

УДК 551.35

ПОЛЕВЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В КОНТУРИТОВОМ КАНАЛЕ НА СЕВЕРЕ МАРОККО

© 2020 г. Д. Г. Борисов¹ *, В. де Вегер², Е. В. Иванова¹,
Д. М. Коршунов¹, Е. И. Рязанова³, Я. Астати⁴

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

²Роял Холлоуэй, университет Лондона, Лондон, Великобритания

³Общество с ограниченной ответственностью “Геоэлемент”, Москва, Россия

⁴Национальное агентство углеводородов и минеральных ресурсов, Рабат, Марокко

*e-mail: dborisov@ocean.ru

Поступила в редакцию 24.10.2019 г.

После доработки 24.10.2019 г.

Принята к публикации 16.12.2019 г.

В статье представлена информация о геохимических и минералогических исследованиях осадочных пород, выполненных в апреле 2019 г. в северной части Марокко. В результате были получены данные о элементном и минеральном составе позднемиоценовых отложений в контуритовом палеоканале. Полученные данные позволили уточнить литологическое описание разрезов осадочных пород в обнажениях и подтвердить существенную роль придонных течений в формировании позднемиоценовых отложений южного Рифского коридора.

Ключевые слова: контуриты, придонные течения, Атлантический океан

DOI: 10.31857/S0030157420010037

Полевые исследования на севере Марокко (рис. 1) проводились в рамках экспедиции, организованной Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН совместно с колледжем Роял Холлоуэй Лондонского Университета (Великобритания) и Национальным агентством углеводородов и минеральных ресурсов Марокко, в период с 5 по 21 апреля 2019 г. (район г. Фес).

Работы выполнялись научной группой в составе 7 человек под руководством В. де Вегера и Д.Г. Борисова. Целью экспедиции было исследование элементного и минерального состава грубозернистых контуритов, сформированных в позднем миоцене под действием потоков придонной воды, движущихся из Средиземного моря в Атлантический океан через так называемый южный Рифский коридор (пролив). Данный коридор, ограниченный Атласскими горами на юге и Рифским орогеном на севере [1, 5], сформировался около 8 млн лет назад во время позднейшего коллизионного этапа формирования Бетско-Рифской дуги [3, 8, 9].

Режим тектонического сжатия (с конца торонского века до голоцена) привел к закрытию Рифского коридора с последующим его поднятием и обнажением на суше [2]. Изучение грубозер-

нистых контуритов Рифского пролива имеют большое значение для понимания процессов формирования и эволюции контуритовых систем, а также оценки потенциала контуритовых каналов как структур для поиска месторождений углеводородов. Кроме того, высокое содержание биогенного карбонатного материала в составе исследуемых отложений позволяет рассматривать контуриты на севере Марокко в качестве аналога карбонатных контуритов дрейфта Иоффе в юго-западной Атлантике [6, 7].

В ходе экспедиции было проведено изучение элементного и минерального состава осадочных пород в четырех обнажениях с одновременным проведением измерений магнитной восприимчивости пород. Изучение элементного состава проводилось с помощью переносного рентгенофлуоресцентного анализатора Olympus Vanta C в режиме Geochem (время выполнения одного анализа – 2 мин) с шагом измерений от 2 до 100 см вверх по разрезу. Исследование минерального состава выполнялось на переносном рентгеновском дифрактометре Olympus Terra, предоставленном научной группе ООО “Олимпас Москва”. Пробы для минералогического анализа отбирались с шагом 0.5–1 м по разрезу. Измерения магнитной

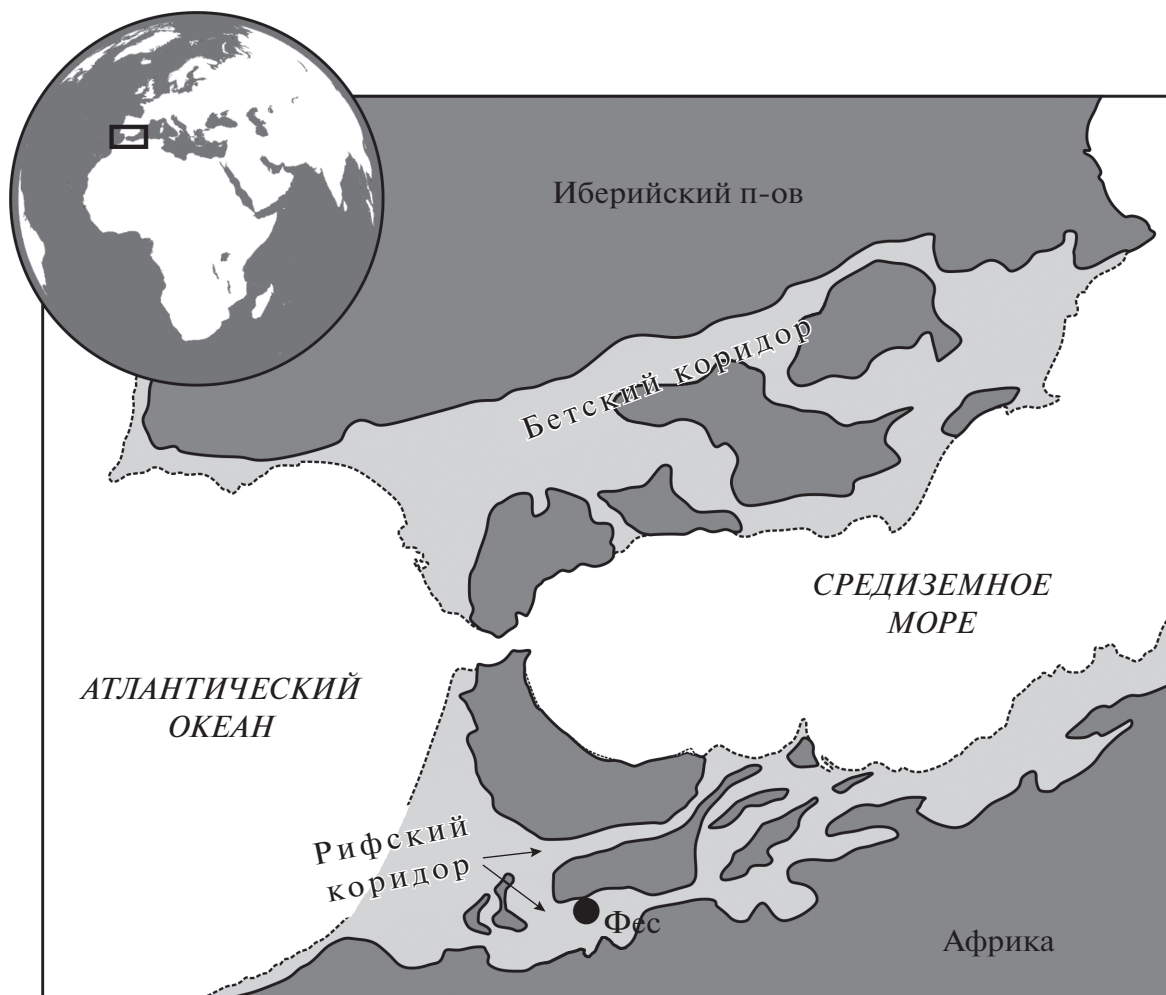


Рис. 1. Палеогеографическая карта района исследования с указанием положения береговой линии в позднем миоцене (сплошная линия) и в настоящее время (пунктирная линия) (по [2, 4]). Черным кружком отмечено расположение города Фес (Марокко), в районе которого проводились работы.

восприимчивости проводились с помощью системы Varington MS3 и точечного поверхностного датчика Bartington MS2E. Измерения выполнялись с шагом 2–50 см. В общей сложности было выполнено более 900 анализов химического состава, 148 анализов минерального состава, более 1100 измерений магнитной восприимчивости.

Предварительные научные результаты. Полученные данные позволили уточнить литологическое описание изученных обнажений. Для оценки вариаций интенсивности придонных течений и терригенного сноса в позднем миоцене, выявления различий между отложениями, ранее интерпретированными как контуриты и гравититы, результаты макроскопического изучения осадочных пород в обнажениях были сопоставлены с результатами измерения магнитной восприимчивости, геохимическими и минералогическими данными. Геохимические индикаторы Ca/Al и Ca/Ti , а также отношение содержания кальцита к квар-

цу были использованы для оценки доли биогенных и терригенных компонентов в составе исследуемых отложений. Отношение Zr/Al позволило оценить изменения гранулометрического состава по разрезам (отношение содержания песка и крупного сита к глине). Анализ полученных данных позволил выявить интервалы, отражающие периоды высокой активности гравитационных потоков, а также би-градационные последовательности, которые были предварительно проинтерпретированы как контуритовые циклиты. Данный комплекс полевых исследований был проведен впервые для данного региона. Результаты, полученные в экспедиции, подтвердили предположение о доминирующем влиянии придонных течений в формировании позднемiocеновых отложений южного Рифского коридора. Выявленные закономерности изменения элементного и минерального состава в контуритовых циклитах Рифского коридора позволят более точно

интерпретировать геохимические данные для Южной Атлантики, в частности для миоцен-четвертичных контуритов дрифта Иоффе в контексте изучения влияния придонных течений на осадконакопление в этом районе.

Благодарности. Авторы благодарят Х. Эрнандес-Молина (Роял Холлоуэй, Университет Лондона, Великобритания), А. Манар (ОННУМ, Марокко), В.И. Вермуса (ООО “Олимпас Москва”, Россия) и Д.И. Юферова (ООО “Геоэлемент”, Россия) за помощь в организации и проведении исследований.

Источники финансирования. Работы выполнялись при поддержке РФФ (проект № 18-17-00227, проведение геохимических и минералогических исследований), научной группы Drifters (совместный проект по изучению песчаных контуритов Joint Industry Project между Роял Холлоуэй, Университет Лондона и компаниями Total, BP, ENI, Exxonmobil, Spectrum/TGS, Wintershall), а также в рамках Госзадания № 0149-2019-0007 (измерения магнитной восприимчивости).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barbero L., Jabaloy A., Gómez-Ortiz D. et al. Evidence for surface uplift of the Atlas Mountains and the surrounding peripheral plateaux: Combining apatite fission-track results and geomorphic indicators in the Western Moroccan Meseta (coastal Variscan Paleozoic basement) // *Tectonophysics*. 2011. V. 502. № 1–2. P. 90–104.
2. Capella W., Matenco L., Dmitrieva E. et al. Thick-skinned tectonics closing the Rifian Corridor // *Tectonophysics*. 2017. V. 710–711. P. 249–265.
3. Feinberg H. Les séries tertiaires des zones externes du Rif (Maroc): biostratigraphie, paléogéographie et aperçu tectonique // *Éditions du Service géologique du Maroc*. 1986. № 315. 192 p.
4. Flecker R., Krijgsman W., Capella W. et al. Evolution of the Late Miocene Mediterranean–Atlantic gateways and their impact on regional and global environmental change // *Earth-Science Reviews*. 2015. V. 150. P. 365–392.
5. Iribarren L., Vergés J., Fernández M. Sediment supply from the Betic–Rif orogen to basins through Neogene // *Tectonophysics*. 2009. V. 475. № 1. P. 68–84.
6. Ivanova E., Murdmaa I., Borisov D. et al. Late Pliocene–Pleistocene stratigraphy and history of formation of the Ioffe calcareous contourite drift, Western South Atlantic // *Mar. Geol.* 2016. V. 372. P. 17–30.
7. Ivanova E., Borisov D., Dmitrenko O., Murdmaa I. Hiatuses in the late Pliocene–Pleistocene stratigraphy of the Ioffe calcareous contourite drift, western South Atlantic // *Mar. Petr. Geol.* 2020. V. 111. P. 624–637.
8. Mutti E., Tinterri R., Benevelli G. et al. Deltaic, mixed and turbidite sedimentation of ancient foreland basins // *Mar. Pet. Geol.* 2003. V. 20. P. 733–755.
9. Wernli R. Micropaléontologie du Néogène post-nappes du Maroc septentrional et description systématique des foraminifères planctoniques // *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*. 1988. № 331. 266 p.

Geochemical and Mineralogical Field Study of Contourite Channel Deposits in the Northern Morocco

D. G. Borisov^{a, #}, W. de Weger^b, E. V. Ivanova^a, D. M. Korshunov^a, E. I. Riazanova^c, Y. Astat^d

^a*Sirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

^b*Royal Holloway, University of London, London, United Kingdom*

^c*“Geoelement” Ltd., Moscow, Russia*

^d*National bureau of petroleum and mines – Office national des hydrocarbures et des mines (ONHYM), Rabat, Morocco*

[#]*e-mail: dborisov@ocean.ru*

The paper presents information on geochemical and mineralogical investigations of sedimentary rocks in the Northern Morocco (April, 2019). A set of data on mineral and chemical composition of the Late Miocene deposits was obtained in the region of the contourite paleo-channel. The obtained results improved lithological description of the studied outcrops and confirmed the significant role of bottom currents in formation of the Late Miocene deposits of the southern Rifian corridor.

Keywords: contourites, bottom currents, Atlantic Ocean