералогическом анализе сделать невозможно, так как каждый минеральный вид изучается в отдельности.

При рентгеноструктурном анализе регистрация дифрактограмм осуществлялась на дифрактометре ARL X'tra (Швейцария). Образец для исследования измельчался в агатовой ступке, затем добавлялся этиловый спирт. Полученная масса наносилась на кремниевую подложку.

Для качественного фазового анализа использовалась база данных ICDD PDF-2. Анализ проводился в ручном режиме и/или с использованием ПО Oxford Crystallographica. Качественный рентгенофазовый анализ по методу Ритвельда проводился с использованием ПО Siroquant Sietronics Pty Ltd.

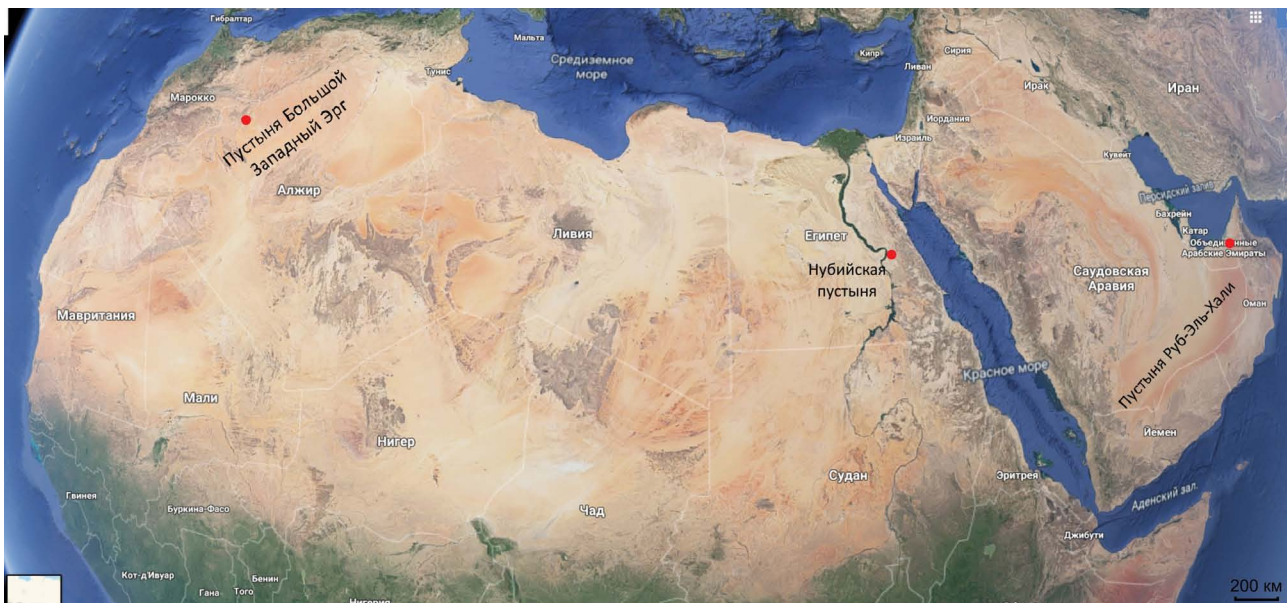


Рис. 1. Обзорная схема
Fig. 1. Overview scheme

Результаты исследований

Пустыня Руб-эль-Хали. Песчаная пустыня Руб-эль-Хали — одна из крупнейших равнинных песчаных пустынь мира площадью свыше 650 000 км² [1, 2]. Осадки в этой пустыне могут не выпадать более пяти лет, в среднем менее 35 мм в год, температура летом до +52 °С, а зимой выше +30 °С.

Пустыня занимает обширную синеклизу Руб-эль-Хали на юге Аравийского полуострова между Среднеаравийским плато и поясом краевых гор на юге Аравии и горной цепью Эль-Асир. Максимальная высота 500 м над уровнем моря, к востоку постепенно снижается до 100 м и переходит в обширные приморские солончаки. Дюны песка могут достигать высоты 250 м.

Песчаные отложения пустыни перекрывают коренные эоценовые и меловые породы, часто сочетаются с участками галечниковых отложений (регами) [1]. Важным элементом рельефа являются сухие русла (вади), в которых формируется, как правило, подрусловой водоток, имеющий большое значение для водоснабжения.

Проба песков отобрана на территории Дубай (ОАЭ), в 50 км от Персидского залива. Пески темно-бежевого цвета. По результатам рентгенофазового анализа пески (рис. 2а) состоят из кварца (43,1%), кальцита (42,3%), альбита (7,8%), анортита (2,2%), доломита (1,9%), ортоклаза (1,7%), биотита (0,7%), анкерита (0,4%), единичных амфиболов. Кальцит, доломит и анкерит являются гипергенными. Магнитная фракция составляет 1%, электромагнитная — 1%, немагнитная — 98%. При визуальном изучении в магнитной и электромагнитной фракциях устанавливается магнетит, ильменит и лейкоксен (по ильмениту).

Кварц желтого (разные оттенки) и рыжего цветов, преимущественно с матовой поверхностью, реже бесцветный прозрачный с блестящей и матовой поверхностью. Размер зерен до 0,6—0,7 мм, максимум 0,8 мм. По степени окатанности кварц имеет совершенно окатанную и окатанную, редко угловато-окатанную форму, неокатанную, что характерно для зерен размером меньше 0,05 мм. Форма выделения преимущественно уплощенная, сферическая, реже неправильно изометричная.

Разнообразие оттенков красного цвета связано с пленками окиси железа на поверхности многих зерен. Это явление известно как пустынный загар. При микроскопическом изучении в отраженном свете (рис. 2б) видно, что неровности в поверхности зерен заполнены окислами железа, что хо-

рошо заметно на прозрачных разностях. На снимках, выполненных под электронным микроскопом (рис. 2в), видно, что часть пустот на поверхности заполнены окислами железа (светлые яркие точки), а часть остается пустыми. Также встречаются зерна, которые полностью покрыты железистой пленкой. Пустынный загар характерен для обломков размером больше 0,1 мм.

Интенсивность и сохранение пустынного загара изучали в разные годы советские [1, 5] и зарубежные исследователи [8—12]. Покраснение сопровождается старением первично осажденного оксида железа, т.е. переход лимонита, гетита в гематит. Наличие неустойчивых железосодержащих минералов в перевеваемых отложениях, которые при взаимодействии с водой (роса, дожди и т.п.) разлагаются и освобождают железо, осаждаемое в виде лимонита на поверхности зерен или отдельных агрегатов, способствует покраснению. В аридных зонах мало органического вещества, и его не хватает для редукции окислов железа. Лимонит будет лучше сохраняться в углублениях на поверхности зерен, где защищен от истирания, поэтому более красными будут зерна мелкие, так как они медленнее окатываются, чем крупные, а значит, лучше сохраняют первичную поверхность. Также на скорость покраснения влияет наличие воды, способствующее химическому гидролизу железосодержащих минералов; формированию глинистой пленки на зернах за счет смачиваемости поверхности с последующим прилипанием глинистого материала. На все процессы требуется время, которое также является важным фактором, влияющим на покраснение.

Отличительной особенностью песков этой пробы является большое содержание кальцита. Почти все зерна размером 0,25—0,80 мм имеют матовую поверхность и хорошо окатанны (рис. 2г). При рассмотрении поверхности на ультрауровне, после притравливания образцов соляной кислотой, выяснилось, что многие зерна одеты в кальцитовую «рубашку» (пленку) (рис. 2д). После удаления кальцита оказалось, что часть зерен также покрыта железистой пленкой (рис. 2е).

Содержание кальцита более 10% и засоление карбонатом кальция, гипсом, является характернейшим признаком аридных терригенных отложений [5]. Возникает в зоне, отвечающей обычно зоне капиллярного поднятия грунтовых вод. Под влиянием инсоляции и высокой температуры вода с поверхности водного зеркала постоянно испаряется, что ведет к осолонению вод с последующей садкой из них минералов. Возможно,

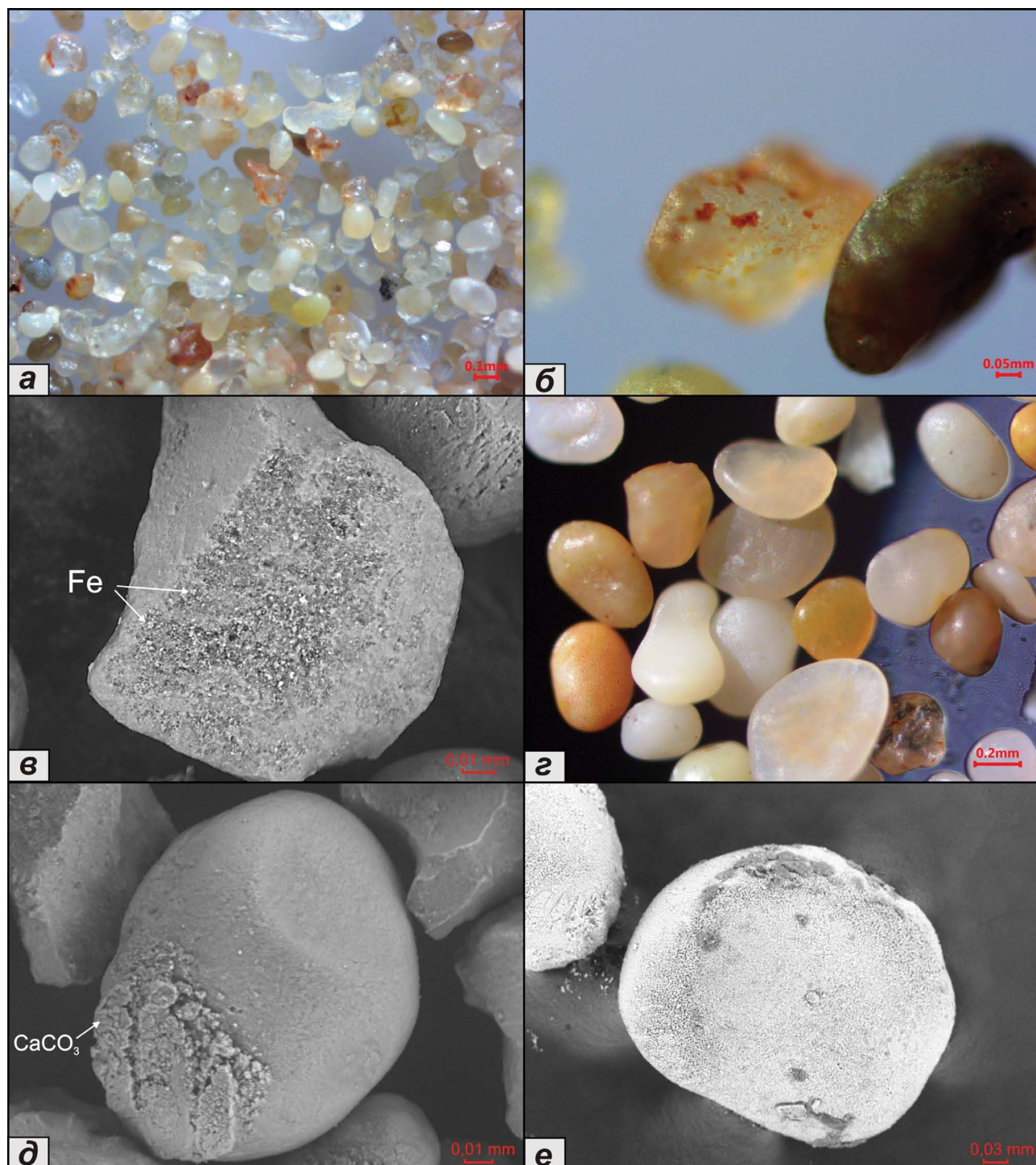


Рис. 2. Песок пустыни Руб-эль-Хали: а — зерна кварца; окислы железа (светлое), выполняющие неровности в поверхности зерна кварца; б — под бинокулярным микроскопом; в — под электронным микроскопом; г — кварц с матовой поверхностью зерен; д — кристаллы кальцита на поверхности зерна кварца (после притравливания соляной кислотой); е — железистая пленка (светлое) на зерне кварца

Fig. 2. Sand of Rub al Khali: а — quartz grains with iron oxides (light) exhibiting irregularities in the surface of the quartz grain; б — under a binocular microscope; в — under an electron microscope; г — quartz with a matte grain surface; д — calcite crystals on the surface of quartz grains (after etching with hydrochloric acid); е — ferrous film (light) on quartz grain

это является и результатом деятельности кальцие-микробов.

При применении гранулометрического анализа было измерено 152 зерна кварца (456 измерений), построены графики (гистограммы) зависимости распределения размеров частиц от частоты встречаемости (рис. 3а). Спектр размеров по оси А — 0,12—0,80 мм, по оси В — 0,07—0,61 мм, по оси С — 0,05—0,41 мм. Спектр размеров прерывистый в правой части гистограмм по осям А и В, по оси С непрерывный, с единственным отскоком. Максимумы частот встречаемости в интервалах непрерывности наиболее выражены по оси С, по другим видно обособление нескольких интервалов; максимумы достаточно близко расположены друг к другу. Такое распределение внутри спектров характерно для аллювиальных отложений. Сближенное расположение максимумов частот встречаемости свидетельствует о совершенной сортировке зерен. По оси С спектр размеров совпадает с интервалом непрерывности, частоты встречаемости распределяются закономерно — плавно возрастая и убывая, что характерно для золотых отложений. Таким образом, анализ гистограмм, формы зерен позволяет сделать вывод о том, что эти золотые отложения первоначально были сформированы русловыми потоками и впоследствии перевеяны.

Нубийская пустыня. Пустыня расположена в северо-восточной части Северной Африки между средним течением Нила и Красным морем [1]. Атмосферные осадки редки и только в зимний период в виде кратковременных ливней, образующих мощные селевые потоки. Температура в летнее время днем +50 °С, а ночью +30 °С. В зимнее время температура от +35 °С днем до 0 °С ночью. Характерны сильные ветры, в основном северо-западного направления.

Пустыня расположена на Нубийско-Аравийском щите, ступенчато понижающемся с востока на запад от 350 до 100 м, с многочисленными горами и массивами. На востоке обнажаются древние кристаллические породы верхнего протерозоя, в основном формации Митик (кварц-мусковит-гранатовые гнейсы, амфиболиты и т.п.) и сохранившиеся местами континентальные меловые отложения (нубийские песчаники); на западе перекрыты дюнными грядами. Встречаются участки каменистых и песчано-галечных гамад (каменистые пустыни). Плато густо расчленено вади (сухие русла), отходящими системно субширотно от водораздельного хребта, разграничивающего Красноморский и Нильский водосборные бассейны, выполненные

неоген-четвертичными обломочными отложениями и четвертичными золотыми песками.

Песок для пробы был отобран в центральной части вади, в 130 км от Красного моря и в 20 км от долины р. Нил. Макроскопически пески грязно-розового цвета. По результатам рентгенофазового анализа пески (рис. 4а, б) состоят из кварца (55,3%), альбита (25,2%), санидина (5,0%), ортоклаза (4,6%), анортита (2,8%), кальцита (4,1%), биотита (1,1%), хлорита (0,9%), каолинита (0,9%), единичных амфиболов, гранатов. Кальцит является гипергенным, встречается в виде пластинок. Каолинит аллохтонный компонент, унаследован от коренных пород. Магнитная фракция составляет 1,5%, электромагнитная — 1,5%, немагнитная — 97%. В магнитной и электромагнитной фракциях устанавливаются магнетит, ильменит и лейкоксен, развивающийся по ильмениту (рис. 4в). Ильменит и лейкоксен имеют окатанную форму. Для магнетита характерны дипирамидальные кристаллы.

Кварц преимущественно светло-желтый, бесцветный, прозрачный, блестящий, редко матовый. Размер зерен до 0,30 мм, максимум до 0,42 мм. По степени окатанности зерна кварца преимущественно угловато-окатанные, неокатанные, реже окатанные. Форма выделения преимущественно уплощенная, треугольная, неправильно изометричная, овальная, реже изометричная.

Окись железа в этих песках встречается в следующих разновидностях: в виде железистых пленок (рис. 4г); неравномерных скоплений окиси железа со сфероагрегатным строением в пустотах на поверхности зерен (рис. 4д), в связи с чем они становятся пятнистыми; в виде пластинок, сложенных окислами железа, выполняющими трещины в зернах кварца. Часть углублений остается не заполненными.

При применении гранулометрического анализа было измерено 150 зерен кварца (450 измерений), построены графики (гистограммы) зависимости распределения размеров частиц от частоты встречаемости (рис. 3б). Спектр размеров по оси А — 0,15—0,42 мм, по оси В — 0,12—0,37 мм, по оси С — 0,07—0,25 мм. Спектр размеров непрерывен, совпадает с интервалом непрерывности, но наблюдаются единичные отскоки по всем трем осям. Частоты встречаемости сближены, распределяются закономерно — плавно возрастая и убывая, что связано с сортировкой материала по аэродинамическим характеристикам. Отскоки и характер распределения в правой части гистограммы характерны для русловых отложений, однако

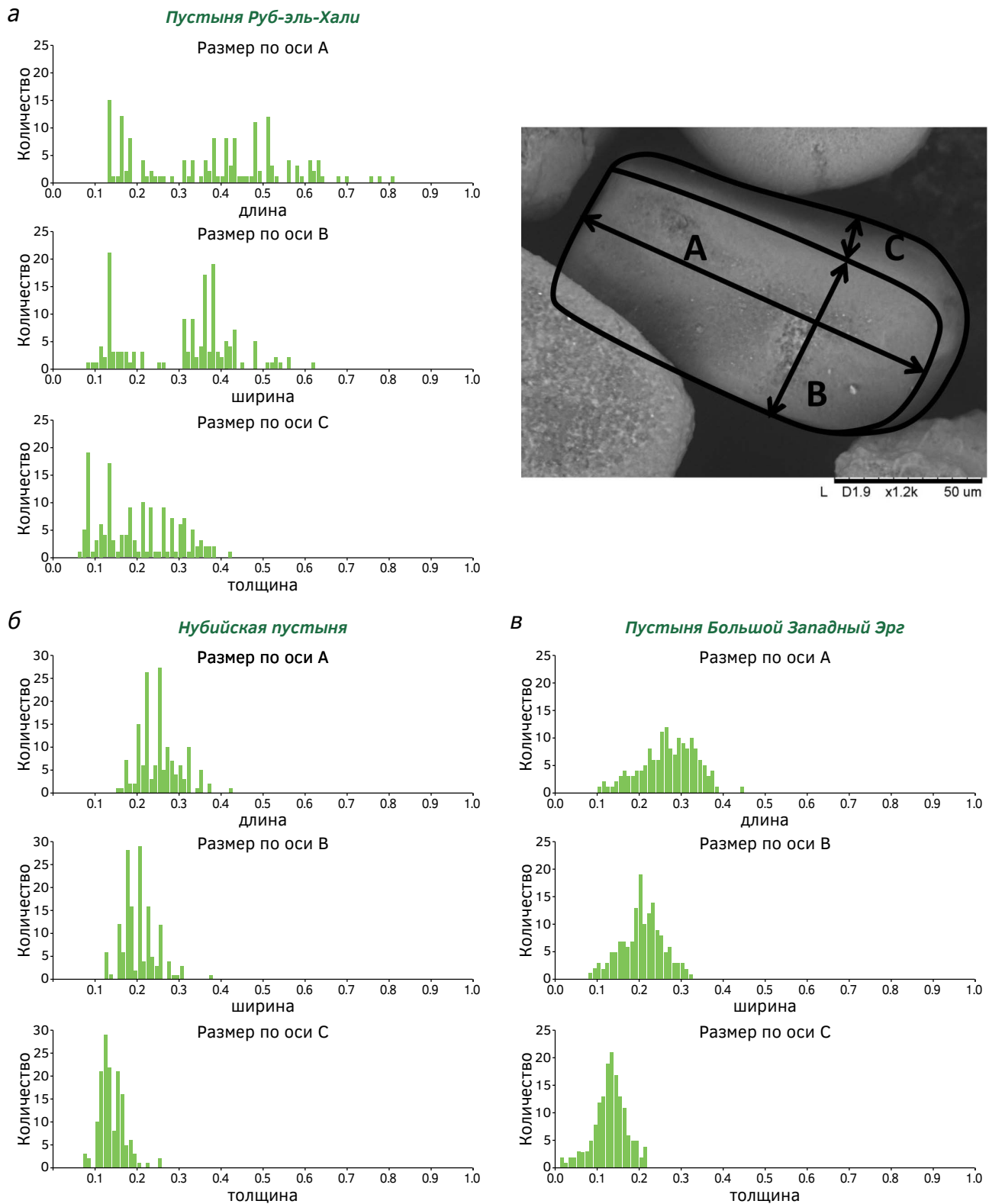


Рис. 3. Гистограммы распределения зерен кварца: а — в пустыне Руб-эль-Хали; б — в Нубийской пустыне; в — в пустыне Большой Западный Эрг

Fig. 3. Histograms of the distribution of quartz grains: а — in the Rub al Khali desert; б — in the Nubian desert; в — in the Great Western Erg desert

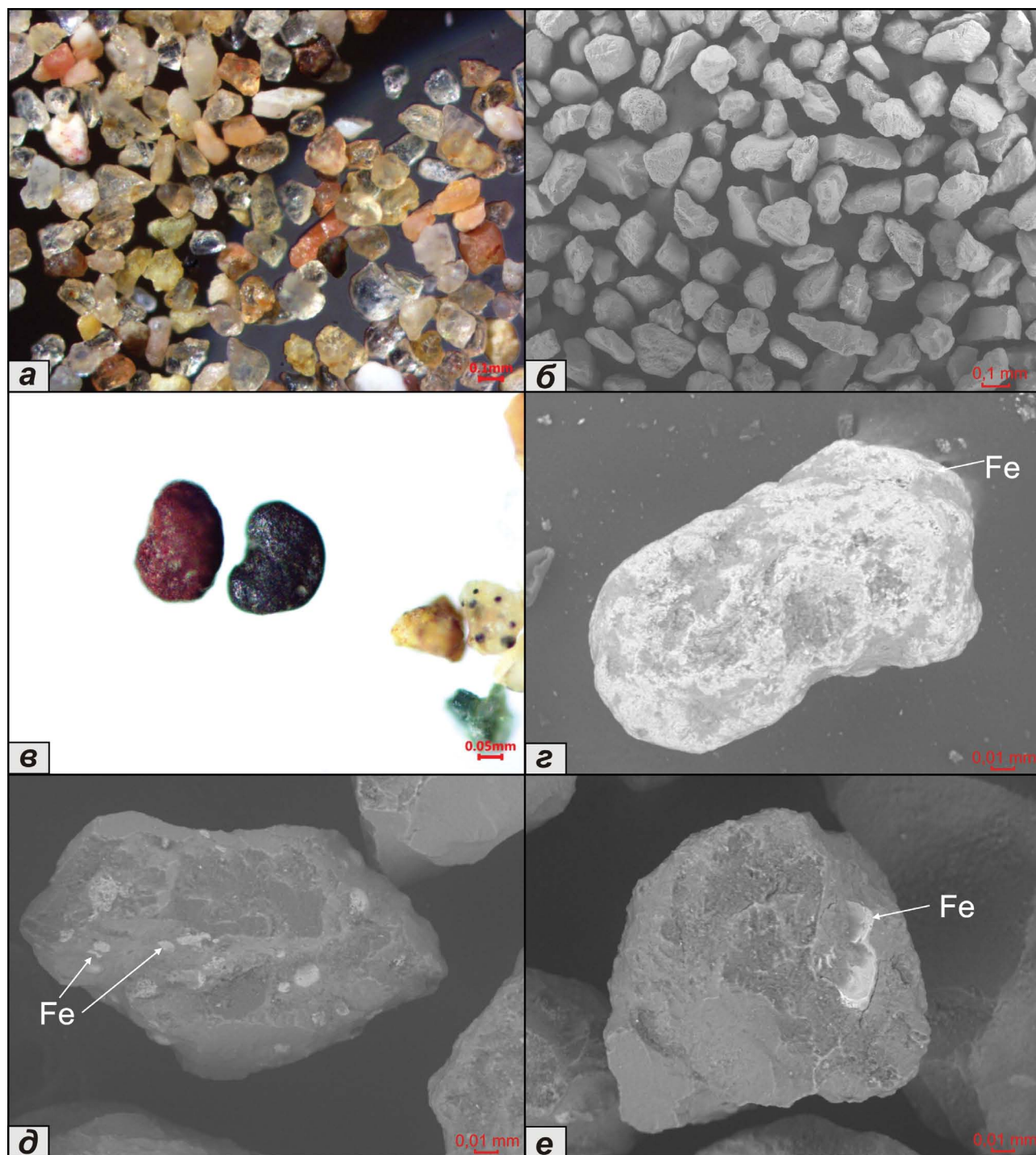


Рис. 4. Песок Нубийской пустыни: а — немагнитная фракция под биноклем; б — немагнитная фракция под электронным микроскопом; в — ильменит (справа) и лейкоксен (слева) по ильмениту; г — железистая пленка (светлое) на поверхности зерна кварца; д — окислы железа со сфероагрегатным строением, выполняющие неровности на поверхности зерна кварца; е — окислы железа в виде пластинки, выполняющие трещину в зерне кварца

Fig. 4. Sand from the Nubian desert: а — non-magnetic fraction under binoculars; б — non-magnetic fraction under electron microscope; в — ilmenite (right) and leucoxene (left) according to ilmenite; г — ferrous film (light) on the surface of the quartz grain; д — iron oxides with a spherulitic aggregate structure, exhibiting irregularities on the surface of the quartz grain; е — iron oxides in the form of a plate, filling cracks in the quartz grain

в целом характер распределения свидетельствует о формировании ветровой деятельностью. Материнскими породами являются нубийские песчаники, залегающие в непосредственной близости, которые являются древними эоловыми отложениями [1], что подтверждается нашими измерениями. Анализ построенной гистограммы распределения зерен кварца, форма зерен позволяют сделать вывод о том, что это эоловые отложения, но с накладываемой изредка русловой деятельностью.

Пустыня Большой Западный Эрг. К северу от нагорья Ахаггара до горного массива Атлас, на северо-западе Алжирской Сахары расположена песчаная пустыня (эрги) Большой Западный Эрг, которая на юге через плато Тадемаит граничит с пустыней Большой Восточный Эрг, самой большой песчаной поверхностью в мире. Пески Большого Западного Эрга, или Гурара, об-

разованы за счет разрушения галечной пустыни (реги) Саура, существовавшей в начале четвертичного периода [1, 7]. Цепи дюн имеют дугообразное расположение и показывают направление господствующих ветров.

Образцы песков были отобраны в районе г. Бешар с поверхности бархана в 385 км от Средиземного моря. Макроскопически бежевого цвета. По результатам рентгенофазового анализа пески (рис. 5) состоят из кварца (79,1%), альбита (9,2%), гипса (5,2%), кальцита (3,4%), иллита (1,8%), рутила (0,7%), анкерита (0,6%). Гипс, кальцит и анкерит являются гипергенными. Кальцит встречается в виде пластинок. Магнитная фракция составляет 0,5%, электромагнитная — 0,5%, немагнитная — 99%. В магнитной и электромагнитной фракциях устанавливаются ильменит и лейкоксен (по ильмениту) (рис. 5б), единичный магнетит.

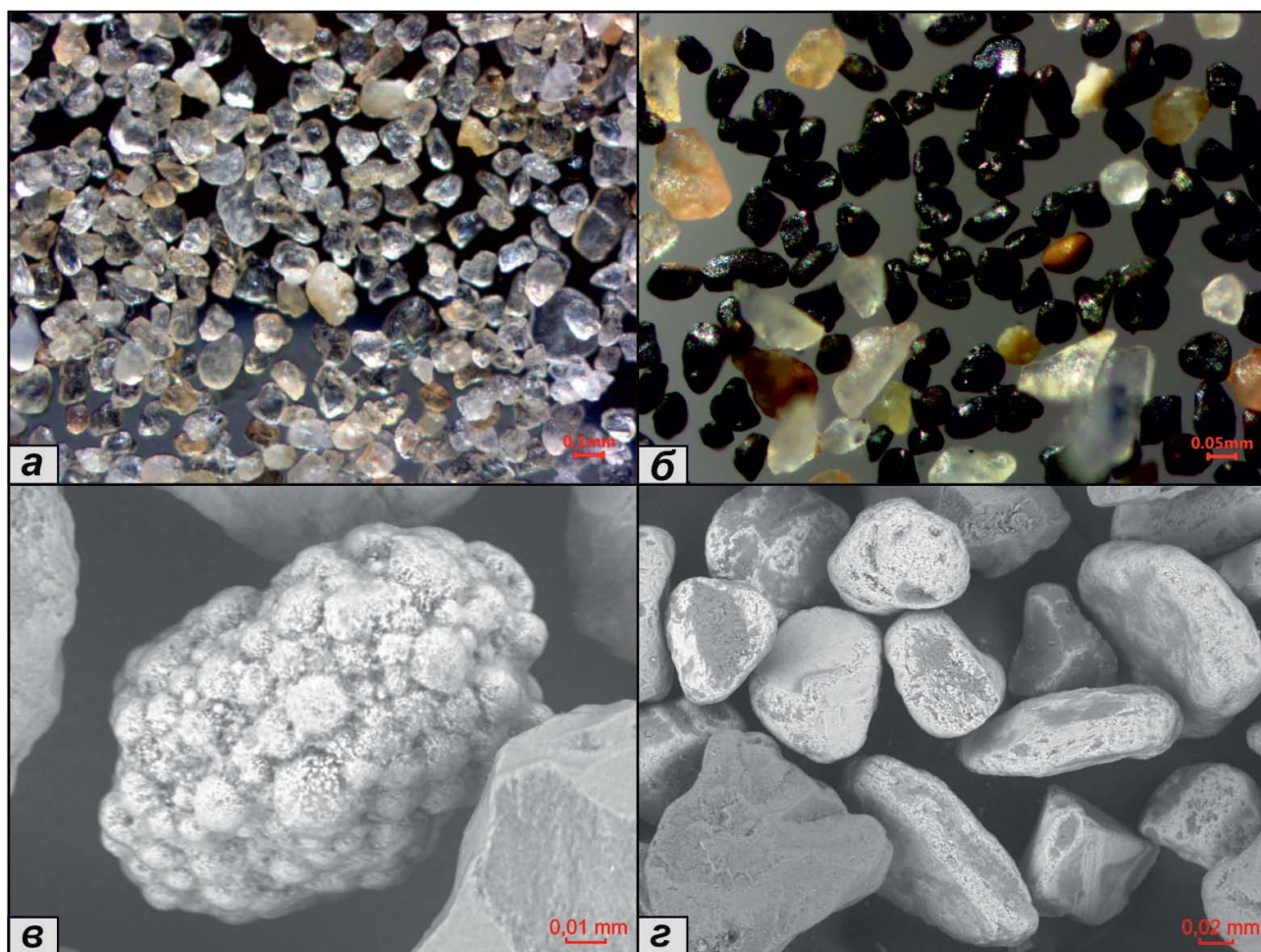


Рис. 5. Песок пустыни Большой Западный Эрг: а — немагнитная фракция; б — ильменит; в — лимонит со сфероагрегатным строением; г — железистая пленка на поверхности зерен (светлое)

Fig. 5. Sand from the Great Western Erg desert: а — non-magnetic fraction; б — ilmenite; в — limonite with spherulitic aggregate structure; г — ferrous film on the grain surface (light)

Ильменит и лейкоксен преимущественно полуокатанной и окатанной формы.

Кварц преимущественно светло-желтый, прозрачный, бесцветный, блестящий, редко матовый. Размер зерен меньше 0,25 мм, единичные до 0,4 мм. По степени окатанности кварц преимущественно полуокатанной, угловато-окатанной, реже окатанной формы. Форма выделения уплощенная, треугольная, изометричная, реже овальная.

В песке встречается лимонит со сфероагрегатным строением (рис. 5в), у которого неровности на поверхности заполняются карбонатными или сульфатными минералами. Преимущественно окислы железа встречаются в виде пленок (рис. 5г, светлое) на поверхности зерен, реже заполняя пустоты.

При применении гранулометрического анализа было измерено 156 зерен кварца (468 измерений), построены графики (гистограммы) зависимости распределения размеров частиц от частоты встречаемости (рис. 3в). Спектр размеров по оси А — 0,1—0,44 мм, по оси В — 0,08—0,32 мм, по оси С — 0,01—0,21 мм. Спектр размеров непрерывен. Частоты встречаемости сближены, распределяются закономерно — плавно возрастая и убывая, что связано с сортировкой материала по аэродинамическим характеристикам. Анализ построенной гистограммы распределения зерен кварца, их форма позволяют сделать вывод о том, что песок в данной пробе характеризует ветровую деятельность.

Выводы

Изученные образцы показывают, что эоловые пески разных пустынь различаются по цвету, по степени окатанности и форме зерен, при этом обладают и схожестью некоторыми параметрами.

Цвет в изученных образцах зависит от двух факторов: 1 — от количества окислов железа; 2 — от количества полевых шпатов красных оттенков. Чем больше этих компонентов, тем интенсивнее и темнее окраска.

Эоловые пески, сформированные исключительно за счет ветровой деятельности, преимущественно состоят из угловато-окатанных, неокатанных, в меньшей степени полуокатанных и окатанных

зерен. Хорошо окатанные зерна имеют унаследованный характер.

Во всех образцах зерна кварца преимущественно блестящие, за исключением пустыни Руб-эль-Хали, где преобладают матовые зерна. Матовость в изученном образце, как показали исследования, связана с наличием кальцитовых пленок на поверхности зерен (рис. 2г, д), а не с микротрещиноватостью зерен как общепринятым признаком ветровой деятельности.

Пустынный загар присутствует во всех образцах. Он представляет собой заполнение неровностей на поверхности зерен окислами железа, такими как лимонит, гетит и гематит.

Наличие пустынного загара зависит от количества неустойчивых железосодержащих минералов и свободных окислов железа в перевеваемых отложениях, типа и количества глинистых минералов, количества воды, размера и формы зерен, времени транспортировки.

Большинство пустынь мира образовалось в пределах древнеаллювиальных речных, дельтовых и озерных долин [1, 4]. Диагностика генетических типов образцов песка с помощью методики гранулометрического анализа показала, что условия формирования различны и не всегда можно установить связь с материнской породой. Распределение зерен кварца в песках пустыни Большой Западный Эрг характерно для ветровых отложений, без возможности установления генезиса пород, которые перевеваются. В образце из пустыни Руб-эль-Хали распределение зерен позволяет это сделать, так как сохранилась связь с подстилающими древними аллювиальными отложениями, что хорошо видно на гистограмме, хотя оба образца (из Большого Западного Эрга и Руб-эль-Хали) взяты с вершины бархана. Образец из Нубийской пустыни был взят из центральной части вадии — сухого русла реки, в бортах долины которой обнажаются древние эоловые отложения. Распределение зерен кварца в современных отложениях совпадает по характеру с распределением в древних перевеваемых эоловых породах, что подтверждает связь с материнской породой, но и в то же время видно наложение деятельности временных водных потоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев А.Г., Дроздов Н.Н., Зонн И.С., Фрейкин З.Г. Пустыни. М.: Мысль, 1986. С. 383.
2. Рахимова Е.В., Наравас А.К., Дернова Е.О., Махмуд А.Ш. Особенности кварца эоловых песков Северной Африки и ОАЭ // Тезисы докладов 14-й Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле». Т. 1. М., 2019. С. 156—159.

3. Самыкина Е.В. Методика диагностики генетических типов отложений по данным грануло-минералогического анализа // Материалы докладов VII международной конференции «Новые идеи в науках о земле». Т. 1. М., 2005. С. 215.
4. Селли Р.Ч. Древние обстановки осадконакопления. Пер. с англ. М.: Недра, 1989. 294 с.
5. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т. III. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 550.
6. Сурков А.В. Новое в изучении песчано-алевритовой компоненты россыпей и осадочных пород (Альтернативная методика). М.: Издатель Е. Разумова, 2000. С. 286.
7. Чичагов В.П. Голоценовая история Большого Восточного Эрга. Северная Африка // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 2008. № 68. С. 82—88.
8. Glennie K.W. Desert Sediments: Ancient and Modern. Geological Society Special Publication. 1987. No 35. P. 1—4.
9. Huberg J.F., Mertz K.A. Eolian dune field of Late Triassic age, Fundy Basin, Nova Scotia // Geology. 1980. Vol. 8. № 11. P. 516—519.
10. Nichols G. Sedimentology and stratigraphy. 2nd ed. A John Wiley&Sons, Ltd., Publication, 2009. P. 419.
11. Turner P. Continental Red Beds. Developments in Sedimentology. No 29. Elsevier, Amsterdam, 1980. P. 562.
12. Walker T.R. Red Color in Dune Sand // In the book: A study of global sand seas / Editor Edwin D. McKee // Geological survey professional paper 1052. U. S. Govt. Print. Off., Washington, 1979. P. 61—81.

REFERENCES

1. Babaev A.G., Drozdov N.N., Zonn I.S., Freikin Z.G. Deserts, Nature of the World. Moscow, Mysl, 1986, 383 p. (In Russian).
2. Rakhimova E.V., Naravas A. K., Dernova E.O., Mahmoud A.Sh. Features of quartz eolian sands of North Africa and the UAE // Abstracts. The 14th International Scientific and Practical Conference "New Ideas in Earth Sciences", vol. 1. Moscow, 2019, pp. 156—159. (In Russian).
3. Samykina E.V. Diagnostic methods for genetic types of sediments according to the granulo-mineralogical analysis. *Proceedings of the VII International Conference "New Ideas in Earth Sciences"*, vol. 1. Moscow, 2005, 215 p. (In Russian).
4. Selley C.R. *Ancient sedimentary environments*. Moscow, Nedra, 1989, 294. p. (In Russian).
5. Strakhov N.M. *Fundamentals of the Theory of Lithogenesis*. Moscow, Akad. Nauk of the USSR, 1962, 550 p. (In Russian).
6. Surkov A.V. *New in the study of the sand-silty component of placers and sedimentary rocks (Alternative method)*. Moscow, Publisher E. Razumova, 2000, 286 p. (In Russian).
7. Chichagov V.P. Holocene history of the Great Eastern Erg. North Africa. *Bulletin of the Commission for the study of the Quaternary period*, 2008, no. 68, pp. 82—88. (In Russian).
8. Glennie K.W. Desert Sediments: Ancient and Modern. *Geological Society Special Publication*, 1987, no. 35, pp. 1—4.
9. Huberg J.F., Mertz K.A. Eolian dune field of Late Triassic age, Fundy Basin, Nova Scotia. *Geology*, 1980, vol. 8, no. 11, pp. 516—519.
10. Nichols G. *Sedimentology and stratigraphy*. 2nd ed. A John Wiley&Sons, Ltd., Publication, 2009, 419 p.
11. Turner P. Continental Red Beds. *Developments in Sedimentology*. No 29. Elsevier, Amsterdam, 1980, 562 p.
12. Walker T.R. *Red Color in Dune Sand* // In the book: A study of global sand seas / Editor Edwin D. McKee. Geological survey professional paper 1052. U. S. Govt. Print. Off., Washington, 1979, pp. 61—81.

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Рахимова Е.В. — внесла основной вклад в разработку концепции статьи, провела гранулометрический анализ, подготовила текст статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Наравас А.К. — инициатор статьи, внес вклад в разработку концепции статьи, предоставил материалы для исследований.

Дернова Е.О. — провела рентгеноструктурные исследования, участвовала в подготовке текста статьи.

Махмуд А.Ш. — предоставил материалы для исследований, провел обзор геологической информации.

Rakhimova E.V. — made the main contribution to the development of the concept of the article, conducted a granulometric analysis, prepared the text of the article, finally approved the published version of the article and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

Naravas A.K.— initiator of the article, contributed to the development of the concept of the article, provided materials for research.

Dernova E.O.— conducted x-ray structural studies, participated in the preparation of the text of the article.

Mahmud A.Sh. — provided materials for research, conducted a review of geological information.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

Рахимова Елена Вадимовна* — старший преподаватель кафедры геологии и разведки месторождений углеводородов ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: rahimovaev@mgri.ru
тел.: +7(977)497-31-80
SPIN: 9858-4461
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9877-6469>

Elena V. Rakhimova* — sen. lect., Department of Geology and exploration of hydrocarbon deposits, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia
e-mail: rahimovaev@mgri.ru
tel.: +7(977)497-31-80
SPIN: 9858-4461
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9877-6469>

Наравас Антон Каземирович — кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры общей геологии и геологического картирования ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: naravasak@mgri.ru
тел.: +7 (903) 976-37-98
SPIN: 6228-4008
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0449-0612>

Anton K. Naravas — Ass. Prof., Cand. Sci. (Geol.-Min.), Department of General Geology and geological mapping, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia
e-mail: naravasak@mgri.ru
tel.: +7 (903) 976-37-98
SPIN: 6228-4008
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0449-0612>

Дернова Елена Олеговна — младший научный сотрудник лаборатории геоэкологии Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН)
13, стр. 2, Уланский переулок, г. Москва 101000, Россия
e-mail: dernova.eo@gmail.com
тел.: +7 (985) 810-46-85
SPIN: 7389-8769
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1736-3433>

Elena O. Dernova — Jun. Researcher at the Geocryology laboratory, Sergeev institute of environmental geoscience of the RAS (IEG RAS)
13/2, Ulansky lane, Moscow 101000, Russia
e-mail: dernova.eo@gmail.com
tel.: +7 (985) 810-46-85
SPIN: 7389-8769
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1736-3433>

Махмуд Абделхалим Шокри — доктор геологии, кафедра геологии факультета естественных наук Университета Файюма
Файюм 63514, Египет
E-mail: halim.geologist@mail.ru
asm07@fayoum.edu.eg
тел.: +2 01117422482
SPIN: 7838-3724
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4777-8210>

Abdelhalim S. Mahmoud — Dr. Sci. (Geol.), Department, Faculty of Science, Fayoum University
Fayoum City 63514, Egypt
e-mail: halim.geologist@mail.ru
asm07@fayoum.edu.eg
tel.: +2 01117422482
SPIN: 7838-3724
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4777-8210>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author